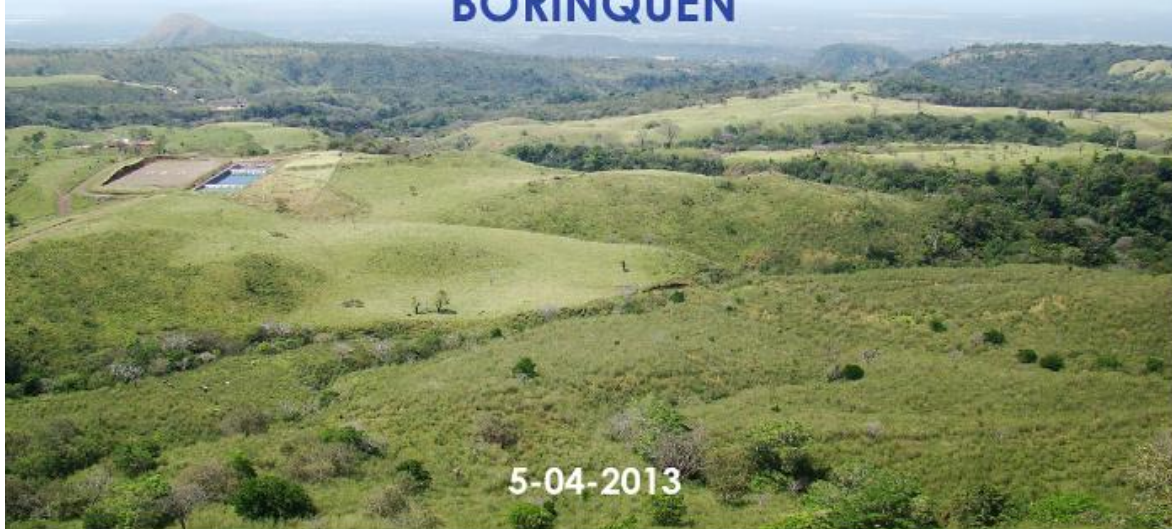


Tomo N° 1
Estudio de Impacto Ambiental

PROYECTO GEOTÉRMICO BORINQUEN



5-04-2013



"Prohibido su reproducción total o parcial según indica el Art. 14 inciso C de la Ley No. 6683 de Derechos de Autor y Derechos Conexos"



Índice General

ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	15
1. DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA)	27
2. INTRODUCCIÓN.....	33
3. INFORMACIÓN GENERAL	34
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ALTERNATIVAS	34
3.1.1 <i>Información general</i>	34
3.1.1.1 Componentes del proyecto	34
3.1.1.2 Costo global de la inversión.....	38
3.1.1.3 Información sobre la persona física o jurídica.....	39
3.1.1.4 Información sobre el equipo profesional que elaboró el EIA.....	40
3.1.1.5 Términos de referencia del EIA.....	42
4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	49
4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	49
4.2 UBICACIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA.....	51
4.3 <i>Justificación</i>	54
4.3.1 Información general del reservorio geotérmico (West Jec - diciembre 2012).....	54
4.3.2 Concordancia con el plan de uso de la tierra.....	65
4.3.3 Área estimada del proyecto y áreas de influencia.....	65
4.4 FASES DE DESARROLLO.....	67
4.4.1 <i>Información general</i>	67
4.4.1.1 Actividades a realizar en cada fase del proyecto.....	67
4.4.1.1.1 Planificación.....	67
4.4.1.1.2 Diseños finales.....	67
4.4.1.1.3 Aseguramiento de servicios básicos.....	67
4.4.1.1.4 Ejecución de obras	67
4.4.1.2 Tiempo de ejecución.....	67
4.4.1.3 Flujograma de actividades	67
4.4.1.4 PG Borinquen No.1	68
4.4.1.5 Infraestructura a Desarrollar	70
4.5 FASE DE CONSTRUCCIÓN	71
4.5.1 <i>Información básica –diseño</i>	71
4.5.1.1 Ingeniería de pozos (Proceso de perforación).....	71
4.5.1.2 Ingeniería del campo geotérmico	71
4.5.1.2.1 Red de accesos.....	71
4.5.1.2.2 Sistema de acarreo.....	73
4.5.1.2.3 Sistema reinyección.....	75
4.5.1.2.3.1 Casa de máquinas.....	75
4.5.1.2.3.2 Subestación.....	77
4.5.1.2.3.3 Línea de transmisión	78
4.5.1.2.3.4 Línea de servicio eléctrico propio	80
4.5.1.3 Equipos y materiales a utilizar	81
4.5.1.3.1 Combustibles y lubricantes.....	81

4.5.1.3.2	Tintas, pinturas y diluyentes.....	82
4.5.1.3.3	Materiales y productos metálicos	82
4.5.1.3.4	Materiales y productos minerales y asfálticos	82
4.5.1.3.5	Materiales peligrosos empleados en la fase constructiva del PG Borinquen	82
4.5.1.3.6	Herramientas e instrumentos	86
4.5.1.4	Rutas de movilización de equipos.....	86
4.5.1.4.1	Frecuencia de movilización	86
4.5.2	<i>Necesidad de recursos</i>	87
4.5.2.1	Agua	87
4.5.2.2	Energía eléctrica.....	87
4.5.2.3	Alcantarillado.....	88
a.	Mano de obra.....	89
b.	Campamentos-Talleres-Almacenes-Oficinas.....	89
4.5.3	<i>Disposición de residuos</i>	90
4.5.3.1	Sólidos	91
4.5.3.2	Líquidos (incluyendo drenajes).....	92
4.5.3.3	Gaseosos.....	93
4.5.4	<i>Inventario y manejo de materiales peligrosos</i>	93
4.5.4.1	Residuos a reciclar.....	93
4.5.4.2	Escombreras	93
4.6	FASE DE OPERACIÓN	96
4.6.1	<i>Equipo y materiales a utilizar</i>	96
4.6.2	<i>Necesidad de recursos</i>	97
4.6.2.1	Agua.....	97
4.6.2.2	Energía Eléctrica	97
4.6.2.3	Alcantarillado.....	97
4.6.2.4	Mano de obra	97
4.6.2.5	Campamentos-Talleres-Almacenes-Oficinas	98
4.6.3	<i>Disposición de desechos y residuos</i>	99
4.6.3.1	Ruido	99
4.6.4	<i>Inventario y manejo de materiales peligrosos</i>	99
4.7	DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA LEGAL	99
4.7.1	<i>Marco Jurídico</i>	99
4.7.1.1	Introducción	99
4.7.1.2	Legislación Ambiental General - Salud - Administrativa	100
5	ENTORNO AMBIENTAL	109
5.1	ENTORNO FÍSICO.....	109
5.1.1	<i>Clima</i>	109
5.1.1.1	Descripción de los microclimas	109
5.1.1.2	Variables atmosférica	110
5.1.2	<i>Recursos Hídricos</i>	125
5.1.2.1	Descripción red hidrológica.....	125
5.1.2.2	Caudales (máximos, mínimos, promedios)	125
5.1.2.3	Calidad química de las aguas.....	134
5.1.2.4	Hidrogeología.....	139
5.1.2.4.1	Introducción	139
5.1.2.4.2	Nivel freático.....	139
5.1.2.4.3	Líneas de flujo	140
5.1.2.4.4	Aguas subterráneas (Yacimiento Geotérmico).....	142

5.1.2.4.5	Conclusiones y recomendaciones.....	143
5.1.3	Recursos Geológicos.....	145
5.1.3.1	Aspectos geológicos locales.....	145
5.1.3.2	Mapa geológico del AP.....	151
5.1.3.3	Análisis geoespacial para identificar sitios viables para ser utilizados para escombreras	151
5.1.3.3.1	Introducción	151
5.1.3.3.2	Topografía.....	154
5.1.3.3.3	Uso del suelo.....	155
5.1.3.3.4	Ríos y quebradas.....	156
5.1.3.3.5	Distancia y accesibilidad.....	157
5.1.3.3.6	Conclusiones	157
5.1.3.4	Caracterización geotécnica de los terrenos del AP	159
5.1.3.4.1	Introducción	159
5.1.3.4.2	Metodología.....	159
5.1.3.4.3	Descripción de los sitios	160
5.1.3.4.4	Conclusiones	187
5.1.4	Geomorfología	189
5.1.4.1	Geomorfología regional	189
5.1.4.2	Geomorofología Local.....	191
5.1.4.2.1	Relieve multifacético.....	191
5.1.4.2.2	Relieve multiconvexo	193
5.1.4.2.3	Unidad "Debris Avalanche"	194
5.1.4.2.4	Hidro termalismo.....	196
5.1.4.3	Geoformas.....	197
5.1.4.3.1	Tefras de caída	199
5.1.4.3.2	Flujo lahárico	199
5.1.4.3.3	Relictos volcánicos	200
a)	Cerro San Roque.....	201
b)	Cerro Cañas Dulces	202
c)	Cerro Góngora.....	203
5.1.4.3.4	Mesetas volcánicas	204
5.1.4.3.5	Calderas.....	206
a)	Caldera Cañas Dulces	206
b)	Caldera "Borinquen"	207
5.1.4.4	Tectónica	208
5.1.4.4.1	Alineamientos.....	208
5.1.4.4.2	Fallas tectónicas	209
5.1.4.5	Procesos de remoción en masa.....	209
5.1.4.5.1	Deslizamientos.....	209
5.1.5	Edafología.....	212
5.1.5.1	Introducción	212
5.1.5.2	Caracterización de los suelos.....	218
5.1.5.2.1	Resultados	219
5.1.5.3	Mapa de suelos.....	243
5.1.6	Amenaza natural.....	245
5.1.6.1	Amenaza sísmica	245
5.1.6.1.1	Sismicidad histórica.....	245
5.1.6.1.2	Sismicidad registrada instrumentalmente	247
5.1.6.2	Áreas sísmicas activas	249
5.1.6.2.1	Área Sísmica de Dos Ríos	250

5.1.6.2.2	Área Sísmica de Quebrada Grande.....	250
5.1.6.2.3	Área Sísmica del Rincón de la Vieja.....	250
5.1.6.2.4	Área sísmica de Cañas Dulces	250
5.1.6.2.5	Área sísmica de Las Pailas	250
5.1.6.2.6	Sismicidad Inducida.....	251
5.1.6.2.7	Licuefacción	252
5.1.6.3	Amenaza volcánica	252
5.1.6.3.1	Introducción	252
5.1.6.3.2	Caracterización del Volcán Rincón de la Vieja.....	253
5.1.6.3.3	Erupciones prehistóricas del Rincón de la Vieja	259
5.1.6.3.4	Actividad eruptiva histórica.....	264
5.1.6.3.5	Actividad futura.....	274
5.1.6.3.6	.El peligro volcánico.....	275
5.1.6.3.7	Conclusiones	286
5.1.7	<i>Calidad del aire (química , ruido y vibración)</i>	286
5.1.7.1	<i>Ruido y vibraciones (niveles de ruido)</i>	286
5.1.7.1.1	Introducción	286
5.1.7.2	Resultado de las mediciones realizadas.....	287
5.1.7.3	Condiciones naturales – ruido de fondo.....	288
5.1.7.4	Niveles de ruido esperado por las actividades de construcción y operación.	293
5.1.7.5	<i>Olores</i>	295
5.1.8	<i>Gases Concentración promedio del H2S en el aires</i>	297
5.1.9	<i>Acidez (pH) de la lluvia</i>	305
5.1.10	<i>Niveles de corrosión</i>	306
5.1.10.1	Introducción.....	306
5.1.10.2	Metodología.....	307
5.1.10.3	Resultados.....	308
5.1.10.4	Conclusiones y recomendaciones	309
5.1.11	<i>Paisaje y Estética</i>	309
5.1.11.1	Introducción	309
5.1.11.2	Descripción unidades paisajísticas	314
5.1.11.3	Análisis visual.....	318
5.1.11.4	Ejemplificación de obras de acuerdo a algunas vistas	332
5.1.11.5	Sitios de belleza escéncia	336
5.1.11.6	Sitios de interés turístico	339
5.2	ENTONO BIOLÓGICO	345
5.2.1	<i>Introducción</i>	345
5.2.2	<i>Ambiente terrestre</i>	345
5.2.3	<i>Status de protección del AP</i>	345
5.2.4	<i>Zonas de Vida</i>	345
5.2.4	<i>Mapa de zonas de vida</i>	346
5.2.5	<i>Asociaciones naturales presentes</i>	347
5.2.6	<i>Cobertura vegetal por asociación natural</i>	347
5.2.7	<i>Fragilidad de ecosistemas</i>	347
5.2.8	<i>Flora</i>	348
5.2.8.1	Mapa cobertura vegetal.....	348
5.2.8.2	Caracterización de la flora.....	350
a.	Bosque maduro.....	350
b.	Bosque ripario	353

c.	Bosque secundario.....	355
d.	Charral.....	356
e.	Potrero y potrero arbolado.....	357
5.2.9	<i>Fauna</i>	359
5.2.9.1	Mastofauna.....	362
5.2.9.2	Ornitofauna.....	376
5.2.9.3	Herpetofauna	388
5.2.9.4	Fauna Acuática	398
5.2.9.5	Macro Invertebrados acuáticos	420
5.3	ENTORNO SOCIAL-ECONÓMICO-CULTURAL	429
5.3.1	<i>Uso actual de la tierra en sitios aledaños</i>	429
5.3.1.1	Uso de la tierra a nivel regional, explotación, extensión y cobertura.....	429
5.3.1.2	Actividad agrícola (tierra de labranza regional).....	429
5.3.1.3	Cultivos permanentes y pastos	430
5.3.1.4	Rendimientos de la productividad	431
5.3.1.5	Actividad pecuaria	433
5.3.1.6	Diferentes explotaciones: agro-pecuaria a nivel cantonal.....	434
5.3.2	<i>Tenencia de la tierra en sitios aledaños.</i>	440
5.3.3	<i>Tenencia y uso de la tierra del Área de Estudio del Proyecto PG. Borinquen</i>	442
5.3.3.1	<i>Plan de Desarrollo Municipal del Cantón Liberia</i>	460
5.3.4	<i>Caracterización de la población</i>	462
5.3.4.1	Demografía.....	464
5.3.4.2	Condiciones Socio-Económicas (calidad de vida).....	468
5.3.4.3	Caracterización socioeconómica de las comunidades	472
5.3.4.4	Identificación de grupos interesados en el proyecto	487
5.3.4.5	Percepción local del proyecto y sus posibles impactos. (Instrumento de la encuesta percepción local en comunidades del área influencia directa del Proyecto). Ver Anexo No. 5.3.1... 489	489
5.3.4.6	<i>Investigación social enfoque cualitativo y cuantitativo</i>	490
5.3.4.6.1	<i>Abordaje cualitativo</i>	490
5.3.4.6.2	<i>Abordaje cuantitativo</i>	491
5.3.4.6.3	<i>Caracterización socioeconómica de las comunidades área influencia social</i>	493
5.3.5	<i>Infraestructura Comunal</i>	499
5.3.6	<i>Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular.</i>	505
5.3.7	<i>Servicios básicos disponibles</i>	520
5.3.8	<i>Servicios de emergencias disponibles</i>	528
5.3.9	<i>Áreas socialmente sensibles</i>	529
5.3.10	<i>Estrategia de comunicación, consulta y participación social. Anexo No. 5.3.2 (Informes de resultados de la I y II etapa)</i>	530
5.3.11	<i>Mapa de áreas socialmente sensibles</i>	539
5.3.12	<i>Patrimonio Arqueológico</i>	540
5.3.12.1	Antecedentes Arqueológicos de la zona de estudio.....	540
5.3.12.2	Prospección.....	547
5.3.12.2.1	Estrategia y Metodología.....	547
5.3.12.2.2	Reconocimiento en gabinete	548
5.3.12.2.3	Etapa de campo.....	548
5.3.12.3	Resultados de la prospección.....	550
5.3.13	<i>Entorno espacial, histórico y cultural</i>	590
5.3.13.1	<i>De las haciendas</i>	592
5.3.13.2	<i>Del entorno cultural</i>	594

5.3.13.3	<i>De la formación de los pueblos.....</i>	595
5.3.13.4	<i>Sitios históricos y culturales</i>	608
6	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL PROYECTO	610
6.1	RESUMEN DEL PROYECTO GEOTÉRMICO BORINQUEN.....	610
6.2	ELEMENTOS DEL PROYECTO GENERADORES DE IMPACTOS AMBIENTALES	612
6.3	FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE SUSCEPTIBLES DE SER IMPACTADOS.....	613
6.4	IDENTIFICACIÓN Y PRONÓSTICO DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	616
6.4.1	<i>Enfoque metodológico</i>	616
6.5	IMPACTOS AMBIENTALES QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO.....	625
6.6	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD AMBIENTAL INTEGRAL VS. COMPONENTES DEL PROYECTO.....	661
7	EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	663
7.2	SÍNTESIS DE LOS IMPACTOS MODERADOS- SEVEROS-CRÍTICOS SIA \geq 26	663
7.2.1	<i>Impactos Medio Físico.....</i>	664
7.2.2	<i>Impactos Medio Biótico.....</i>	666
7.2.3	<i>Impactos Medio Socioeconómico</i>	667
7.1.4	<i>Impactos Línea Transmisión – Distribución.....</i>	669
7.1.5	<i>Impactos positivos – Factor Humano</i>	670
7.2	ANÁLISIS DE LOS EFECTOS ACUMULATIVOS	675
7.3	ANÁLISIS EFECTOS SINÉRGICOS DE OTROS PROYECTOS EN CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	676
8	FORMULACIÓN PRONÓSTICO PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	677
8.1	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO Y EJECUTOR DE LAS MEDIDAS	677
8.2	CUADRO PRONÓSTICO – PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	678
8.2.1	<i>Descripción obras civiles y acciones a realizar comunidades señaladas P.G.A... 727</i>	
9	ANÁLISIS DE RIESGO Y PLANES DE CONTINGENCIA.....	733
9.2	FUENTES DE RIESGO AMBIENTAL.....	733
9.3	EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL	736
9.4	PLAN DE CONTINGENCIAS.....	738
10	CALIDAD AMBIENTAL DEL AP-AID-AII.....	743
10.2	PRONÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AP Y EL ÁREA DE INFLUENCIA SOCIO-AMBIENTAL (AID-AII). 743	
10.3	SÍNTESIS DE COMPROMISOS AMBIENTALES DEL PROYECTO	744
11	POLÍTICA AMBIENTAL DEL PROYECTO	747
12	BIBLIOGRAFÍA GENERAL	748
13	ANEXOS	771

Índice de Figuras

1 Figura No. 3.1.1 Plano base de la distribución del desarrollo del futuro campo geotérmico Borinquen.	35
2 Figura No. 3.1.2 Esquema de distribución de la central geotérmica	36
3 Figura No. 3.1.3 Esquema de un campo geotérmico bajo explotación	37
4 Figura No. 4.2.1. Distribución Campo Geotérmico Borinquen	52
5 Figura No. 4.2.2 Ubicación político administrativo del Campo Geotérmico Borinquen	53
6 Figura No. 4.3.1 Localización del reservorio geotérmico Borinquen y la distribución del gradiente de temperatura	56
7 Figura No. 4.3.2. Lineamientos topográficos en el campo geotérmico de Borinquen	58
8 Figura No. 4.3.3 Mapa de resistividad a 250 m de profundidad derivada de la inversión 3D de MT	59
9 Figura No. 4.3.4 Mapa de Resistividad a 1,750 m derivada de la Inversión 3D de MT	60
10 Figura No. 4.3.5 Resultado de la evaluación del potencial geotérmico	62
11 Figura No. 4.3.6 Extensión del área del yacimiento usada en la evaluación del potencial del recurso	63
12 Figura No. 4.3.7 Áreas dedicadas a producción y reinyección	64
13 Figura No. 4.3.8 Área de influencia ambiental indirecta (All) comunidades del área socio-ambiental del PGB	66
14 Figura No. 4.5.1 Mapa de priorización de uso la red vial dentro el área de influencia socio-ambiental del proyecto Geotérmico Borinquen	72
15 Figura No. 4.5.2 Sistema de Acarreo	74
16 Figura No. 4.5.3 Trazo de la Línea de Transmisión del PE Orosí, el sombreado indica el sector de influencia del PG Borinquen	78
17 Figura No. 5.1.1 Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio climatológico del P.G. Borínquen	112
18 Figura No. 5.1.2 Distribución mensual de la precipitación en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012	113
19 Figura No. 5.1.3 Isoyetas medias anuales (mm) en la zona del Proyecto Geotérmico Borínquen para el período 1970-2012.	114
20 Figura No. 5.1.4 Distribución mensual de las temperatura (° C) en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012	115
21 Figura No. 5.1.5 Distribución mensual de la humedad relativa (%) en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	116
22 Figura No. 5.1.6 Distribución mensual de la dirección del viento (%) durante los meses de enero a junio en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	119
23 Figura No. 5.1.7 Distribución mensual de la dirección del viento (%) durante los meses de julio a diciembre en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	120
24 Figura No. 5.1.8 Velocidad promedio (m/s) del viento para cada dirección en la estación 74036 Pailas durante los meses de enero a junio para el período 2002-2012.	121
25 Figura No. 5.1.9 Velocidad promedio (m/s) del viento para cada dirección en la estación 74036 Pailas durante los meses de julio a diciembre para el período 2002-2012.	122
26 Figura No. 5.1.10 Distribución horario-mensual de la dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	124
27 Figura No. 5.1.11 Mapa de ubicación de la cuenca del río Ahogados y del área de influencia indirecta del P.G. Borínquen	126

28 Figura No. 5.1.12 Comportamiento de los caudales promedio mensuales en la estación 19-08, El Pochote _____	130
29 Figura No. 5.1.13 Comportamiento de los caudales promedio anuales en la estación 19-8 El Pochote _____	131
30 Figura No. 5.1.14 Curva GEV Directa. Análisis de frecuencia individual en estación 19-08 El Pochote con serie parcial _____	133
31 Figura No. 5.1.15 Mapa de ubicación de los sitios de muestreo de calidad del agua ____	135
32 Figura No. 5.1.16 Representación de las curvas equipotenciales y líneas de flujo del nivel freático, además de las manifestaciones termales. Para consultar la simbología geológica ver dicha sección _____	141
33 Figura No. 5.1.17 Esquema del reservorio del Campo Geotérmico Borinquen, que muestra su origen y confinamiento, así como la relación con el agua meteórica, acuíferos más superficiales y manifestaciones hidrotermales (modificado de WES JEC 2012). _____	144
34 Figura No. 5.1.18. Mapa geológico del área de estudio de impacto ambiental del Proyecto Geotérmico Borinquen. _____	151
35 Figura No. 5.1.19 Área del proyecto geotérmico Borinquen, donde se muestra: uso del suelo, curvas de nivel, caminos, sitios de casas de máquinas, plataformas, quebradas y ríos. _____	153
36 Figura No. 5.1.20 Mapa que muestra las áreas con pendientes menores o igual a 10 ____	154
37 Figura No. 5.1.21 Mapa que exhibe las áreas seleccionadas de uso de la tierra dedicadas a matorral y herbazal. _____	155
38 Figura No. 5.1.22 Mapa que muestra el área de protección que se ha estimado en 200 m alrededor de ambas márgenes de los ríos y quebradas _____	156
39 Figura No. 5.1.23 Mapa con los sitios recomendadas para utilizarlos como escombreras y la ruta que comunica las obras más alejadas. _____	158
40 Figura No. 5.1.24 Complejos volcánicos de la cordillera volcánica de Guanacaste ____	190
41 Figura No. 5.1.25 Contexto geomorfológico del relieve multifacético. _____	192
42 Figura No. 5.1.26 Perfil topográfico del modelado multiconvexo _____	193
43 Figura No. 5.1.27 Perfil topográfico del modelado multiconvexo. B. Contexto geomorfológico del relieve multi-convexo _____	194
44 Figura No. 5.1.28 Detalle de la ubicación de la unidad QHv del PG Borinquen _____	198
45 Figura No. 5.1.29 A. Contexto geomorfológico de la meseta basáltica. B. Perfil topográfico. _____	205
46 Figura No. 5.1.30 Límite indiferenciado del borde de caldera de Cañas Dulces. _____	207
47 Figura No. 5.1.31 Límite propuesto de la caldera "Borinquen". _____	208
48 Figura No. 5.1.32 Deslizamiento en el sector de Plataforma N°1. _____	210
49 Figura No. 5.1.33 Deslizamiento en el sector del Hotel Borinquen. _____	210
50 Figura No. 5.1.34 Mapa Geomorfológico _____	211
51 Figura No. 5.1.35. Efecto del uso del suelo densidad aparente en Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen _____	227
52 Figura No. 5.1.36. Relación de la densidad aparente entre la porosidad y el espacio aéreo en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen. _____	228
53 Figura No. 5.1.37. Porosidad y Espacio Aéreo en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen. _____	229
54 Figura No. 5.1.38. Contenidos de humedad de los puntos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen. _____	231

55 Figura No. 5.1.39 Efecto del uso del suelo sobre la resistencia a la penetración en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen.	232
56 Figura No. 5.1.40. Efecto del uso del suelo sobre propiedades físicas en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen	233
57 Figura No. 5.1.41 Mapa de suelos del AP del PG Borinquen	243
58 Figura No. 5.1.42 Mapa de capacidad de uso de la tierra .PG Borinquen	244
59 Figura No. 5.1.43 Mapa tectónico del norte de Costa Rica con la ubicación de los sismos importantes desde el siglo XX. Los sismos someros (0-25 km) son los puntos rellenos y de magnitud $MW \leq 5,0$, y los sismos profundos ($>25km$) son los círculos abiertos, de magnitud $MW \leq 6,0$.	246
60 Figura No. 5.1.44 Distribución de la sismicidad para el periodo 1981-2012 (puntos negros). Los triángulos son las estaciones sismológicas, los círculos con cruz son pozos, la línea gris indica el límite del parque y de las áreas protegidas y las líneas rojas son fallas y otros elementos tectónicos.	248
61 Figura No. 5.1.45 Distribución anual de la sismicidad para el periodo 1996-2012 para los sismos con $M \geq 2,5$. A partir del año 2004 se inició el monitoreo continuo (24 horas) en el área de estudio.	248
62 Figura No. 5.1.46. Localización de los sismos con $M \geq 2,0$ localizados durante el periodo 1981-2012.	249
63 Figura No. 5.1.47 Ubicación y áreas de influencia del P.G. Borinquen, en la falda oeste del volcán Rincón de la Vieja.	253
64 Figura No. 5.1.48	254
65 Figura No. 5.1.49 Modelo de elevación digital de la cima del Rincón de la Vieja, con las 9 estructuras volcánicas numeradas. El 3 es el cono Von Seebach, el 4 es el cráter Activo, y el 5 el Rincón de la Vieja de los mapas.	255
66 Figura No. 5.1.50 Capas de tefra de la secuencia <32 mil años, aflorantes en el sector del PGB, Plataforma 9, unos 9,5 km al oeste del cráter activo del Rincón de la Vieja (arriba) y las escorias de los niveles inferiores señalados con flechas (abajo).	258
67 Figura No. 5.1.51 Curvas isopacas (igual espesor de cenizas y pómez como las mostradas en la Fotografía No. 5.1.31, en cm) del depósito de la erupción subpliniana Río Blanco (modificada de Kempter, 1997), y los sitios estudiados mostrados en las columnas de la Figura No. 5.1.52.	260
68 Figura No. 5.1.52 Correlación entre las columnas estudiadas de la Tefra Río Blanco y los flujos piroclásticos.	261
69 Figura No. 5.1.53 Columna estratigráfica del depósito de caída de la Tefra Río Blanco en el sitio Borinquen Adentro (punto c de Figuras No.5.1.47 y No. 5.1.50), donde se muestran las diferentes fases de la erupción (reformado de Soto et al., 2003b).	261
70 Figura No. 5.1.54 Mapa de distribución de los flujos de escoria en el sector norte del volcán (basado en Soto et al., 2003b).	263
71 Figura No. 5.1.55 Distribución temporal de las erupciones del Rincón de la Vieja y sus características (F: freática; FM: freatomagmática; V: vulcaniana).	265
72 Figura No. 5.1.56 Erupción vulcaniana del 17 de enero de 1967 (15:20, hora local), vista desde Curubandé (Foto cortesía de Óscar Li).	267
73 Figura No. 5.1.57 Curvas isopacas (en mm, tr = trazas) de las cenizas eruptadas durante el período 1966-70.	267
74 Figura No. 5.1.58 Mapa de peligros volcánicos del Rincón de la Vieja (Susceptibilidad volcánica)	285

75 Figura No. 5.1.59 Puntos de control y zona crítica, 45 dB(A) N- 65 dB(A) D. _____	288
76 Figura No. 5.1.60 Gráficos de control - niveles de ruido dBA. _____	290
77 Figura No. 5.1.61 Histograma - niveles de ruido dBA. _____	291
78 Figura No. 5.1.62 Histograma - niveles de ruido dBA Hoteles _____	291
79 Figura No. 5.1.63 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen. _____	292
80 Figura No. 5.1.64 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-03. _____	292
81 Figura No. 5.1.65 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-05. _____	293
82 Figura No. 5.1.66 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-02, Perforando. _____	293
83 Figura No. 5.1.67 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen _____	294
84 Figura No. 5.1.68 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen - Noche. _____	294
85 Figura No. 5.1.69 Emisiones de CO ₂ (kg/MWh) utilizando diferentes tecnologías para la generación de energía. _____	296
86 Figura No. 5.1.70 Emisiones de H ₂ S (kg/MWh) utilizando diferentes tecnologías para la generación de energía. _____	297
87 Figura No. 5.1.71 Concentraciones de H ₂ S y CO ₂ registradas en el área de influencia. _____	299
88 Figura No. 5.1.72 Concentraciones de H ₂ S registradas en las hornillas cercanas al hotel _____	300
89 Figura No. 5.1.73 Dirección preferente de los vientos _____	303
90 Figura No. 5.1.74 Resultados del modelo AERSCREEN _____	304
91 Figura No. 5.1.75 Resultados de las concentraciones obtenidos con el AERMOD _____	305
92 Figura No. 5.1.76 Resultados del control del pH de la Lluvia. _____	306
93 Figura No. 5.1.77 Área del CG Borinquen _____	311
94 Figura No. 5.1.78 Mapa Unidades de Paisaje CG Borinquen _____	317
95 Figura No. 5.1.79 Sitios de Observación del Paisaje, CG Borinquen _____	331
96 Figura No. 5.1.80 _____	332
97 Figura No. 5.1.81 _____	333
98 Figura No. 5.1.82 _____	333
99 Figura No. 5.1.83 _____	334
100 Figura No. 5.1.84 _____	334
101 La Figura No. 5.1.85 _____	335
102 Figura No. 5.1.86 _____	335
103 Figura No. 5.1.87 _____	336
104 Figura No. 5.1.88 Sitios de Interés Turístico CG Borinquen _____	344
105 Figura No. 5.2.1. Mapa de zonas de vida. Fuente ICE-West Jec Japón, 2012. _____	346
106 Figura No. 5.2.2 Mapa de cobertura vegetal. _____	349
107 Figura No. 5.2.3. Ubicación espacial de los sitios de muestreo de fauna. Fuente ICE-West Jec Japón, 2012 _____	361
108 Figura No. 5.2.4. Distribución de mamíferos observados por sitio. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012. _____	371
109 Figura No. 5.2.5. Distribución porcentual de mamíferos observados, por tipo de ecosistema. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012. _____	372
110 Figura No. 5.2.6. Distribución porcentual de mamíferos observados, por grupo trófico. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012. _____	373
111 Figura No. 5.2.7. Curva de acumulación de especies de aves para el AP, AID y All del PG Borinquen. _____	386
112 Figura No. 5.2.8. Curva de acumulación de especies de aves para el AP del PG Borinquen. _____	387
113 Figura No. 5.2.9. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de aves del PG Borinquen. _____	388

114 Figura No. 5.2.10. Curva de acumulación de especies de anfibios para el AP y AID del PG Borinquen _____	394
115 Figura No. 5.2.11. Curva de acumulación de especies de reptiles para el AP, AID y All del PG Borinquen _____	394
116 Figura No. 5.2.12. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de anfibios del PG Borinquen _____	397
117 Figura No. 5.2.13. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de reptiles del PG Borinquen _____	398
118 Figura No. 5.2.14 Distribución espacial de puntos de muestro de la Fauna Acuática. Fuente ICE-West Jec Japón, 20120. _____	400
119 Figura No. 5.2.15. Distribución de peces observados por sitio _____	406
120 Figura No. 5.2.16. Curva de acumulación de especies de peces para el AP, AID y All del PG Borinquen. _____	407
121 Figura No. 5.2.17. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de peces del PG Borinquen. _____	408
122 Figura No. 5.2.18. Curva de acumulación de especies de crustáceos para el AP, AID y All del PG Borinquen. _____	419
123 Figura No. 5.2.19. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de crustáceos del PG Borinquen. _____	420
124 Figura No. 5.2.20. Cantidad de organismos encontrados para cada sitio de muestreo, en los cuerpos de agua en la zona de Borinquen. _____	423
125 Figura No. 5.2.21. Valor adquirido dentro del índice BMWP-CR, para cada sitio de muestreo en la zona de Borinquen. El color de la barra indica el color asignado por el BMWP-CR. Época seca _____	424
126 Figura No. 5.2.22 Cantidad de macroinvertebrados _____	425
127 Figura No. 5.2.23. Valor adquirido dentro del índice BMWP-CR, para cada sitio de muestreo en la zona de Borinquen. El color de la barra indica el color asignado por el BMWP-CR. Época de transición. _____	426
128 Figura No. 5.3.1 _____	440
129 Figura No. 5.3.2 Mapa de distribución de fincas _____	446
130 Figura No. 5.3.3 Producción ganadera identificada ene el Área de Proyecto PGB ____	448
131 Figura No. 5.3.4 Mapa de áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Geotérmico Borinquen _____	474
132 Figura No. 5.3.5 Percepción de la población respecto a la existencia de grupos organizados en la comunidad. _____	489
133 Figura No. 5.3.6 Distribución de encuestados según las comunidades del área de influencia social por sexo. _____	493
134 Figura No. 5.3.7 Distribución de encuestados según las comunidades del área de influencia social por nivel educativo. _____	494
135 Figura No. 5.3.8 Distribución de encuestados según comunidad el área de influencia social por ingreso económico mensual _____	495
136 Figura No. 5.3.9 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia directa por trabajo remunerado. _____	495
137 Figura No. 5.3.10 Opinión de la población de las comunidades del área directa, según las oportunidades de empleo en la comunidad. _____	496
138 Figura No. 5.3.11 Opinión de la población de las comunidades del área de influencia directa sobre el nivel de desarrollo de la comunidad _____	497
139 Figura No. 5.3.12 Nivel de información sobre el Proyecto Geotérmico en Borinquen _	497

140	Figura No. 5.3.13 Distribución de encuestados que han visitado o no un Proyecto Geotérmico	498
141	Figura No. 5.3.14 Distribución de la población de las comunidades de influencia directa que están interesadas en conocer el funcionamiento de un Geotérmico.	498
142	Figura No. 5.3.15 Posición de los encuestados en relación a si está o no de acuerdo con que se lleve a cabo el Proyecto Geotérmico en Borinquen.	499
143	Figura No. 5.3.16 Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial	506
144	Figura No. 5.3.17 Ubicación de puentes, Cañas Dulces. Fuente: 2013.	511
145	Figura No. 5.3.18 Ubicación de puentes, Buenavista.	513
146	Figura No. 5.3.19 Ubicación de pasos, tramo Curubandé – Agua Fría.	515
147	Figura No. 5.3.20 Percepción de la población de la calidad de prestación de servicio de agua potable.	520
148	Figura No. 5.3.21 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Buena Vista.	523
149	Figura No. 5.3.22 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de El Cedro.	524
150	Figura No. 5.3.23 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Curubandé.	525
151	Figura No. 5.3.24 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Cañas Dulces.	526
152	Figura No. 5.3.25 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Las Lilas.	527
153	Figura No. 5.3.26 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Agua Fría.	528
154	Figura No. 5.3.27 Comunidades del área de influencia social por sensibilidad social	531
155	Figura No. 5.3.28 Actores sociales y grupos de interés	533
156	Figura No. 5.3.29 Proceso Comunicación, Consulta y Participación	534
157	Figura No. 5.3.30 Mapa áreas socialmente sensibles	539
158	Figura No. 5.3.31 Cuadrante para prospección arqueológica con los transectos sur-norte marcados, plataforma 1	549
159	Figura No. 5.3.32 Ubicación de sitios arqueológicos P.G. Borinquen	551
160	Figura No. 5.3.33 Ubicación específica de los sitios arqueológicos de la prospección del área PG Borinquen	552
161	Figura No. 5.3.34 Representación de la cerámica estilísticamente asociable a los periodos Bagaces y Sapoá los cuales fueron reportados en los sitios de la prospección arqueológica PG Borinquen.	571
162	Figura No. 5.3.35 Delimitación de sitio arqueológico Borinquen (G-935 Br), según el cuadrante prospectado alrededor de la plataforma 3	572
163	Figura No. 5.3.36 Fotografía y dibujo del perfil de la zanja del sitio Borinquen (G-935 Br) en la que se ilustra la secuencia deposicional.	573
164	Figura No. 5.3.37 Viñeta que muestra las particularidades estilísticas de la cerámica precolombina observada en el PG Borinquen correspondiente a las fases de ocupación más antiguas hasta ahora descubiertas: Orosí Tardío-Tempisque (arriba) y Tempisque (abajo)	574
165	Figura No. 5.3.38 Ilustración de diversos implementos líticos observados en el estudio arqueológico PG Borinquen.	575
166	Figura No. 5.3.39 Vasija en forma de copa hallada en el sitio Santa Anita	576
167	Figura No. 5.3.40 Mapa de Haciendas 1850 – 1900	591
168	Figura No. 6.6.1 Mapa Vulnerabilidad Ambiental vs. Componentes del proyecto	662

169	Figura No. 8.2.1 Mapa de ubicación Comunidad Cañas Dulces	727
170	Figura No. 8.2.2 Mapa de ubicación comunidad de Buena Vista	728
171	Figura No. 8.2.3 Mapa de ubicación comunidad de El Cedro.	729
172	Figura No. 8.2.4 Mapa de ubicación comunidad de Agua Fría	730
173	Figura No. 8.2.5 Mapa de ubicación comunidad de Curubandé	731
174	Figura No. 8.2.6 Mapa de ubicación comunidad de San Jorge	732
175	Figura No. 9.3.1 Mapa de peligros volcánicos Rincón de la Vieja	742

Índice de Cuadros

1 Cuadro No. 3.1.1 Presupuesto PG Borinquen I y II	38
2 Cuadro No. 4.1.1 Perfil Constructivo del Proyecto Geotérmico Borinquen	50
3 Cuadro No. 4.3.1 Resultado de la evaluación del potencial geotérmico	61
4 Cuadro No. 4.4.1 Diagrama de la construcción de las obras civiles Planta Geotérmica Borinquen 1	68
5 Cuadro No. 4.4.2 Diagrama de la construcción de las obras civiles Planta Geotérmica Borinquen 2	69
6 Cuadro No. 4.5.1 Categorización de uso de la red vial en el área de influencia del Proyecto	71
7 Cuadro No. 4.5.2 Materiales a manejar en el Almacén de Misceláneos	83
8 Cuadro No. 4.5.3 Materiales a manejar en talleres	85
9 Cuadro No. 4.5.4 Consumo estimadas	87
10 Cuadro No. 4.5.5 Demanda eléctrica (construcción)	88
11 Cuadro No. 4.6.1 Mano de obra requerida en operación de planta simple flasheo.	98
12 Cuadro No. 5.1.1 Valores medios mensuales de lluvia, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, temperatura del bulbo húmedo, humedad relativa y viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	110
13 Cuadro No. 5.1.2 Frecuencia relativa (%) para cada dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	117
14 Cuadro No. 5.1.3 Velocidad promedio (m/s) para cada dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.	118
15 Cuadro No. 5.1.4 Aforos realizados en el río Salitral del P.G. Borínquen	127
16 Cuadro No. 5.1.5 Principales características de la estación hidrológica 19-08, El Pochote	128
17 Cuadro No. 5.1.6 Caudales promedio mensuales y anuales en la estación 19-08, El Pochote.	129
18 Cuadro No. 5.1.7 Caudales máximos instantáneos anuales registrados en la estación 19-08, El Pochote para el período de 1976 hasta 1994	132
19 Cuadro No. 5.1.8 Análisis de frecuencia individual en la estación 19-08 El Pochote. Serie parcial de caudales máximos instantáneos. Datos del período de 1976 hasta 1994	132
20 Cuadro No. 5.1.9 Caudales mínimos promedio diarios en la estación 19-08, El Pochote	134
21 Cuadro No. 5.1.10 Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua superficial del área del P.G. Borínquen. Período de febrero a octubre del 2012.	136
22 Cuadro No. 5.1.11 Rangos de concentración de oxígeno disuelto encontrado en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012	137
23 Cuadro No. 5.1.12 Rango de temperaturas registrados en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012	137
24 Cuadro No. 5.1.13 Rangos de valores de la dureza total encontrados en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012	138
25 Cuadro No. 5.1.14 Altura del nivel freático regional	142
26 Cuadro No. 5.1.15 Características de las manifestaciones hidrotermales	143
27 Cuadro No. 5.1.16. Categorías de Pendiente en función del relieve.	216
28 Cuadro No. 5.1.17. Características Morfológicas de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.	221
29 Cuadro No. 5.1.18 Fertilidad de los suelos en el PG Borinquen	222

30 Cuadro No. 5.1.19 Características Químicas de tres perfiles estudiados en el PG Borinquen	223
31 Cuadro No. 5.1.20 Características Químicas de tres perfiles estudiados en el PG Borinquen	224
32 Cuadro No. 5.1.21 CIC y CO en Horizontes A de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.	225
33 Cuadro No. 5.1.22 Bases en Acetato de Amonio de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.	226
34 Cuadro No. 5.1.23. Características físicas de los suelos en estudio ubicados dentro del proyecto Geotérmico Borinquen. Liberia 2012	230
35 Cuadro No. 5.1.24 Sismos de subducción ($MW \geq 6,0$) y locales ($MW \geq 5,0$) más importantes y sus principales características, en la cordillera volcánica de Guanacaste y Talarán	245
36 Cuadro No. 5.1.25 Edades de radiocarbono usadas en este trabajo.	256
37 Cuadro No. 5.1.26 Lapsos intereruptivos históricos del volcán Rincón de la Vieja (reformada de Soto et al., 2003b).	275
38 Cuadro No. 5.1.27 Peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja que podrían afectar al PGB, problemas específicos y medidas a tomar.	281
39 Cuadro No. 5.1.28 Efectos provocados por la caída de ceniza en los sistemas de energía eléctrica del PG Borinquen (adaptado de Heiken et al., 1995; Wardman et al., 2012).	283
40 Cuadro No. 5.1.29 Resumen de mediciones de ruido.	289
41 Cuadro No. 5.1.30 Estándares para concentraciones de CO ₂	295
42 Cuadro No. 5.1.31 Cantidades de CO ₂ emitidas como kg/MWh	295
43 Cuadro No. 5.1.32 Normas para la emisión de H ₂ S	297
44 Cuadro No. 5.1.33 Contenido de gases no condensables	300
45 Cuadro No. 5.1.34 Resultados de mediciones de H ₂ S en áreas pobladas en Miravalles.	301
46 Cuadro No. 5.1.35 Resultados de mediciones de H ₂ S en Las Pailas.	301
47 Cuadro No. 5.1.36. Categoría de la atmosfera según nivel de corrosión.	307
48 Cuadro No. 5.1.37. Datos de factores en corrosión atmosférica en plataforma 5.	308
49 Cuadro No. 5.1.38. Datos de factores en corrosión atmosférica en alrededor de plataforma 2.	309
50 Cuadro No. 5.1.39 Factores e indicadores	313
51 Cuadro No. 5.2.1 Especies arbóreas de importancia ecológica del dosel del bosque maduro	352
52 Cuadro No. 5.2.2 Coordenadas de sitios de muestreo biológico (CRTM05)	360
53 Cuadro No. 5.2.3 Sitios donde se registraron mamíferos y abreviaturas	364
54 Cuadro No. 5.2.4 Lista de mamíferos y número de individuos por sitio, registrados en área de influencia del Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre 2012.	365
55 Cuadro No. 5.2.5 Lista de especies de mamíferos según categorías de conservación de MINAET, UICN y CITES. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.	374
56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)	378
57 Cuadro No. 5.2.7 Índice de diversidad H' (Shannon-Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo.	386
58 Cuadro No. 5.2.8 Lista total de especies de anfibios por sitio y abundancia para toda el área de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas,	

según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)	390
59 Cuadro No. 5.2.9 Lista total de especies de reptiles por sitio y abundancia para toda el área de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)	393
60 Cuadro No. 5.2.10 Índice de diversidad H' (Shannon Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo de Anfibios.	395
61 Cuadro No. 5.2.11 Índice de diversidad H' (Shannon Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo de Reptiles.	395
62 Cuadro No. 5.2.12 Lista de reptiles por sitio y abundancia relativa en los transectos de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)	396
63 Cuadro No. 5.2.13 Altitud de los sitios de muestreo ícticos (AS Aguas superficiales) y su geo-referenciación (CRTM05) en el Campo Geotérmico Borinquen.	399
64 Cuadro No. 5.2.14 Listado de especies de peces reportadas para la Provincia de Guanacaste y para el PG Borinquen.	402
65 Cuadro No. 5.2.15 Abundancia relativa (%) por sitio y para toda el área de estudio.	403
66 Cuadro No. 5.2.16 Índices de diversidad (Shannon-Wiener) y la Riqueza (número de especies) según sitio de muestreo.	410
67 Cuadro No. 5.2.17 Parámetros físico-químicos según sitio de muestreo. Concentraciones en mg/l.	412
68 Cuadro No. 5.2.18 Concentración (mg/l) de sólidos suspendidos durante época lluviosa.	415
69 Cuadro No. 5.2.19 Abundancia relativa (%) de cada especie por sitio y para toda el área de estudio. Crustáceos	416
70 Cuadro No. 5.2.20 Índices de diversidad (Shannon-Wiener) y la Riqueza (número de especies) según sitio de muestreo.	418
71 Cuadro No. 5.2.21 Valores de los Índices de Diversidad para los 8 cuerpos de agua muestreados en la zona de Borinquen.	424
72 Cuadro No. 5.2.22 Valores del Índice del Hábitat Fluvial obtenidos para los 8 cuerpos de agua, muestreados dentro de la zona de Borinquen.	425
73 Cuadro No. 5.2.23 Índice de dominancia, diversidad y equitatividad según sitios de muestreo.	427
74 Cuadro No. 5.3.1. Explotaciones con cultivos estacionales, rastrojo, otros.	430
75 Cuadro No. 5.3.2. Explotaciones (Cultivos permanentes y Pastos), regional.	431
76 Cuadro No. 5.3.3. Principales Agrocadenas de la Región Chorotega, rendimiento, producción, número de productores.	432
77 Cuadro No. 5.3.4. Población bovina por área, número de fincas y carga animal a nivel Regional.	433
78 Cuadro No. 5.3.5. Número de explotaciones y extensión de las tierras de labranza (Cultivos permanentes, pastos y bosques), distrital	434
79 Cuadro No. 5.3.6. Producción y Rendimientos por hectárea de granos entre otros cultivos estacionales y permanentes, por cantón.	436
80 Cuadro No. 5.3.7 Actualización: Producción y Productividad por hectárea de granos, cultivos estacionales y permanentes, para el cantón.	436
81 Cuadro No. 5.3.8. Principales productos de exportación de la actividad agrícola no tradicional cantonal.	437

82 Cuadro No. 5.3.9. Cobertura actual cantonal, por área y distribución porcentual _____	439
83 Cuadro No. 5.3.10. Régimen de Tenencia de la tierra, regional. _____	441
84 Cuadro No. 5.3.11. Régimen de Tenencia de las explotaciones para el cantón de Liberia. _____	441
85 Cuadro No. 5.3.12 Fincas identificadas en las Áreas de Estudio del PG. Borinquen (AP - AID). _____	443
86 Cuadro No. 5.3.13 Índice de Desarrollo social Distrital 2007, por dimensiones según distritos. _____	463
87 Cuadro No. 5.3.14 Población distrital 2011 del cantón de Liberia. _____	465
88 Cuadro No. 5.3.15 Población y estimación de densidad poblacional 2012. _____	465
89 Cuadro No. 5.3.16 Indicadores demográficos y sociales según distrito. _____	467
90 Cuadro No. 5.3.17 Indicadores económicos según distrito. _____	468
91 Cuadro No. 5.3.18 Población de 15 años y más por condición de actividad, según provincia, cantón y distrito _____	469
92 Cuadro No. 5.3.19 Indicadores sociales. Por: indicador, según: provincia, cantón y distrito. _____	471
93 Cuadro No. 5.3.20 Población extranjera por distrito, año 2000. _____	472
94 Cuadro No. 5.3.21 Comunidades del área de influencia social del proyecto. _____	472
95 Cuadro No. 5.3.22 Áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Geotérmico Borinquen. _____	473
96 Cuadro No. 5.3.23 Población de las comunidades del área de influencia social del P.G. Borinquen. _____	475
97 Cuadro No. 5.3.24 Histórico matrícula de la Escuela de Curubandé, desde 1990 hasta el 2012 _____	482
98 Cuadro No. 5.3.25 Principales entrevistas realizadas a informantes clave del PG Borinquen, según grupo comunal, 2012. _____	490
99 Cuadro No. 5.3.26 Tamaño de la muestra para un 90% de confianza con un margen del 10% de error, PG Borinquen 2012. _____	492
100 Cuadro No. 5.3.27 Comunidades del área de influencia social PG Borinquen _____	493
101 Cuadro No. 5.3.28 de características de la red vial de este tramo. _____	507
102 Cuadro No. 5.3.29 de características de la red vía de este tramo. Cañas Dulces _____	511
103 Cuadro No. 5.3.30 de características de la red vial tramo Buena Vista-Hoteles _____	513
104 Cuadro No. 5.3.31 de características de la red vial de este tramo Curubandé- El Cedro _____	517
105 Cuadro No. 5.3.32 de características de la red vial tramo Camino los Coyotes- El Cedro _____	518
106 Cuadro No. 5.3.33 Servicio de EBAIS en las comunidades de influencia social del P.G. Borinquen 2012. _____	521
107 Cuadro No. 5.3.34 Servicio de transporte público comunidades, 2012. _____	522
108 Cuadro No. 5.3.35 Servicios de emergencias disponibles _____	529
109 Cuadro No. 5.3.36 Áreas socialmente sensibles _____	530
110 Cuadro No. 5.3.37 Programa de reuniones de la 1ª etapa proceso comunicación, consulta y participación. _____	535
111 Cuadro No. 5.3.38 Programa de reuniones de la 2ª etapa Proceso Comunicación, Consulta y Participación. _____	537
112 Cuadro No. 5.3.39 Comparación entre la cronología tradicional y actual para la Región Arqueológica Gran Nicoya. _____	541
113 Cuadro No. 5.3.40 Sitios arqueológicos cercanos al área de estudio*. _____	544
114 Cuadro No. 5.3.41 Barrios y poblados del área de influencia social del Proyecto _____	595

115 Cuadro No. 5.3.42 Aspectos históricos y culturales de las comunidades del área de influencia social del Proyecto. Celebraciones religiosas y festivas. _____	609
116 Cuadro No. 6.3.1 Matriz Interactiva Causa –Efecto (em) _____	615
117 Cuadro No. 6.4.1 Datos básicos para la valoración de impactos ambientales _____	622
118 Cuadro No. 6.4.2 A Formato hoja de cálculo de valoración de impactos. Anexo No.6.4.1. _____	624
119 Cuadro No. 6.4.2 B Formato hoja de cálculo de valoración de impactos. Anexo No.6.4.1. _____	625
120 Cuadro No. 6.5.1 Lista global de los impactos identificados por el equipo de trabajo _	626
121 Cuadro No. 7.1.1 A Síntesis de los impactos negativos Medio Físico _____	664
122 Cuadro No. 7.1.1 B Síntesis de los impactos negativos Medio Biológico _____	666
123 Cuadro No. 7.1.1 C: Síntesis de los impactos negativos Factor Humano _____	667
124 Cuadro No. 7.1.2 Síntesis de los impactos negativos Línea Transmisión – Distribución _____	669
125 Cuadro No. 7.1.3 Síntesis Impactos Positivos- Factor Humano _____	670
126 Cuadro No. 8.2.1 Pronóstico Plan de Gestión Ambiental del Proyecto Geotérmico Boriquen. _____	680
127 Cuadro No. 9.1.1 Identificación de Amenazas _____	735
128 Cuadro No. 9.2.1 Escala de valoración de amenazas _____	736
129 Cuadro No. 9.2.2 Distribución de pesos a los indicadores o atributos de ponderación.	736
130 Cuadro No. 9.2.3 Ejemplo hoja de cálculo - Valoración de Efectos de las Amenazas _	737
131 Cuadro No. 9.2.4 Valores promedios de la relevancia de amenaza (RA) _____	737
132 Cuadro No. 9.3.1 Peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja que podrían afectar al PGB, problemas específicos y medidas a tomar. _____	739
133 Cuadro No. 9.3.2 Efectos provocados por la caída de ceniza en los sistemas de energía eléctrica del PG Borinquen (adaptado de Heiken et al., 1995; Wardman et al., 2012). _____	741

Índice de Fotografías

1 Fotografía No. 4.5.1 Construcción de la red de tuberías vaporductos	73
2 Fotografía No. 4.5.2 Lagunas de enfriamiento	75
3 Fotografía No. 4.5.3 Subestación compacta similar a la instalar en Borinquen	77
4 Fotografía No. 4.5.4: línea de 34.5 kV de igual configuración a la que se estará construyendo para el servicio proporcionar el propio del PG Borinquen.	80
5 Fotografía No. 4.5.5 Línea de 69 kV en la ruta Río Frío – Sarapiquí, similar a la que se podría construir para el servicio propio del PG Borinquen.	81
6 Fotografía No. 4.6.1 Distribución de edificaciones de una planta geotérmica de flasheo	98
7 Fotografía No. 5.1.1. Fenocristales de hornblenda parda (centro) y plagioclasa (parte superior), en matriz desvitrificada. Lava del cerro Fortuna (nícoles cruzados).	146
8 Fotografía No. 5.1.2. Fenocristal euhédrico de olivino (parcialmente alterado a óxidos de hierro) y piroxenos en lava basáltica de Volcán Rincón de la Vieja.	147
9 Fotografía No. 5.1.3. Fenocristal de ortopiroxeno rodeado de clinopiroxeno (textura coronítica). Muestra de lava basáltica.	147
10 Fotografía No. 5.1.4. Textura glomeroporfirítica en lavas andesíticas del Volcán Rincón de la Vieja.	148
11 Fotografía No. 5.1.5. Sucesión de capas de pómez de caída en los alrededores del Hotel Borinquen.	149
12 Fotografía No. 5.1.6 Deslizamiento ubicado en la margen del camino de acceso.	161
13 Fotografía No. 5.1.7. Problema provocado por acumulación de agua	162
14 Fotografía No. 5.1.8 Unidades geotécnicas que se observan en el talud con problemas de inestabilidad	163
15 Fotografía No. 5.1.9 Unidad geotécnica 5.	163
16 Fotografía No. 5.1.10 Unidad geotécnica 6 - Lente de material arcilloso que aparece en la base del talud	164
17 Fotografía No. 5.1.11 Deslizamiento ubicado en el camino.	164
18 Fotografía No. 5.1.12 Talud de corte en la margen del camino	166
19 Fotografía No. 5.1.13 Unidad geotécnica 1.	167
20 Fotografía No. 5.1.14 Unidad geotécnica 2.	167
21 Fotografía No. 5.1.15 Unidad geotécnica 3.	168
22 Fotografía No. 5.1.16 Manejo de aguas que se debe realizar en el sitio.	169
23 Fotografía No. 5.1.17 Materiales encontrados en el talud del sitio 4.	170
24 Fotografía No. 5.1.18 Taludes de corte afectados por el problema de erosión, en la base.	171
25 Fotografía No. 5.1.19 Trayectoria del flujo de agua que ha afectado la condición del talud.	171
26 Fotografía No. 5.1.20 Trayectoria del flujo de agua que ha afectado la condición del talud.	172
27 Fotografía No. 5.1.21 Ubicación del pozo 7 y camino de acceso.	173
28 Fotografía No. 5.1.22 Primer deslizamiento que se encontró en el camino hacia el pozo 7 Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347305, E1198202	174
29 Fotografía No. 5.1.23 Camino de acceso al pozo 7.	174
30 Fotografía No. 5.1.24 Camino de acceso al pozo 7.	175
31 Fotografía No. 5.1.25 Camino de acceso al pozo 7. Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347427, E1198197.	176

32 Fotografía No. 5.1.26 Camino de acceso al pozo 7 y pozo 7b.Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347499, E1198272. _____	177
33 Fotografía No. 5.1.27 Evidencias de inestabilidad encontrada en la parte superior de la montaña, ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198517 _____	178
34 Fotografía No. 5.1.28 Deslizamiento en ambos lados de la fila de montaña. _____	178
35 Fotografía No. 5.1.29 Deslizamiento en el camino hacia el pozo 7, Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198488 _____	179
36 Fotografía No. 5.1.30 Deslizamiento en el camino hacia el pozo 7 Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198488 _____	179
37 Fotografía No. 5.1.31 Acceso al pozo 7, ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347499, E1198272. _____	180
38 Fotografía No. 5.1.32 Imagen satelital del sitio donde se va a perforar el pozo 7. _____	181
39 Fotografía No. 5.1.33 Deslizamiento en el camino de acceso al sitio donde se planea construir el pozo 7. _____	182
40 Fotografía No. 5.1.34 Evidencia del movimiento que se ha dado en diferentes zonas. _	183
41 Fotografía No. 5.1.35 Sitio donde se planea construir el pozo 7. _____	183
42 Fotografía No. 5.1.36 Sitio de escombrera #1 ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344409, E1197988 _____	185
43 Fotografía No. 5.1.37 Sitio de escombrera #2 _____	186
44 Fotografía No. 5.1.38 Taludes de la terraza del pozo 4 _____	186
45 Fotografía No. 5.1.39 Materiales de los taludes de la terraza _____	187
46 Fotografía No. 5.1.40 Contacto entre la unidad "debris avalanche" y el aluvión del río Ahogados. _____	195
47 Fotografía No. 5.1.41 "Pseudo-lapiaces" originados por la acción fluvial del río Ahogados sobre una formación de tobas _____	195
48 Fotografía No. 5.1.42 Manifestación hidrotermal. Alteración química y física de la roca	196
49 Fotografía No. 5.1.43 Depósitos de arcilla resultado de la alteración química y física _	197
50 Fotografía No. 5.1.44 Flujos de lava andesíticos, cercanías de la plataforma N°5 _____	198
51 Fotografía No. 5.1.45 Depósito de tefra y pómez de caída a orillas del camino _____	199
52 Fotografía No. 5.1.46 Detalle del perfil ubicado en el sector de la plataforma N°4, en donde se muestra la capa de tefra _____	200
53 Fotografía No. 5.1.47 Panorámica del alineamiento de los domos dacíticos del PG Borinquen _____	201
54 Fotografía No. 5.1.48. Vista del cerro San Roque, tomada desde el flanco este _____	202
55 Fotografía No. 5.1.49 Vista del cerro Cañas Dulces, tomada desde el flanco este _____	202
56 Fotografía No. 5.1.50 Vista ortogonal del alineamiento y contacto en el Cerro Góngora	203
57 Fotografía No. 5.1.51 a. Erupción Vulcaniana de flujos piroclásticos en el año 1967. _	214
58 Fotografía No. 5.1.51 b. Horizontes de Cenizas sobre Pómez depositados en el AP Borinquen. _____	214
59 Fotografía No. 5.1.52 _____	215
60 Fotografía No. 5.1.53 Antigua Caldera donde se halla el Campo Geotérmico Borinquen _____	216
61 Fotografía No. 5.1.54 Uso actual en el AP _____	217
62 Fotografía No. 5.1.55 Suelos desarrollados sobre piroclastos (ceniza, tefra) y lavas en el área del campo geotérmico Borinquen. (a) Perfil 1 Thaptic Udivitrands. (b) Perfil 2 Vitric Hapludands. (c) Perfil 3 Thaptic Hapludands. Suelos incluidos (d) Ultic Hapludands (e) Typic "Andic" Udorthents. _____	220
63 Fotografía No. 5.1.56 Cristales de plagioclasas y piroxeno dentro de líticos volcánicos	235

64 Fotografía No. 5.1.57 Fragmento Dacítico de textura porfirítica-hipocristalina con abundante vidrio pardo a nivel de la mesostaza. _____	235
65 Fotografía No. 5.1.58 Inclusiones de vidrio pardo dentro de cristales de plagioclasa. _	236
66 Fotografía No. 5.1.59 Fragmento lítico muy alterado a arcillas y óxidos-hidróxidos con textura original muy borrada. _____	236
67 Fotografía No. 5.1.60 Fragmentos líticos volcánicos y algunos pumíticos sanos se observan junto a cristales de plagioclasas y máficos. _____	237
68 Fotografía No. 5.1.61 Diversidad de fragmentos volcánicos porfiríticos (andesíticos), hipocristalinos (dacíticos) y alterados (con textura borrada). _____	238
69 Fotografía No. 5.1.62 Fenocristales abundantes de augita, hipersteno y opacos _____	238
70 Fotografía No. 5.1.63 Fenocristales hipidiomórficos y sanos de olivino junto a augita, opacos y líticos volcánicos. _____	239
71 Fotografía No. 5.1.64 El cráter Activo y la laguna caliente en su interior en 1995. _____	255
72 Fotografía No. 5.1.65 El edificio volcánico del Rincón de la Vieja visto desde el occidente (arriba) y desde el suroccidente (centro). _____	257
73 Fotografía No. 5.1.66 Pómez del depósito de la erupción subpliniana Río Blanco en el sector sureste del AP _____	260
74 Fotografía No. 5.1.67 Lahares en los ríos Azul (izquierda) y Pénjamo (derecha), con los puentes arrasados, el 8 de mayo de 1991 (Fotos de archivos del ICE). _____	269
75 Fotografía No. 5.1.68 Columna de vapor de agua y gases (y menormente piroclastos) eyectados hasta unos 2 ó 3 km sobre el cráter, observadas durante un sobrevuelo del día 8 de noviembre de 1995. _____	270
76 Fotografía No. 5.1.69 Depósitos de los lahares de noviembre de 1995 en el río Pénjamo (Fotografía de Guillermo Alvarado). _____	271
77 Fotografía No. 5.1.70 y No. 5.1.71 Vistas del cono del cráter Activo del Rincón de la Vieja desde el norte, mostrando los depósitos de las erupciones freáticas (en gris claro a lo largo de los cauces que bajan del borde del cráter). A la izquierda foto del 26 de setiembre del 2011 (cortesía de Gerardo Quesada) y a la derecha, del 14 de abril del 2012 (cortesía de Anabelle Córdoba). _____	273
78 Fotografía No. 5.1.72 “Zona de los Peladeros o de la Muerte” al oeste y WSW del cráter Activo del Rincón de la Vieja (Foto aérea del Instituto Geográfico Nacional). _____	276
79 Fotografía No. 5.1.73 Vista panorámica del CG Borinquen _____	312
80 Fotografía No. 5.1.74 Vista panorámica de la UP Agradacional _____	314
81 Fotografía No. 5.1.75 Vista panorámica de la UP Montañoso Colinado Erosional _____	315
82 Fotografía No. 5.1.76 Falda oeste del volcán Rincón de la Vieja ubicada en la unidad de paisaje Montañoso Escarpado. _____	316
83 Fotografía No. 5.1.77 Sitio de observación 1, Hotel Buena Vista _____	319
84 Fotografía No. 5.1.78 _____	320
85 Fotografía No. 5.1.79 Sitio de observación 2, Mirador Hotel Buena Vista _____	320
86 Fotografía No. 5.1.80 _____	321
87 Fotografía No. 5.1.81 Sitio de observación 3, Caballeriza Hotel Borinquen _____	321
88 Fotografía No. 5.1.82 _____	322
89 Fotografía No. 5.1.83 Sitio de observación 4, Camino Hotel Borinquen – Mirador _____	322
90 Fotografía No. 5.1.84 _____	323
91 Fotografía No. 5.1.85 Sitio de observación 5, Mirador Hotel Borinquen _____	324
92 Fotografía No. 5.1.86 _____	325
93 Fotografía No. 5.1.87 Sitio de observación 6, Hotel Borinquen (Sector alto) _____	325
94 Fotografía No. 5.1.88 _____	326
95 Fotografía No. 5.1.89 Sitio de observación 7, Hotel Borinquen (Sector medio) _____	326

96 Fotografía No. 5.1.90	327
97 Fotografía No. 5.1.91 Sitio de observación 8, Casa Hacienda Borinquen	327
98 Fotografía No. 5.1.92	328
99 Fotografía No. 5.1.93 Sitio de observación 9, Camino Hotel Borinquen	328
100 Fotografía No. 5.1.94	329
101 Fotografía No. 5.1.95 Sitios de observaciones, C.G. Borinquen	329
102 Fotografía No. 5.1.96	336
103 Fotografía No. 5.1.97	337
104 Fotografía No. 5.1.98	338
105 Fotografía No. 5.1.99	338
106 Fotografía No. 5.1.100	339
107 Fotografía No. 5.1.101	340
108 Fotografía No. 5.1.102	340
109 Fotografía No. 5.1.103	341
110 Fotografía No. 5.1.104	341
111 Fotografía No. 5.1.105	342
112 Fotografía No. 5.1.106	343
113 Fotografía No. 5.1.107	343
114 Fotografía No. 5.2.1 Al fondo se observa el bloque de bosque maduro de la asociación atmosférica de la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano localizado en el sector noroeste del campo geotérmico. Marzo 2- 2012.	353
115 Fotografía No. 5.2.2. Bosque maduro de la asociación atmosférica de la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano localizado en el sector noroeste del campo geotérmico, donde se ampliaría el camino existente y se instalaría la tubería de reinyección al P10. Abril 17 – 2012.	353
116 Fotografía No. 5.2.3. Vista de la plataforma PGB 5 en una fila con pastizal, a la izquierda de la misma se aprecia el bosque ripario del cañon de la quebrada Gata. La tubería bifásica de esta plataforma cruzaría el cañon boscoso de otro brazo de esta quebrada. Noviembre 14 – 2012.	354
117 Fotografía No. 5.2.4. Bosque ripario del cañon de la quebrada Gata, en la parte alta del pastizal de la margen izquierda se ubicaría la plataforma PGB 6. Mayo 25- 2012.	355
118 Fotografía No. 5.2.5. Vista de bloque de bosque secundario en la margen derecha del río Salitral, se aprecia la dominancia de pocas especies arbóreas como guácimo (Guazuma ulmifolia) junto con laurel (Cordia alliodora), gabilancillo (Albizia adonoccephala) y guarumo (Cecropia peltata) entre otros. En primer plano se nota la diferencia con los árboles de copas más frondosas del bosque ripario del río Salitral. Marzo 2-2012.	356
119 Fotografía No. 5.2.6. Sector de potrero con árboles aislados donde eventualmente se ubicaría la escombrera 2. Setiembre 7-2012.	358
120 Fotografía No. 5.2.7. Sitio de la escombrera 1 del Proyecto localizada en una depresión de un terreno con pastizal arbolado, cercano al sitio de la casa de máquinas 1 en el sector norte del campo geotérmico. Marzo 2012.	359
121 Fotografía No. 5.2.8 Potreros con árboles aislados del sector norte del campo geotérmico. Marzo 8-2012.	359
122 Fotografía No. 5.2.9. A la izquierda excretas de tepezcuintle (Cuniculus paca) y a la derecha la misma especie localizada a través de una cámara trampa.	362
123 Fotografía No. 5.2.10. Red de niebla para captura de murciélagos colocada en el borde del bosque. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.	363

124 Fotografía No. 5.2.11. Hembra de <i>Artibeus jamaicensis</i> , especie de murciélago de la cual se registraron mayor número de individuos en el estudio. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.	370
125 Fotografía No. 5.2.12. A la izquierda el zorro de balsa (<i>Caluromys derbianus</i>), observado en el sector del pozo 4, a la derecha un puercoespín (<i>Sphiggurus mexicanus</i>), localizado en el camino que comunica el pozo 9 con el pozo 10, ambos en áreas boscosas.	371
126 Fotografía No. 5.2.13. A la izquierda mono ardilla (<i>Ateles geoffroyi</i>), especie en peligro de extinción, a la derecha mono carablanca (<i>Cebus capucinus</i>), especie con poblaciones reducidas.	375
127 Fotografía No. 5.2.14. Manigordo (<i>Leopardus pardalis</i>), observado en el bosque aledaño al Pozo 4, una de las especies declaradas en peligro de extinción e incluida en el apéndice I de CITES.	375
128 Fotografía No. 5.2.15. Golondrina migratoria (<i>Hirundo rustica</i>).	377
129 Fotografía No. 5.2.16. Pava (<i>Crax rubra</i>)	383
130 Fotografía No. 5.2.17 Cernícalo americano (<i>Falco sparverius</i>)	384
131 Fotografía No. 5.2.18 Zorzal de Swainson (<i>Catharus ustulatus</i>)	385
132 Fotografía No. 5.2.19. Sapó (<i>Chaunus marinus</i>)	391
133 Fotografía No. 5.2.20. Chisbala (<i>Aspidoscelis deppi</i>)	392
134 Fotografía No. 5.2.21. Bocaráca (<i>Bothriechis schlegelii</i>)	392
135 Fotografía No. 5.2.22. Olomina (<i>Brachyrhaphis olomina</i>), especie de mayor abundancia en la zona de estudio	404
136 Fotografía No. 5.2.23. Barbudo (<i>Rhamdia laticauda</i>).	404
137 Fotografía No. 5.2.24. Mojarra (<i>Amphilophus alfari</i>) capturado en la Quebrada Las Imágenes, adulto.	405
138 Fotografía No. 5.2.25. Guapote (<i>Parachromis dovii</i>) capturado en la Quebrada Guapote, macho adulto	405
139 Fotografía No. 5.2.26. Mojarra Convicto (<i>Amatitlania nigrofasciata</i>) capturado en la Quebrada Guapote, macho adulto.	406
140 Fotografía No. 5.2.27. Tepemechín (<i>Agonostomus monticola</i>) capturado en el río Ahogados. Hembra madura con una longitud standart de 24 cm.	409
141 Fotografía No. 5.2.28. Anguila (<i>Symbranchus marmoratus</i>) capturado en la Quebrada Guapote.	409
142 Fotografía No. 5.2.29. Quebrada Gata, se muestra la coloración azulada de sus aguas.	414
143 Fotografía No. 5.2.30. Langostino (<i>Macrobrachium digueti</i>) capturado en el río Ahogados.	417
144 Fotografía No. 5.2.31. Cangrejo capturado en el río Salitral Pozo 3.	417
145 Fotografía No. 5.2.32. Muestra de insectos acuáticos encontrados en el río Salitral (Odonata-Zigoptera a la izquierda, Odonata-Libellulidae a la derecha, Ephemeroptera-Heptagenidae abajo al centro).	428
146 Fotografía No. 5.3.1 actividad productiva finca Albergue Buena Vista	450
147 Fotografías No. 5.3.2 Actividad ecuestre Eco-turística en desarrollo del Complejo Buena Vista (Caballeriza)	451
148 Fotografía No. 5.3.3 Ganadería de las fincas Borinquen con desarrollo especializado de la raza Pardo Suizo en coexistencia con una población pequeña de la raza Bufalino	452
149 Fotografía No. 5.3.4 Actividad ecuestre Eco-turística en desarrollo del Complejo Borinquen (Caballeriza).	453
150 Fotografías No. 5.3.5 Actividad ganadera de cría y desarrollo de Las Lilas.	454
151 Fotografías No. 5.3.6. Cultivos identificables en la vía de paso, caserío Pital	455

152 Fotografías No. 5.3.7 Camino de paso por el poblado de El Cedro, con producción de miel y tapa de dulce “Trapiche”.	456
153 Fotografías No. 5.3.8 Suministro a Agua. Centro de Acopio y Producción de Miel de Abeja Orgánica	457
154 Fotografía No. 5.3.9 Ciudad de Liberia	466
155 Fotografía No. 5.3.10 Entrada e instalaciones del hotel Buena Vista	476
156 Fotografía No. 5.3.11 Instalaciones del Hotel Borinquen Mountain Resort Spa	477
157 Fotografía No. 5.3.12 Parque Cañas Dulces - Salón Multiusos Cañas Dulces	478
158 Fotografía No. 5.3.13 Salón comunal de Buena Vista -Escuela de Buena Vista.	479
159 Fotografía No. 5.3.14 Comunidad El Cedro.	480
160 Fotografía No. 5.3.15 Camino principal comunidad El Pital- Entrada SPA Vandara.	481
161 Fotografía No. 5.3.16 Escuela de Curubandé - Iglesia católica y parque de Curubandé	483
162 Fotografía No. 5.3.17 Salón de la Asociación de Productores de Agua Fría- Comunidad de Agua Fría.	484
163 Fotografía No. 5.3.18 Comunidad Las Lilas	485
164 Fotografía No. 5.3.19 Escuela Marcelino García Flamenco.- EBAIS Quebrada Grande.- Fuerza pública Quebrada Grande- Transporte público Quebrada Grande.	486
165 Fotografía No. 5.3.20 Comunidad Los Ángeles	487
166 Fotografía No. 5.3.21 Curubandé Calles asfaltadas - Escuela-Guardia Rural- Iglesia Católica	500
167 Fotografía No. 5.3.22 Curubandé – Ebais –Parque	501
168 Fotografía No. 5.3.23 Comunidad Agua Fría- Salón Comunal	501
169 Fotografía No. 5.3.24 Comunidad El Cedro Toma de Agua El Cedro	502
170 Fotografía No. 5.3.25 Comunidad de Cañas Dulces: Colegio - Salón comunal- Ebais - Delegación Policial- Iglesia católica – Parque,- Escuela	503
171 Fotografía No. 5.3.26 Comunidad Buena Vista: Iglesia - Escuela Buenavista -Tanque agua potable ICAA - Salón Multiuso de la escuela- Ebais	504
172 Fotografía No. 5.3.27 Estructura y pavimento red vial. Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial	507
173 Fotografía No. 5.3.28 Puentes Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial	507
174 Fotografía No. 5.3.29 Estructura y pavimento Tramo de la intersección Interamericana- Cañas Dulces-Buenavista	509
175 Fotografía No. 5.3.30 Puentes Tramo de la intersección Interamericana- Cañas Dulces- Buenavista	509
176 Fotografía No. 5.3.31 puente río Tizate Tramo Buena Vista – Hoteles	513
177 Fotografía No. 5.3.32 Vado sobre río Blanco Tramo Aguas Frías – Curubandé	515
178 Fotografía No. 5.3.33 Corresponde al paso de agua N°2, sobre la Quebrada Perla, afluente del río Blanco ubicada a 400 metros al Norte de Curubandé en dirección a Agua Fría distrito de Cañas Dulces.	516
179 Fotografía No. 5.3.34 El paso N°3, corresponde al ubicado a 300 m aproximadamente al oeste del poblado de Agua Fría.	516
180 Fotografía No. 5.3.35 Tramo Camino los Coyotes- El Cedro	518
181 Fotografía No. 5.3.36 Paso de aguas tramo Camino los Coyotes- El Cedro	518
182 Fotografía No. 5.3.37 Ejemplo de los drenajes a los lados de los caminos.	519
183 Fotografía No. 5.3.38 Reunión en la comunidad Buena Vista (1ª etapa)	536
184 Fotografía No. 5.339 Reunión Comunidad Agua Fria (1ª etapa)	536
185 Fotografía No. 5.3.40 Reunión Comunidad Las Lilas (2ª etapa)	538

186 Fotografía No. 5.3.41 Volante de invitación o convocatoria para la reunión con las Comunidades: El Cedro, Buena Vista, Cañas Dulces y El Pital (2ª etapa) el cual pegado en sitio frecuentados por las habitantes de esas comunidades.	538
187 Fotografía No. 5.3.42 Reproducción de un petroglifo, sitio arqueológico Olivares	550
188 Fotografía No. 5.3.43 Perfil en corte de camino cercano la plataforma 5, donde se puede apreciar la estratigrafía del lugar, sitio Panales	559
189 Fotografía No. 5.3.44 Pilares de piedra observados en el sector funerario, sitio Los Planes	564
190 Fotografías No. 5.3.45 y 5.3.46 Izquierda escultura en piedra semienterrada, sitio Berlín. Derecha mojón encontrado en el sitio Fortuna, obsérvese al fondo el cerro del mismo nombre	568
191 Fotografía No. 5.3.47 Nótese la cantidad de lajas producto del saqueo, sitio Dos Quebradas	570
192 Fotografía No. 5.3.48 Petroglifo 1: sitio La Lilas, representación de máscaras	578
193 Fotografía No. 5.3.39 Diseño complejo muy deteriorado en petroglifo 5, sitio Las Lilas	580
194 Fotografía No. 5.3.40 y No. 5.3.41 Izquierda obsérvese en la parte superior del grabado 54 afiladores que parecen formar parte del diseño. Derecha escultura arqueológica inconclusa, sitio Los Ahogados	580
195 Fotografías No. 5.3.42 y No. 5.3.43 Izquierda petroglifo 50, destaca un triángulo invertido sobre otro que según algunos investigadores puede tratarse de la representación de la constelación de Orión. Derecha posible reloj solar o representación del astro rey, sitio arqueológico Los Ahogados.	581
196 Fotografía No. 5.3.44 y No. 5.3.45 Izquierda petroglifo 47 presenta diseño complejo. Derecha figura antropomorfa en grabado 28, sitio Ahogados.	581
197 Fotografía No. 5.3.46 Obsérvese el símbolo cruciforme del petroglifo 10, sitio Indio Pintado	582
198 Fotografía No. 5.3.47 Representación de figura antropomorfa, petroglifo 4, sitio Indio Pintado	583
199 Fotografía No. 5.3.48 Diseño de una máscara, petroglifo 3, sitio Indio Pintado.	583
200 Fotografías No. 5.3.49 y No. 5.3.50 Caras antropomorfas con tocado, petroglifos 4 y 5. El grabado de la derecha presenta afiladores en la parte superior de la roca, sitio Las Imágenes.	584
201 Fotografías No. 5.3.51 Escena donde se ejemplifica quizás un ritual, destacándose personajes con plumajes.	585
202 Fotografía No. 5.3.52 Poza de la Quebrada Grande	598
203 Fotografía No. 5.3.53 Iglesia de Quebrada Grande	599
204 Fotografía No. 5.3.54 Srs. Teodosio Brizuela V. y Demetrio Guido G., vecinos de Quebrada Grande	600
205 Fotografía No. 5.3.55 Iglesia católica de Cañas Dulces.	604
206 Fotografía No. 5.3.56 “Ojo de Agua” fuente del acueducto de Cedros	605
207 Fotografía No. 5.3.57 Iglesia católica de Curubandé	606
208 Fotografía No. 5.3.58 Salón de la Asociación de Productores de Agua Fría	607
209 Fotografía No. 5.3.59 Poza del Río Tizate en Cañas Dulces	608
210 Fotografía No. 8.2.1 Utilización del paso sobre el río Blanco.	730
211 Fotografía No. 8.2.2 Comunidad de Curubandé.	732

1. DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA)

El P.G. Borinquen se encuentra actualmente en la etapa de factibilidad. Según lo especificado en el Programa de Estudios de Pre-inversión Convenio CCLIP BID-ICE, dicha etapa incluye la perforación exploratoria profunda de 5/6 pozos, para disponer de 3 o 4 pozos productores y por lo menos 1 o 2 pozos de reinyección. El cronograma del mismo convenio prevé que las actividades de perforación (en la hipótesis de 5 pozos) sean completadas dentro de finales del año 2013, de manera que a la mitad del 2014 sea posible completar el informe de factibilidad.

A la fecha los estudios geo científicos han sido completados, se han perforado una veintena de pozos para medir el gradiente térmico, distribuidos sobre una superficie de aproximadamente 9 km² y se habían perforado además dos pozos exploratorios profundos el PGB-01 productor y PGB-03 reinyectar, el primero de los cuales resultó de interés comercial y el segundo con baja permeabilidad. En la actualidad se está en la conclusión del proceso de perforación de dos pozos exploratorios adicionales el PGB-02 y el PGB-05. Bajo esta situación se necesitan unos 2 pozos profundos más, para poder proceder con la ingeniería del reservorio.

Los estudios geo científicos completados:

- Levantamiento geo vulcanológico, integrado por interpretación de imágenes de satélite y fotos aéreas y por análisis petrográficos
- Estudio geoquímico de los fluidos (aguas y gases)
- Investigaciones geofísicas (gravimetría, MT, TDEM, CSAMT)

Los pozos exploratorios profundos PGB-01 y PGB-03, ubicados a una distancia de unos 2 km, revelaron condiciones térmicas totalmente distintas. En PGB-01 la temperatura sube hasta una profundidad de 1000 m, con un gradiente de 30° C/100 m hasta 550 m y de 10° C/100 m entre 550 y 1000 m, manteniéndose a 245 °C entre 1000 y 2000 m y subiendo a 270 °C en el tramo final. El pozo PGB-03, por otro lado, tiene desde su comienzo un gradiente bastante regular de 9 °C/100 m, alcanzando una temperatura de 190 °C a la profundidad de 1800 m; por debajo la temperatura parece estabilizarse.

En adición a las plataformas de perforación de los pozos PGB-01 y PGB-03 se han identificado 13 diferentes sitios o plataformas potenciales para la perforación futura, que se clasifican en tres categorías distintas:

- Sitios escogidos por ICE, con plataforma ya preparada: PGB-02, 04, 05 y 09.
- Sitios escogidos por ICE, sin plataforma: PGB-06, 07, 08 y 10.
- Plataformas proyectadas adicionales (sitios aún no definidos): PGB-11, 12, 13

Para efectos del estudio de impacto ambiental del campo geotérmico Borinquen definió un área de 28 km² Hoja IGN Curubandé – Cacao, coordenadas planas CRTM05, el AP se ubica en el cuadrante, 341266,845 N y 1198763,567 W, 348752,179 N y 1198764,993 W, 345688,775 N y 1194251,751 W, 341258,301 N y 1194249,674 W, mientras que el AID se encuentra en 340764,454 N y 1199572,390 W, 349269,247 N y 1199565,563 W, 347259,619 N y 1193751,007 W, 340759,031 N y 1193749,645 W. Ver la Figura No. 3.1.1.

El campo geotérmico Borinquen se ubica en el distrito 2^o Cañas Dulces del cantón 1^o Liberia de la provincia de Guanacaste

En el mismo plano base, ver la Figura No. 3.1.1, se presenta la distribución del desarrollo del futuro campo geotérmico Borinquen, como se puede apreciar se trata de la construcción de dos centrales geotérmicas de modalidad vapor o fasheo simple separadas por 2.1 km, dividiendo el campo geotérmico (CG) en dos bloques o secciones: Norte - Sur, ambas tendrán una potencial nominal de 55 MW. De éstas la ubicada en la sección Sur del CG tendrá una distribución conformada por tres edificaciones principales debidamente articuladas a saber: casa de máquinas, torre de enfriamiento y subestación ocupando una extensión aproximada de 2 Ha, la ubicada en la Sección Norte contará con las dos primeras edificaciones señaladas y se conectará a la subestación de la primera para la salida en un solo bloque al Sistema Nacional Interconectado. A la fecha se identificado 13 plazoletas o plataformas de perforación profunda (explotación – reinyección) multi-pozo de modalidad convencional y direccional con un trazado de tuberías de conducción (bifásicas –reinyección) en la sección Norte con una longitud aproximada 8 km y en su sección Sur 4 km. Es un esquema de distribución de una central geotérmica modalidad vapor y el esquema de un campo geotérmico bajo explotación.

En el Cuadro No. 4.1.1 se presenta el perfil de construcción del proyecto que resume los componentes de un campo geotérmico bajo explotación.

Las obras de transmisión para el presente caso se centralizarán en la construcción de la subestación reguladora encapsulada o compacta. En lo concerniente a la salida de la energía se utilizara la servidumbre del corredor de la línea de transmisión (LT) del proyecto Eólico de Orosí de 230 Kv de circuito simple, LT aún no construida que atravesará el área de proyecto del PGB y que se conectará con la Subestación del PG Pailas de allí al Sistema Nacional Interconectado.

En el Cuadro No. 3.1.1 se muestra el desglose del monto global de inversión del proyecto.

Estimación del Recurso

El potencial del recurso ha sido estimado utilizando el método volumétrico combinado con el método estadístico de Monte Carlo. Se utilizó información tal

como la extensión del área y el espesor del yacimiento geotérmico (deducida de los resultados de la exploración electromagnética) y la temperatura a profundidad, derivada de los pozos exploratorios profundos y de la interpretación de la geoquímica de superficie. El potencial del recurso fue estimado que es equivalente a 110 MWe de generación con un nivel de certidumbre probabilístico del 50%. Como consecuencia de esto, el ICE inició el presente estudio de impacto ambiental y asumiendo un desarrollo máximo posible de 110 MW.

Evaluación Ambiental

Para el presente estudio de impacto ambiental (EsIA) se elaboró una matriz interactiva causa – efecto con las 20 mega-acciones (resumen) a desarrollarse durante la fase de construcción y operación del proyecto, las cuales se interactuaron con 35 factores ambientales distribuidos en 10 componentes de los tres medios de su entorno a saber: Medio Físico - Medio Biológico- Medio Humano.

Para ello se contó con el apoyo de la guía del instructivo: Decreto N° 32966-MINAE Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)- Parte IV “Guía -Estudios de Impacto Ambiental y Pronósticos-Plan de Gestión Ambiental, valoración de los impactos ambientales y Términos de Referencia”, del 20 de febrero del 2006. Así como el Decreto No 32079 Manual EIA parte I D1 y D2 y Código de Buenas Prácticas.

La metodología propuesta establece la denominada Matriz de Importancia de Impacto Ambiental (MIIA), utilizada por la SETENA desde el año 1997, según su Resolución 588 – 1997, así como la valoración de impactos relevantes incluyendo la formula siguiente

Como resultado de ello el equipo multidisciplinario de trabajo del presente EsIA identificó un total inicial de 193 impactos desde la modalidad de relevancia mínima o compatible con su entorno hasta críticos o del alta significancia ambiental (SIA). En esta última categoría de impacto se identificaron un total de siete impactos específicamente en la variable ambiental denominada Factor Humano, el mayor número de los impactos fueron ubicados entre las categorías de importancia de moderados a severos.

Impactos que fueron sintetizados en el Cuadro No. 8.2.1 Pronóstico Plan de Gestión Ambiental, según el medio del entorno (Físico – Biológico –Humano) y a las obras civiles asociadas a la salida y alimentación eléctrica: Transmisión y Distribución. Como se puede apreciar el número de impactos finales sobre los que se establecieron las medidas ambientales respectivas según el medio es el siguiente: Medio Físico: 24 - Medio Biológico 12 - Medio Humano 26 – Obras de Transmisión 8 – Obras Línea de Distribución 6, sumando un total de 76 impactos con un igual números de medidas ambientales formuladas o propuestas.

En cuanto al costo de la implementación del PGA éste se identificó únicamente en aquellas medidas en que las tareas recomendadas a ejecutar no están del todo contempladas en el presupuesto de construcción y de operación del proyecto elaborado por la Unidad de Ingeniería del Proyecto. En total este suma un monto de US\$ 3 542 000 (tres millones quinientos cuarenta y dos mil dólares).

A continuación se transcriben los 30 compromisos ambientales más relevantes citados en el pronóstico plan de gestión ambiental (PGA). Ello no excluye el resto de los compromisos citados en el Cuadro No. 8.2.1.

1. No se permitirá el uso de maquinaria, equipo o vehículos que presenten fugas de aceites, combustibles, ruptura en los sistemas de escape, ni desperfectos en los sistemas catalizadores.
2. Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de inmisiones de gases (H_2S , CO_2) en puntos cercanos a áreas pobladas y dentro de la planta de generación (mínimo un monitoreo por trimestre).
3. Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de la evolución del pH de las lluvias. (mínimo un monitoreo por mes).
4. Previo a la apertura de pozos, o pruebas de producción u operación, se deben colocar en el sitio, equipos para la medición de H_2S y CO_2 , Estos equipos deben contar con alarmas audibles (10 ppm de H_2S , 5000 ppm de CO_2), que permitan a los encargados de los procesos tomar medidas para resguardar la integridad de los trabajadores.
5. Sitios Poblados. Cuando el movimiento de vehículos sea continuo deberán implementarse medidas para reducir la cantidad de polvo levantado. Deberá elaborarse un plan de acción en donde queden claramente identificadas las zonas críticas, y las medidas a implementar para controlar el impacto.
6. En sitios poblados, los vehículos deberán circular a velocidades máximas de 25 km/h. Todos los conductores deberán estar informados sobre estas restricciones.
7. Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en zonas pobladas cercanas a los sitios de trabajo, en estas áreas los niveles máximos permitidos serán los indicados por la legislación (65 dBA diurno y 45 dBA nocturno). Las mediciones realizadas deberán ser periódicas y se mantendrá un registro de los resultados obtenidos.
8. Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en los sitios de trabajo, en estas áreas los trabajadores deberán contar con los sistemas de protección adecuados.
9. Construir sistemas de conducción de aguas en los caminos de manera que se reduzca la velocidad de las aguas para reducir los efectos erosivos.

10. Cualquier almacenamiento de combustibles o lubricantes en los sitios de trabajo, deberá contar con diques de contención que garanticen que cualquier derrame será manejado de manera adecuada
11. Se debe establecer un programa para el monitoreo de las aguas superficiales dentro del área de proyecto. (Mensual al menos en los primeros cinco años de operación)
12. Todo el personal deberá ser capacitado en materia de manejo de residuos, tanto ordinarios (domiciliarios) como peligrosos.
13. Todos los residuos como aguas negras, aguas servidas y de tipo similar, deben dirigirse a sistemas de tratamientos de aguas ajustados a lo señalado en el marco normativo del Ministerio de Salud. No podrá depositarse desechos líquidos en ningún tipo de fosas o sistemas que no estén aprobados por los entes públicos competentes.
14. Las excavaciones deben limitarse al área estrictamente necesaria y con planificación para un mínimo efecto ambiental. Los movimientos de tierra deben hacerse de forma ordenada y con manejo de aguas, evitando que el suelo suelto se deslice ocasionando problemas de erosión con alteración a otros ecosistemas. La capa superior de suelo (Horizonte A) debe apartarse para utilizarla posteriormente en revegetación, mejoramiento paisajístico, para estabilización y revegetación de taludes, riberas, cortes y zonas verdes, mejorar el paisaje o para mantener el crecimiento de la vegetación y controlar la erosión.
15. No se permitirá enterrar ningún residuo sólido urbano, especial, del proceso constructivo u otro residuo que pueda afectar las condiciones del entorno y del suelo.
16. Trazado de rutas de tuberías y trochas de acceso para excavación y montaje, reduciendo en la medida de lo posible la corta de árboles gruesos de diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 40 cm., particularmente de especies de mayor importancia ecológica, ver Cuadro No. 5.2.1. Brindar capacitación y emplear personal calificado y técnicas de tala dirigida, además realizar el arrastre de trozas con cable o aserrar in situ para reducir daños al ecosistema.
17. Elaboración de planes del acondicionamiento final de las escombreras, contemplando conformación, confección de obras de manejo de escorrentía y control de erosión, descompactación del terreno, colocación de capa superior de suelo orgánico de al menos 30 cm de grosor y reforestación.
18. Debe realizarse un monitoreo mensual de mamíferos en las áreas intervenidas, para determinar tanto el impacto real, como la efectividad de la medida propuesta e implementar correcciones de ser necesario y se debe continuar el monitoreo mensual durante un año, al menos al año y cinco años después del inicio de la fase operativa del proyecto, cuando las áreas reforestadas hayan alcanzado cierta madurez.
19. Considerar desde el diseño, infraestructura con aislante de ruido.

20. Instalación de luminarias de luz amarilla o la recomendada para reducir la afectación a la fauna por contaminación lumínica, o luces de neón (por ser más opacas), los dispositivos de alumbrado (lámparas), deben estar diseñados de forma que la iluminación se dirija hacia el suelo y no hacia arriba ni hacia los lados, para reducir la influencia de la luz hacia áreas aledañas.
21. Diseños de las edificaciones ajustados en la medida de lo posible a las formas y color del paisaje natural e implementación de vallas o pantallas vegetales que cumplan un papel de camuflaje o enmascaramiento.
22. Formular y ejecutar un plan de relación con las comunidades, para ello se debe constituir un Comité de Enlace con representantes de las comunidades del AID asignados por las organizaciones sociales de éstas.
23. Se dispondrá de un equipo técnico y social preparado para atender los impactos acumulativos y sinérgicos del medio social de los proyectos geotérmicos en la zona.
24. Coordinar con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) la realización de un diagnóstico de necesidades de capacitación para las comunidades del área de influencia social.
25. Elaborar e implementar un plan de educación ambiental para los centros educativos ubicados en las comunidades del área de influencia social.
26. Contratar en la medida de lo posible no menos del 60% de mano de obra local, específicamente de las comunidades del área de influencia social. Se fomentará la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres.
27. Colocar rotulación y señalización vial cercana a las instalaciones de los hoteles Borinquen y Buena Vista que indique los trabajos que se están realizando y la advertencia de la entrada y salida de vehículos y maquinaria pesada. La señalización debe estar traducida al idioma inglés debido a que muchos turistas son extranjeros.
28. Se deberán realizar evaluaciones arqueológicas en aquellos terrenos destinados a la construcción de obras donde se identificaron sitios arqueológicos.
29. Diseñar e implementar un plan de gestión integral de residuos en el campamento y frentes de trabajo.
30. Mejorar la infraestructura vial de cada una de las comunidades, en los trayectos utilizados por el proyecto. Lo cual incluye valoración estructural y geotécnica de los puentes y su eventual reparación o reconstrucción, cambio de alcantarillas y mantenimiento de la carpeta asfáltica

2. INTRODUCCIÓN

Nuestro país tiene como objetivo el lograr ser el primer país "carbono-neutral" del mundo para el año 2021, tarea que implica reducir a nivel cero las emisiones nacionales netas de CO₂. Este objetivo fue puesto en marcha en el 2007 por la anterior administración, habiendo también la actual administración comprometido esfuerzos para lograr ese objetivo como una de las prioridades del país. Por otro lado, la demanda de electricidad se está incrementando a un promedio anual de 5% y es indispensable expandir la capacidad de generación en el país. En el 2011, la capacidad instalada total del país es 2590 MW (hidro 65%, térmica 21%, geotérmica 8%, eólica 5% y biomasa 1%). La conservación del medio ambiente y la reducción de la dependencia de la importación de combustibles fósiles son los temas particularmente importantes en la política energética del país. En este sentido, el "Plan Nacional de Desarrollo 2014-2021" fijó el objetivo de lograr que el 95% de la generación eléctrica en el año 2021 sea con energías renovables.

En el "Plan de Expansión de Generación Eléctrica 2012-2024" elaborado por el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad), considera importante la diversificación de las fuentes de generación a través de la utilización de energías renovables como ser la energía geotérmica y la eólica. Mientras que el potencial geotérmico del país se estima en aproximadamente 865 MW, la utilización actual de este para generación eléctrica es solamente 205 MW. Por lo tanto, todavía existe gran potencial no utilizado.

Con el objeto de ampliar la capacidad de generación eléctrica en el recurso geotérmico se busca instalar capacidad de generación en el campo geotérmico de Borinquen.

En la visita realizada por la Señora Presidenta de la República Licda. Laura Chinchilla en el mes de diciembre del 2011 a Japón se firmó un acuerdo con el Gobierno de ese país para iniciar con los trámites de un crédito sectorial para financiar la instalación de dicho campo geotérmico que operaría con vapor resultado de un paso de separación, similar a las ubicadas en el campo geotérmico de Miravalles y conocidas como Miravalles 1, 2 y 3.

El estudio de factibilidad de este proyecto se está llevando a cabo con el apoyo de la firma consultora japonesa West Japan Engineering Consultants, Inc. (West JEC) patrocinada directamente por "Japan International Cooperation Agency" (JICA) del Gobierno de Japón, al amparo de una Cooperación Técnica reembolsable otorgada al ICE según acuerdos suscritos por la Presidencia Ejecutiva y las Gerencias de Electricidad y de Finanzas del ICE con JICA.

El potencial del recurso fue estimado en el sector de Borinquen (pie de monte de la ladera Nor- oeste del macizo volcánico Rincón de la Vieja) es equivalente a 110 MWe de generación con un nivel de certidumbre probabilístico del 50%. Como

consecuencia de esto, el ICE inició el presente estudio de impacto ambiental y asumiendo un desarrollo máximo posible de 110 MW.

3. INFORMACIÓN GENERAL

3.1. Descripción del Proyecto y Alternativas

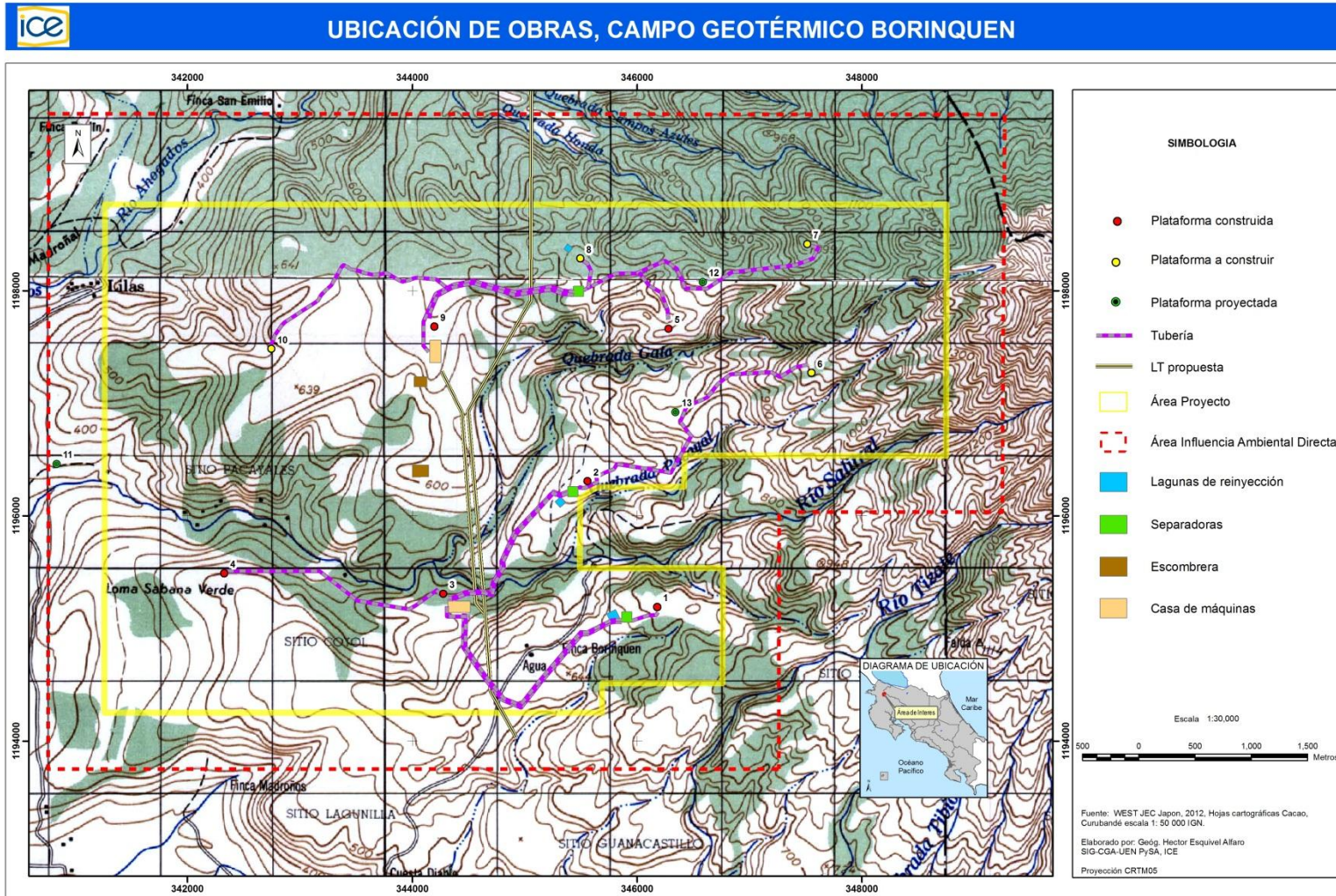
3.1.1 Información general

3.1.1.1 Componentes del proyecto

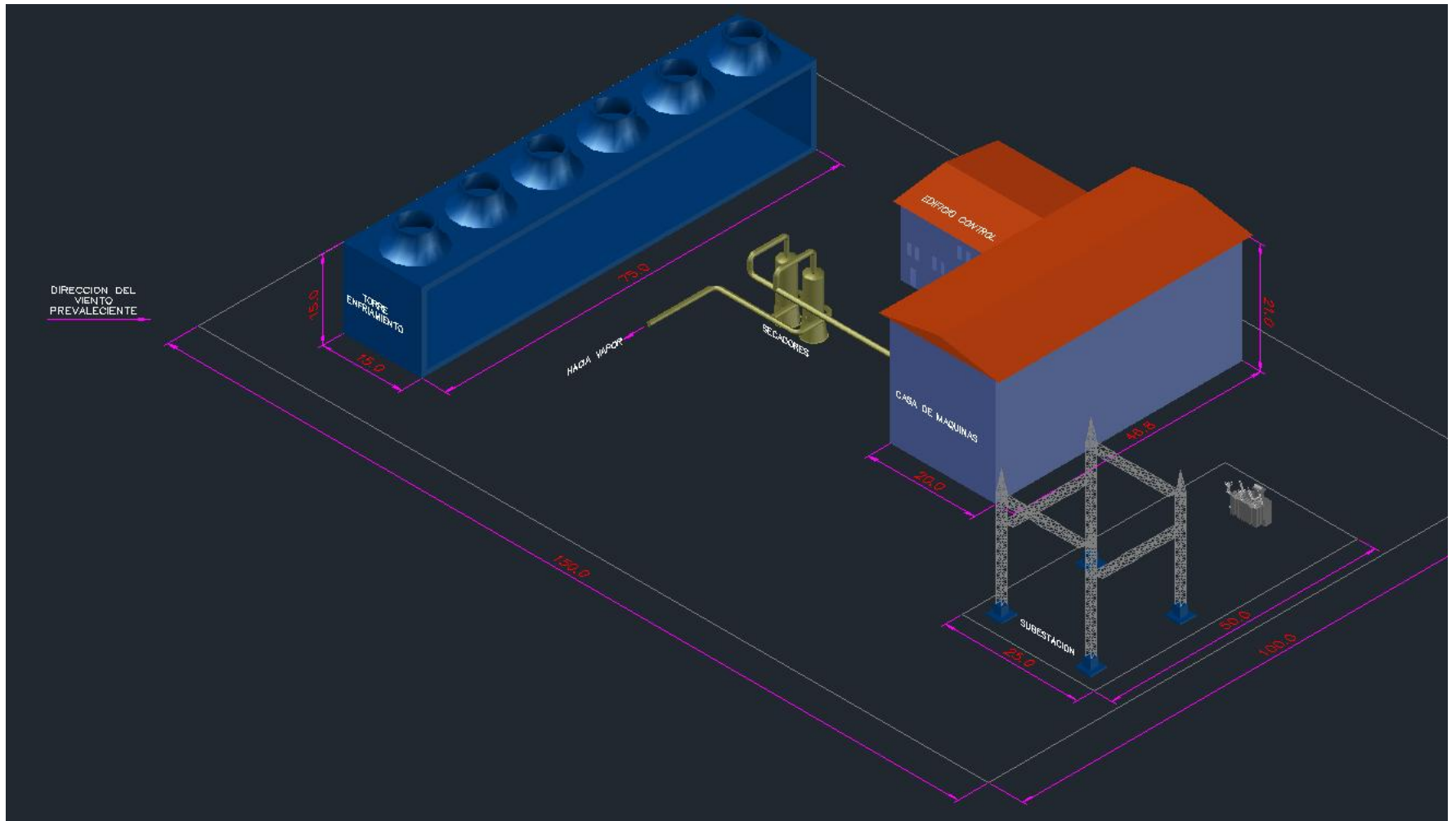
En la Figura No. 3.1.1, se presenta el plano base de la distribución del desarrollo del futuro campo geotérmico Borinquen, como se puede apreciar se trata de la construcción de dos centrales geotérmicas de modalidad vapor o fasheo simple separadas por 2.1 km, dividiendo el campo geotérmico en dos bloques o secciones: Norte - Sur, ambas tendrán una potencial nominal de 55 MW. Éstas tendrán una distribución conformada por tres edificaciones principales debidamente articuladas a saber: casa de máquinas, torre de enfriamiento y subestación (compartirán una sola subestación) ocupando una extensión aproximada de 2 Ha se adjunta esquema de distribución, ver la Figura No. 3.1.2. En la Figura No. 3.1.3 se presenta un esquema de un campo geotérmico bajo explotación.

A la fecha se han identificado 13 plazoletas o plataformas de perforación profunda (explotación – reinyección) multi-pozo de modalidad convencional y direccional, ver la Figura No. 3.1.1, con un trazado de tuberías de conducción (bifásicas – reinyección) en la sección Norte con una longitud aproximada 8 km y en su sección Sur 4 km. La extensión total del campo geotérmico o el área del proyecto es de 28 Km².

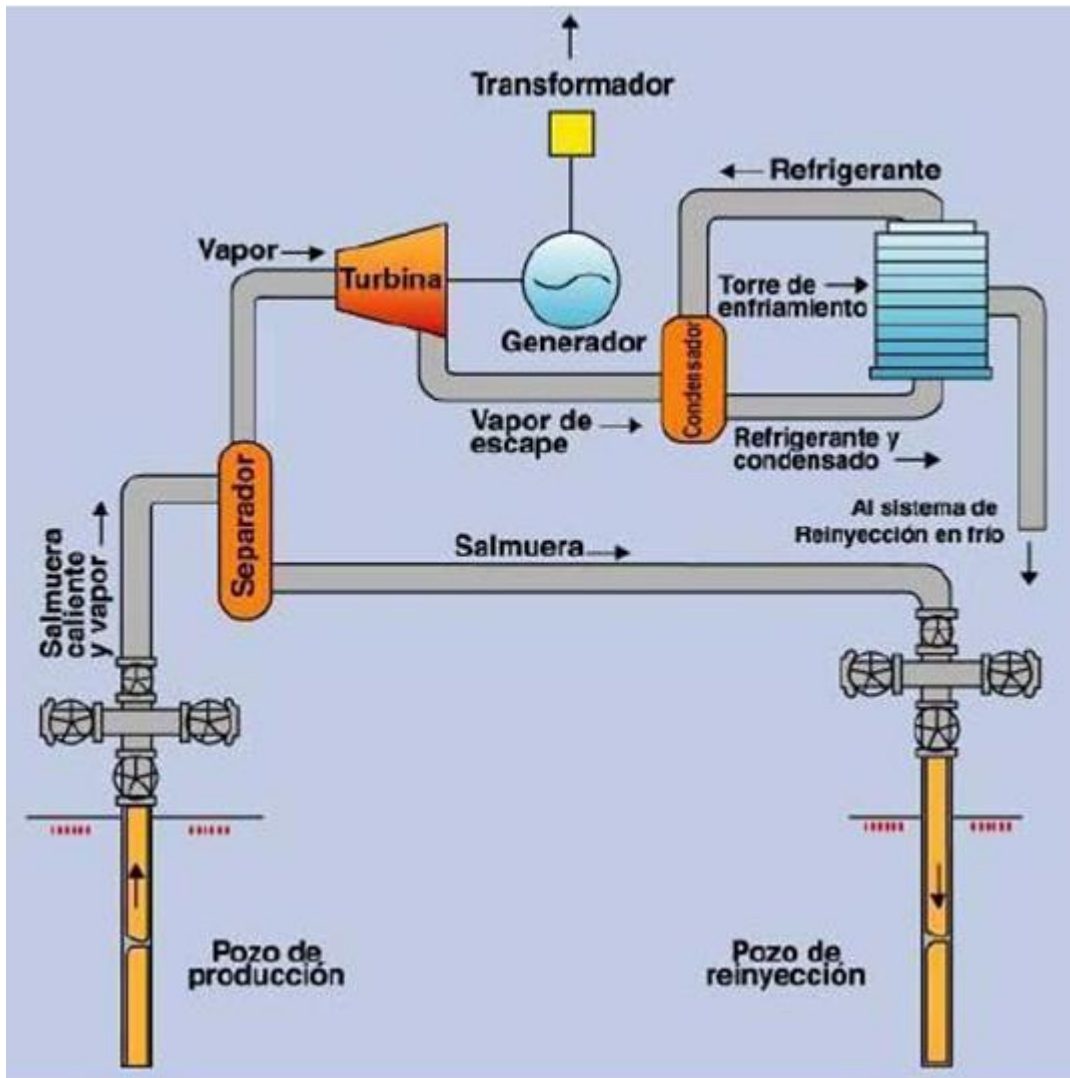
1 Figura No. 3.1.1 Plano base de la distribución del desarrollo del futuro campo geotérmico Borinquen.



2 Figura No. 3 1.2 Esquema de distribución de la central geotérmica



3 Figura No. 3.1.3 Esquema de un campo geotérmico bajo explotación




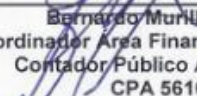
3.1.1.2 Costo global de la inversión

En el cuadro No. 3.1.1 se desglosa el costo estimado del Proyecto Geotérmico Borinquen, elaborado por el Área de Ingeniería Económica de la UEN de Proyectos y Servicios Asociados y avalado por el auditor público autorizado Lic. Bernardo Murillo Arias CPA 5616

1 Cuadro No. 3.1.1 Presupuesto PG Borinquen I y II

PRESUPUESTO P.G. BORINQUEN I Y II (2 X 55 MW)	
PARTIDA	MONTO \$
ADMINISTRACION	22,644,438
CASA DE MAQUINAS	43,036,344
INFR. EJECUCION	13,504,690
OBRAS SUPERFICIALES	69,871,460
POLIZA DE CONSTRUCCIÓN	4,842,410
POZOS TERRAZAS	9,263,509
POZOS PERFORACION	138,730,436
ST-LT	9,804,748
EQUIPO C.M.	167,462,784
IMPORTACIÓN EQUIPOS C.M.	41,195,845
DISEÑO DE CAMPO	3,903,664
GESTIÓN AMBIENTAL	4,875,896
CONSULTORIA CAMPO Y C.M.	2,500,000
TERRENOS	2,477,875
COSTO DIRECTO	534,114,100
INTERESES	28,921,816
IMPREVISTOS	29,290,992
ESCALAMIENTO	26,956,538
COSTO FINANCIERO Y CONTIGENCIA	85,169,346
TOTAL GENERAL	619,283,446


 Miguel Hernández Alfaro
 Coordinador Área Ingeniería Económica


 Bernardo Murillo Arias
 Coordinador Área Financiero Contable
 Contador Público Autorizado
 CPA 5616


3.1.1.3 Información sobre la persona física o jurídica

Que con vista en la Sección de Personas del Registro Público, al tomo dos mil trece, asiento ciento diez mil setecientos cincuenta y cuatro, consecutivo uno, secuencia uno el señor **LUIS ENRIQUE PACHECO MORGAN**, mayor, casado una vez, ingeniero químico con maestría en Administración de Negocios, vecino de San Antonio de Desamparados, cédula de identidad número: uno-cuatrocientos sesenta y dos-novecientos dos, es **APODERADO GENERALÍSIMO SIN LÍMITE DE SUMA, del INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD**, entidad autónoma de este domicilio, con cédula jurídica número cuatro-cero cero cero - cero cuarenta y dos mil ciento treinta. Dicho poder se encuentra vigente. Ver Anexo No. 3.1.1

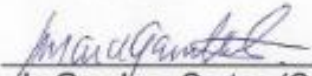
3.1.1.4 Información sobre el equipo profesional que elaboró el EIA

El presente Estudio de Impacto Ambiental responde a la continuación del proceso de evaluación ambiental que fue solicitado al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (Setena) en su resolución No. 2462-2012 en respuesta al Expediente Administrativo D1 - 8715 - 2012 SETENA EsIA Proyecto Geotérmico Borinquen. POR TANTO PRIMERO - Formulario de Términos de Referencia para la Elaboración de Estudio de Impacto Ambiental. Ver Anexo No. 3.1.2.

Fue elaborado por el siguiente equipo profesional



Geógrafo Rogelio Zeledón Ureña (Coordinador del EsIA)
Número Registro Consultor en la Setena CI 056 - 96



Socióloga Marcela Gamboa Cortes (Coordinador Área Social)
Número Registro Consultor en la Setena CI 0069-07



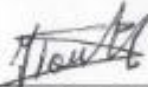
Arqueóloga Ana Cristina Hernández Alpizar (Coordinador Área Arqueología)
Número Registro Consultor en la Setena CI 0030-99



Biólogo Alex Molina Arias (Coordinador Área Biología)
Número Registro Consultor en la Setena CI. 0140-06



Geólogo Fernando Molina Zúñiga (Geología)
Número Registro Consultor en la Setena CI 0149-98



Química Yalile Torres Mora (Química)
Número Registro Consultor en la Setena CI 039-13



Ingeniero Civil Orlando Murillo Alvarado (Ingeniería Civil)
Número Registro Consultor en la Setena CI 0084-06

A este equipo de trabajo se le unió el siguiente número de profesionales:

Nombre del profesional	Sección Temática
West Japan Engineering Consultants, Inc. Fukuoka Japón (West JEC)	Descripción Técnica – Geocientífica del Proyecto
Ing. Jesús Vásquez V	Descripción Fase Construcción
MSc. Hannie Achio Fuentes	Descripción Fase Operación
Geóg. Randall Acuña Torres	Descripción Obras de Transmisión
Licda. Ana María Bolaños Calderón	Marco Jurídico
Lic. Meteorología Berny Fallas López	Clima
Ing. Jeffry Luna Gutiérrez	Recursos Hídricos
Ing. Ivannia Solano A.	Caracterización Geotécnica
Geóg. Oscar Barrientos Ortíz	Geomorfología
Ing. Agrónomo Miguel Chinchilla Acuña	Suelos
Geól Waldo Taylor Castillo	Sismología
Geól Gerardo J. Soto	Amenaza volcánica-Plan Contingencias
Ing. Hartman Guido Sequeira	Calidad del aire
Ing. Luis Garita Arce	Corrosión
Geóg. Héctor Esquivel Alfaro	Paisaje
Ing. Fort. Rolando Núñez González	Flora
Biól. Rosibel Barrantes Barrantes	Mastofauna
Biól. Carlos Arrieta Quesada	Ornitofauna -Herpetofauna
Biól. Francisco Quesada Alvarado.	Macro Invertebrados acuáticos
Ing. Agrónomo William García Arias	Uso de la tierra
MSc. Vladimir Mesén Montenegro	Percepción local del proyecto
Ing. Orlando Murillo Alvarado	Infraestructura Comunal
MSc. Maritza Rojas Molina	Estrategia Comunicación Ambiental
Arqueólogo Luis A. Sánchez Herrera	Arqueología Campo
Arqueólogo Danny Orozco Solano	Arqueología Campo
Geóg. Victoria Villalobos Rodríguez	Entorno espacial, histórico y cultural
Geóg. Joaquín Méndez Arguello	Sistema de información geográfica
Ing. Didier Ugalde Rodríguez	Descripción Fase Construcción
Bach. Andrea Espinoza Delgado	Colaboración en la edición

Además se contó con la colaboración del personal profesional de los siguientes centros de trabajo:

- Personal de equipo de ingeniería civil del CS Diseño
- Personal de equipo de ingeniería del Proyecto Geotérmico Pailas
- Personal de equipo de ingeniería de la UEN Producción
- Personal de equipo de geo ciencias del CS Recursos Geotérmicos
- Personal de equipo de ingeniería de la UEN Transporte de Energía
- Personal de la Unidad Gestión de Proyectos del CS Gestión Ambiental
- Personal administrativo y técnico del CS Gestión Ambiental

3.1.1.5 Términos de referencia del EIA

En el Anexo No.3.1.2 se adjunta copia de los términos de referencia emitidos por la Setena en su resolución No. 2462-2012 en respuesta al Expediente Administrativo D1 .8715-2012 SETENA para la elaboración del presente EsIA del Proyecto Proyecto Geotérmico Borinquen.

A continuación se presenta el cuadro con los términos de referencia emitidos en la resolución citada, como una guía general para la elaboración del presente EsIA, la Coordinación hace ver que todos los temas allí señaladas más otros fueron incluidos lo que varió fue el orden de su tratamiento debido a las características del entorno y al tipo de proyecto en algunos casos fue necesario ajustar el orden temático al índice del EsIA.

	TEMA
1	Índice
2.	Declaratoria de Impacto Ambiental
3.	Introducción
4.	Información General
4.1	Información sobre la persona Física o Jurídica (Certificados)
4.2	Información sobre el equipo profesional que elaboró el EIA
4.3	Términos de referencia del EIA
5	Descripción del Proyecto
5.1	Ubicación geográfica
5.2	Ubicación Política –Administrativa
5.3	Justificación técnica del Proyecto
5.4	Concordancia con el plan de uso de la tierra
5.5	Área estimada del proyecto y su área de influencia
5.6	Fase de desarrollo
	- Actividades a realizar en cada fase de desarrollo
	- Tiempo de ejecución
	- Flujograma de actividades

	- Infraestructura a desarrollar
5.7	Fase de Construcción
5.7.1	Equipo y materiales a utilizar
	- Materiales a utilizar
	- Rutas de Movilización de equipo
	- Frecuencia de movilización
	- Mapeo de rutas más transitables por efecto del proyecto, incluyendo accesos
5.7.2	Necesidades de recursos durante esta fase
	- Agua
	- Energía Eléctrica
	- Alcantarillado (Aguas servidas)
	- Vías de acceso
	- Mano de obra
	- Campamentos
	- Otros
5.7.3	Disposición de desechos y residuos ordinarios especiales, industriales, peligrosos
	- Sólidos
	- Líquidos (incluyendo drenajes)
	- Gaseosos
	- Reciclables y / o reusables
5.7.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase
5.8	Fase de Operación
5.8.2	Necesidades de recursos durante esta fase
	- Agua
	- Energía Eléctrica
	- Alcantarillado (Aguas servidas)
	- Vías de acceso

	- Mano de obra
	- Otros
5.8.3	Disposición de desechos y residuos ordinarios especiales, industriales, peligrosos
	- Sólidos
	- Líquidos (incluyendo drenajes)
	- Gaseosos
	- Reciclables y / o reusables
5.8.4	Inventario y manejo de materias primas y sustancias peligrosas en esta fase
6	Descripción de la normativa legal
	- Marco Jurídico
7	Descripción del ambiente físico
7.1	Geología
	- Aspectos geológicas regionales
	- Aspectos geológicas locales
	- Análisis estructural y evaluación
	- Caracterización geotécnica
	- Mapa geológico del AP y del AID
	- Estabilidad de taludes
7.2	Geomorfología
	- Descripción geomorfológica regional
	- Descripción geomorfológica del AP
	- Mapa geomorfológico
7.3	Suelos
7.4	Clima
7.5	Hidrología
7.5.1	Aguas superficiales
	• Calidad del agua
	• Cotas de inundación

	<ul style="list-style-type: none"> • Caudales
7.5.2	Aguas subterráneas
	- Vulnerabilidad a la contaminación
	- Mapa de elementos hidrogeológicos
7.6	Calidad del aire
	- Ruido y vibraciones
	- Olores
	- Gases
7.7	Amenazas naturales
	- Amenaza sísmica
	- Amenaza Volcánica
	- Fallas geológicas activas
	- Movimientos en masa
	- Erosión
	- Inundaciones
	- Licuefacción , subsidencias y hundimientos
	- Mapa de susceptibilidad
8.	Descripción del ambiente biológico
8.1	Introducción
8.1.1	Ambiente Terrestre
	Estatus de protección del AP
	Zonas de vida
	Asociaciones naturales presentes
	Especies indicadoras por ecosistema natural
	Especies endémicas
	Fragilidad de ecosistemas
	- Cobertura vegetal
9	Descripción del ambiente socioeconómico

9.1	Uso de la tierra en sitios aledaños
9.2.	Tenencia de la tierra en sitios aledaños
9.3	Características de la población
	- Demográficas
	- Culturales y sociales
	- Económicas
9.4	Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular
9.5	Servicios de emergencia disponibles
9.6	Servicios básicos disponibles
9.7	Percepción local sobre el proyecto
	- Estudios Cualitativo
	- Estudio cuantitativo
9.8	Infraestructura comunal
9.9	Sitios arqueológicos
	• Sitios registrados
	• Materiales o rasgos culturales identificados en el AP
9.10	Sitios históricos culturales
9.11	Paisaje
9.12	Mapa de áreas socialmente sensibles
10	Diagnóstico ambiental
10.1	Resumen del Proyecto
10.2	Elementos del proyecto generadores de impactos ambientales
10.3	Factores del Medio Ambiente susceptibles de ser impactados
10.4	Identificación y pronóstico de impactos ambientales
10.5	Impactos Ambientales que producirá el Proyecto
10.6	Selección de la opción del proyecto
10.7	Mapa de susceptibilidad ambiental integral vrs componentes del Proyecto.
11	Evaluación de impactos y medidas correctivas

11.1	Medio Físico
11.2	Medio biótico
11.3	Medio Socioeconómico
11.5	Análisis de los efectos Sinérgicos
11.6	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales
12.	Pronóstico Plan de Gestión ambiental (PGA)
12.1	Organización del Proyecto y Ejecutor de las medidas
12.2	Cuadro del Pronóstico – Plan de Gestión Ambiental
12.3	Monitoreo –Regencia
12.4	Cronograma de ejecución
12.5	Plan de recuperación ambiental post-operacional
12.6	Costos de la gestión ambiental
13	Análisis de Riesgo y Planes de Contingencia
13.1	Fuentes de riesgo ambiental
13.2	Evaluación del Riego Ambiental
13.3	Plan de contingencia
15	Calidad Ambiental del AP y Área de influencia biofísica y social
15.1	Pronóstico de la calidad ambiental del Área de Influencia biofísica y social
15..2	Síntesis de los compromisos ambientales del Proyecto
15.3	Política Ambiental del Proyecto
16	Monto Global de la Inversión
17	Otros términos específicos
	<p>Indicar y analizar los posibles sitios de ubicación de las escombreras. Establecer las medidas ambientales para la conformación de dichas escombreras.</p> <p>Identificar y analizar todos los manantiales que se ubiquen dentro del área de influencia inmediata del Túnel. Dentro el análisis deberá incluirse: ubicación, caudal, calidad del agua y usos. Identificar posibles impactos y proponer las correspondientes medidas de mitigación. Analizar posibles impactos por abatimiento de dichos manantiales, debido a la construcción del Túnel</p>
18	Equipo profesional mínimo que debería realizar el Estudio

	Arqueólogo(a)
	Biólogo(a)
	Geógrafo(a)
	Geólogo(a) Hidrogeólogo(a)
	Ingeniero(a) químico
	Sociólogo(a)
	Otro: Ingeniero Civil

4 Descripción del Proyecto

4.1 Ubicación geográfica

Hoja IGN Curubandé – Cacao, coordenadas planas CRTM05, el AP se ubica en el cuadrante, 341266,845 N y 1198763,567 W, 348752,179 N y 1198764,993 W, 345688,775 N y 1194251,751 W, 341258,301 N y 1194249,674 W, mientras que el AID se encuentra en 340764,454 N y 1199572,390 W, 349269,247 N y 1199565,563 W, 347259,619 N y 1193751,007 W, 340759,031 N y 1193749,645 W. Ver la Figura No. 3.1.1 y No. 4.2.1.

Sección occidental del macizo volcánico del Rincón de la Vieja en su borde Noroeste, entre las zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh-T) y Bosque húmedo tropical transición a Pre montano (bh-T Δ). Los niveles promedio anuales de precipitación oscilan desde 3200 mm en las zona altas del macizo volcánico hasta los 1400 mm en la partes bajas, zona que a la vez en la época seca o de estiaje se ve influenciada por los vientos del noreste o alisios de esa época del año que dominan en intensidad y frecuencia. Su litología es de origen volcánico en que se destacan las coladas de lava, ignimbritas, capas piroclásticas o depósitos de tefra y cenizas, lahares. Su génesis geomorfológica descansa en una antigua caldera cuyos bordes está delimitado por los domos dacíticos (cerros: Góngora, San Vicente, San Roque, Cañas Dulces y Fortuna entre otros) y en las coladas de fluidos volcánicos, en particular los fluidos lávicos que junto a la bifurcación por la erosión que causa la escorrentía superficial genera un relieve convexo u ondulado de valles fluviales en V con una red hidrológica tipo radial, micro-cuenca del río: Salitral el cual drena a la cuenca del río Los Ahogados, este último tributario a la vez de la cuenca del río Tempisque- Pacífico Norte de Costa Rica.

En el Cuadro No. 4.1.1 se presente el perfil constructivo del Proyecto Geotérmico Borinquen

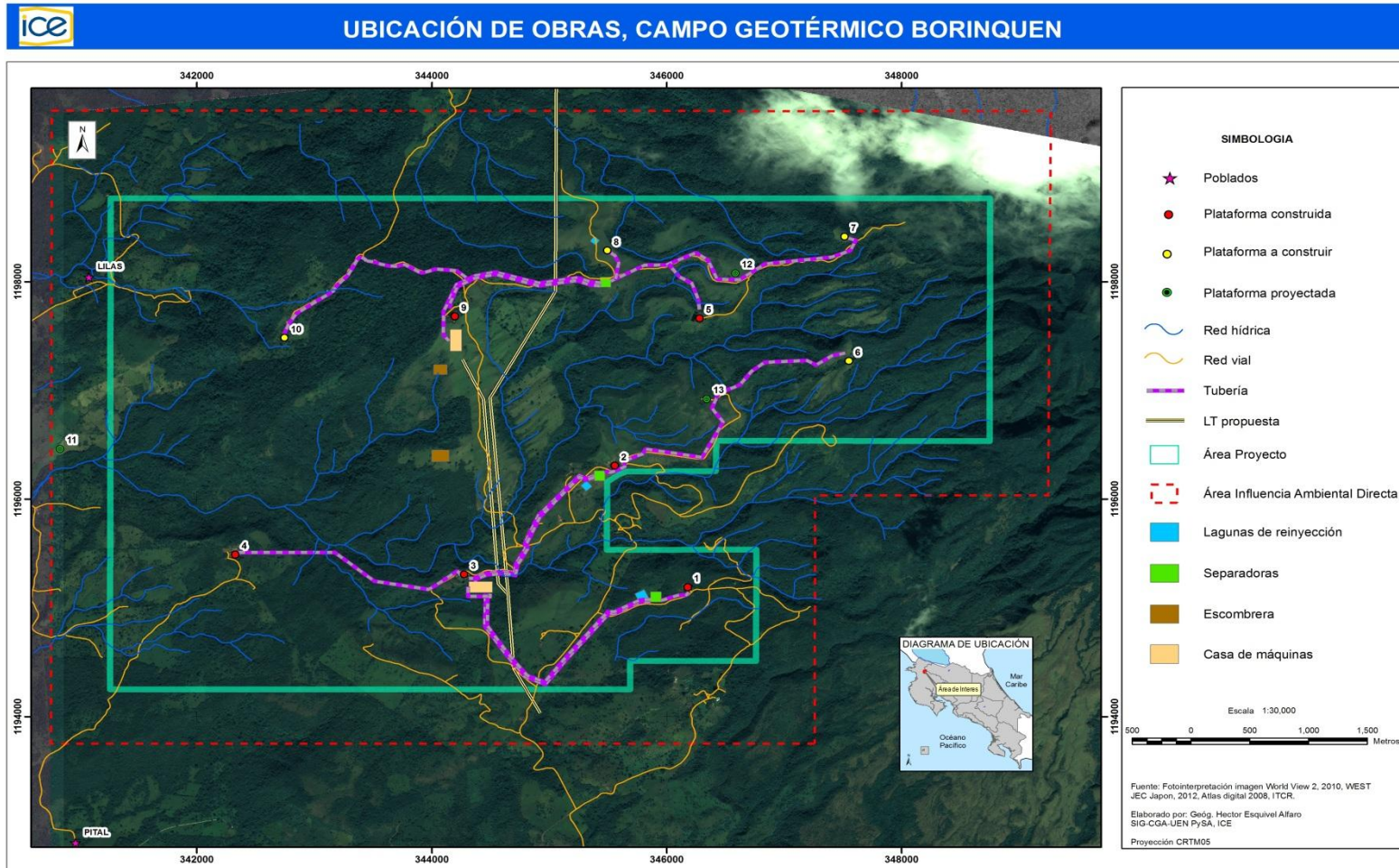
2 Cuadro No. 4.1.1 Perfil Constructivo del Proyecto Geotérmico Borinquen

Obra	Área (M)	Longitud (M)	Observaciones
Campo geotérmico (Área de Proyecto)	28 km ²	7 km	Hoja IGN Curubandé – Cacao, coordenadas planas CRTM05341266,845 N y 1198763,567 W, 348752,179 N y 1198764,993 W, 345688,775 N y 1194251,751 W, 341258,301 N y 1194249,674 W, Distrito Cañas Dulces – Cantón Liberia- Provincia Guanacaste
Potencia	----	----	110 MW : dos unidades de 55 MW cada una
Casa de máquinas	976 m ²	48.8	Se construirán 2 casa de máquinas de 55 MW cada una, Modalidad Vapor Separadas una sección Norte del campo y la segunda en la sección Sur del campo.
Torre de enfriamiento	1125 m ²	75	Se van construir 2 torres de enfriamiento con 6 abanicos cada una
Tubería bifásica – monobásica de los fluidos geotérmicos	----	12 km	El diámetro promedio de la tubería 250 mm
Estación Separadora	3000 m ²	60 m	Serán 3 estaciones de separación
Laguna de reinyección	4000 m ²	100 m	Serán 3 lagunas de 8 m de profundidad, una por cada estación separadora
Plataformas de perforación	7200 m ²	90 m	Se tienen identificadas 10 plataformas en las que se pueden perforar un máximo de 4 pozos profundos, más 3 plataformas proyectadas adicionales.
Numero de pozo profundos	----	----	Se tiene estimado 20 pozos profundos por cada casa de máquinas en total por las 2 casa de máquinas: 40 pozos
Red accesos	---	8 km	Se trata de una red vial ya existente de caminos de penetración de fincas que se van reacondicionar
Subestación	1	< 1 Ha	Modalidad Compacta (solo una para el campo geotérmico)
Fecha inicio de construcción	--	--	Primer trimestre del 2014
Duración de la construcción	----	-----	Duración promedio de la fase de construcción 4 años
Mano de obra	Construcción		Pico máximo 1500 personas
	Operación		150 personas

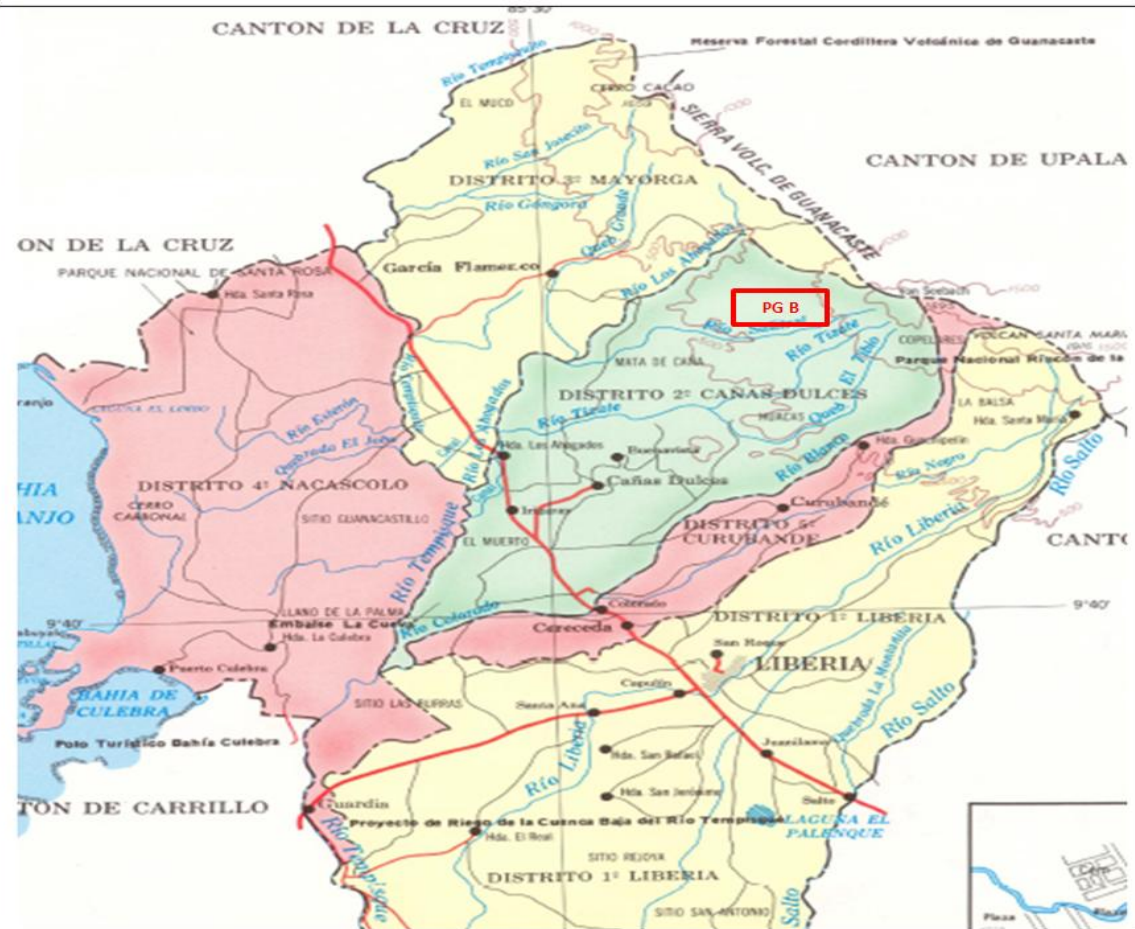
4.2 Ubicación política administrativa.

El campo geotérmico Borinquen se ubica en el distrito 2^o Cañas Dulces del cantón 1^o Liberia de la provincia de Guanacaste. Ver Figura No. 4.2.2.

4 Figura No. 4.2.1. Distribución Campo Geotérmico Borinquen



5 Figura No. 4.2.2 Ubicación político administrativo del Campo Geotérmico Borinquen



Campo Geotérmico Borinquen

PG B

4.3 Justificación

4.3.1 Información general del reservorio geotérmico (West Jec - diciembre 2012)

Borinquen es un área geotérmica activa localizada a unos 10 km noroeste del campo geotérmico de Las Pailas, donde se ha instalado una planta de generación de electricidad geotérmica de 35 MW netos, ver Figura No. 4.3.1. En esta área el ICE ha realizado los estudios geocientíficos de superficie y la perforación de cerca de 20 pozos de gradiente (56-560 m de profundidad) para medir la temperatura del subsuelo y estimar el gradiente térmico. Posteriormente, nuevamente el ICE realizó las perforaciones de dos pozos exploratorios profundos en la parte sur del campo. El pozo PGB-01 perforado a 2594m en la posición este considerando estos dos pozos, registró la temperatura más alta hasta ahora leída en los pozos relacionados al volcán Rincón de la Vieja (280 °C) y se tuvo éxito de inducirlo a la producción de vapor y agua caliente. El Pozo PGB-03 perforado a 2040m en la posición oeste, encontró temperatura debajo de los 200 °C y baja permeabilidad. A diciembre del año 2012, dos pozos (PGB-02 y PGB-05) se encuentran en perforación simultánea para proveer la información necesaria para elaborar el estudio de factibilidad Descripción del reservorio geotérmico.

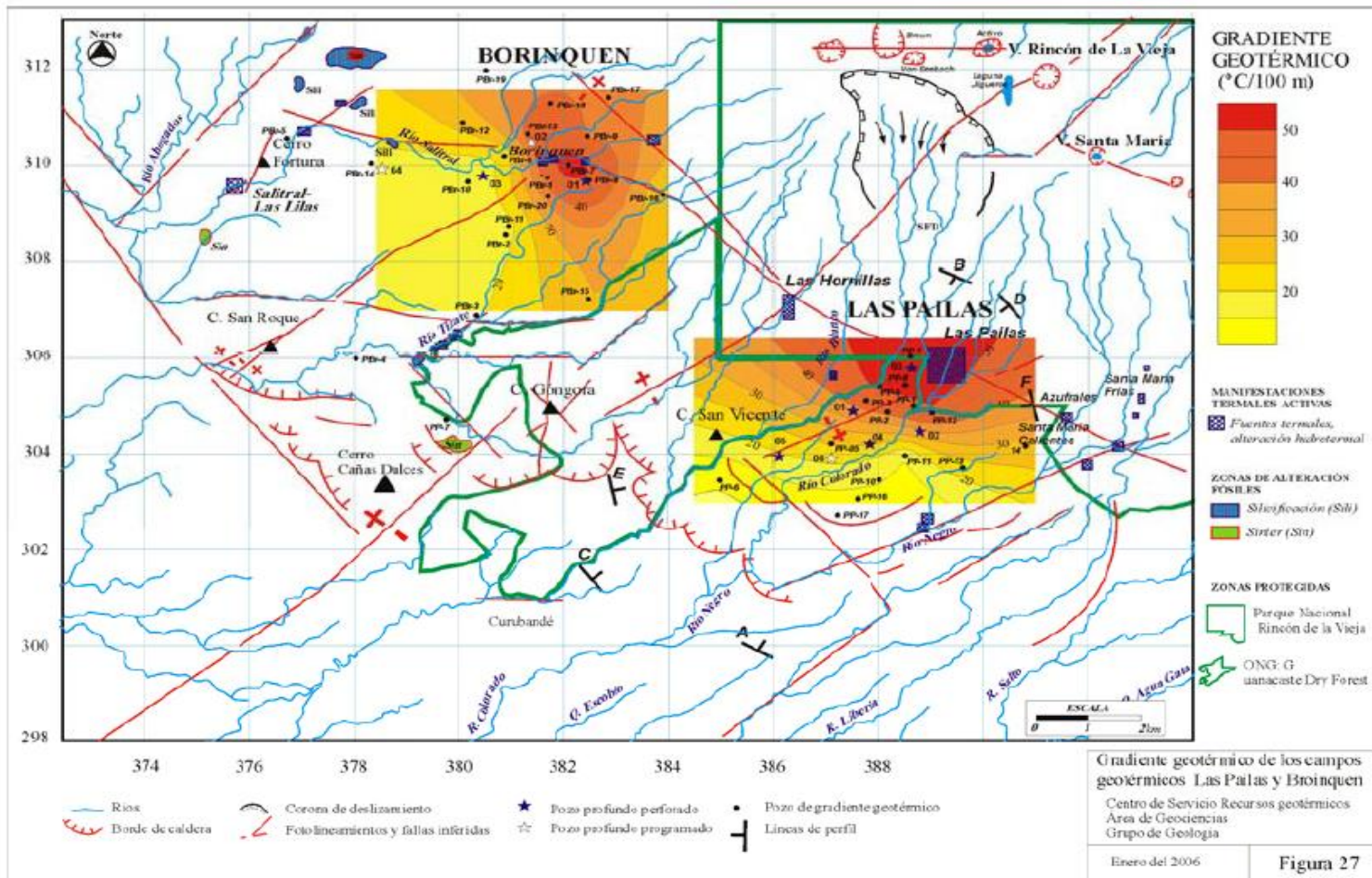
La estructura geológica en y en los alrededores de Borinquen está caracterizada por la presencia de fallas y estructura caldericas. Las estructuras caldericas y el sistema de fallas de rumbo NE-SO y N-S están debidamente descritas en el informe (ICE 2002).

Se realizó un análisis preliminar topográfico del área de estudio y sus vecindades con el fin de obtener más detalles sobre las estructuras caldericas y del sistema de fallas descritos en estudios anteriores, ver la Figura No. 4.3.2. Como se mencionó anteriormente el sistema de fallas NO-SE en la parte sur es prominente. Este sistema ha creado una topografía muy agreste que mantiene continuidad cortando los valles creados por los ríos y la faldas de los volcanes. En la parte centro y norte del campo de Borinquen se detectan muy bien estructuras de rumbo N-S, a las que se les asocia a estructuras que pueden ser fallas de deslizamiento

A partir de la distribución de resistividad geoeléctrica se estudian las zonas que muestran altos contraste laterales de resistividad y que están subyaciendo a zonas de bajos valores de resistividad. Este tipo de zonas se les denomina discontinuidades geo-eléctricas y son altamente correlacionales a estructuras geológicas con implicaciones geotermales (zonas presente o pasada de paso de fluidos geotérmicos). En el área estudiada se detectaron varias de ellas de las cuales las discontinuidades geo-eléctricas NR1, NR2, NR4 y NR6 posiblemente indican zonas de fallas y/o fracturas, ver Figura No. 4.3.3 y la Figura No. 4.3.4, subyaciendo una zona de resistividad prominentemente baja la que probablemente indica una zona hidrotermal alterada (presencia de esmectita). Esta zona está ampliamente distribuida desde la parte norte a la parte central del campo Borinquen a relativamente profundidad somera, ver Figura No. 4.3.3. Los

lineamientos L22 y L23, puntos azules en la Figura No. 4.3.3, los cuales fueron detectados del análisis topográfico, ver la Figura No. 4.3.2, fueron localizados en la zona de baja resistividad y en sus alrededores; esos lineamientos están posiblemente indicando zonas de fractura controlando el movimiento de fluido geotérmico.

6 Figura No. 4.3.1 Localización del reservorio geotérmico Borinquen y la distribución del gradiente de temperatura

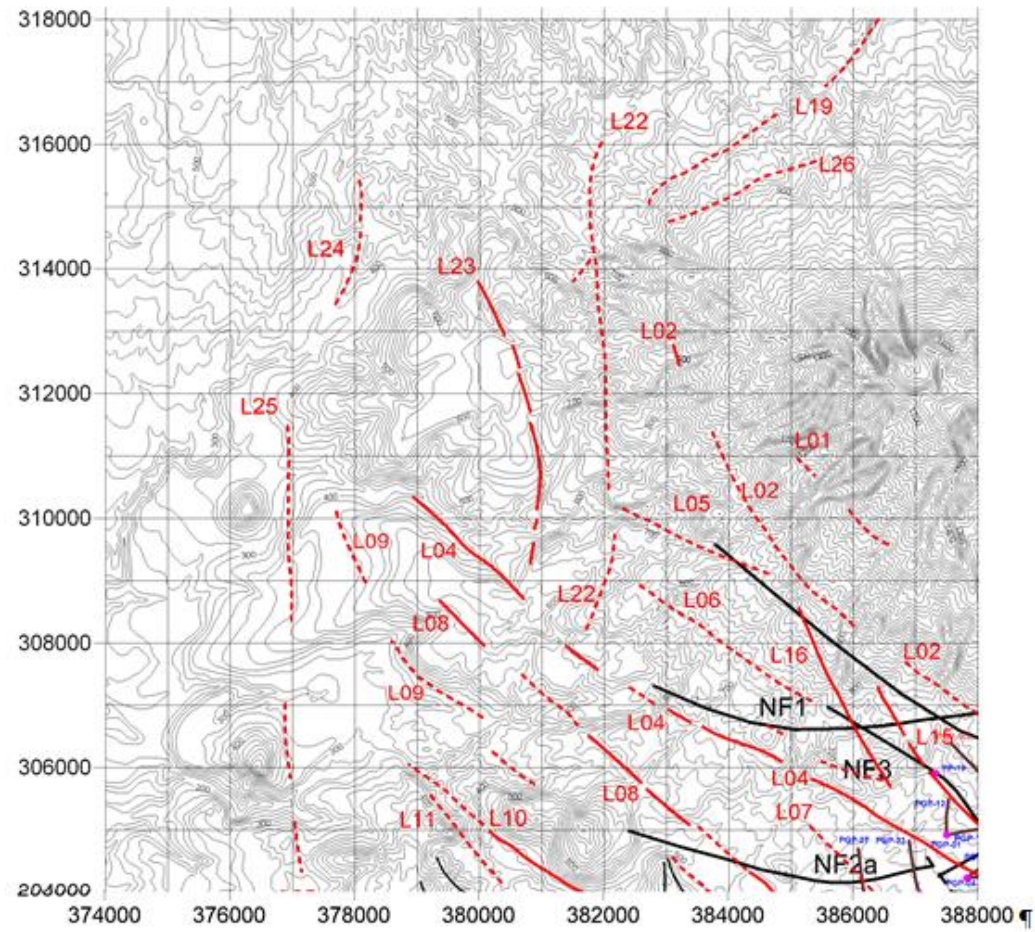


Fuente West Jec diciembre 2012

Adicionalmente, a profundidad alrededores y entre la parte sur de los lineamientos (L22 y L23), ver Figura No. 4.3.4, se ha identificado un levantamiento resistivo prominente, en relación a la elevación de las anomalías de resistividad circundante, el cual refleja que a profundidad haya productos de alteración de alta temperatura (Illita, epidota, etc.). Este hecho indica que haya (o hubo) fluido geotérmico de alta temperatura ascendiendo alrededor de las partes central y sur de los lineamientos (L22 y L23) y que posiblemente haya fluido geotérmico moviéndose hacia el norte a lo largo de y lateralmente entre los lineamientos. Se especula, por esta razón, que en las zonas central y sur cercanas a estos lineamientos, L22 y L23, sean zonas prometedoras para futuros objetivos de perforación de producción.

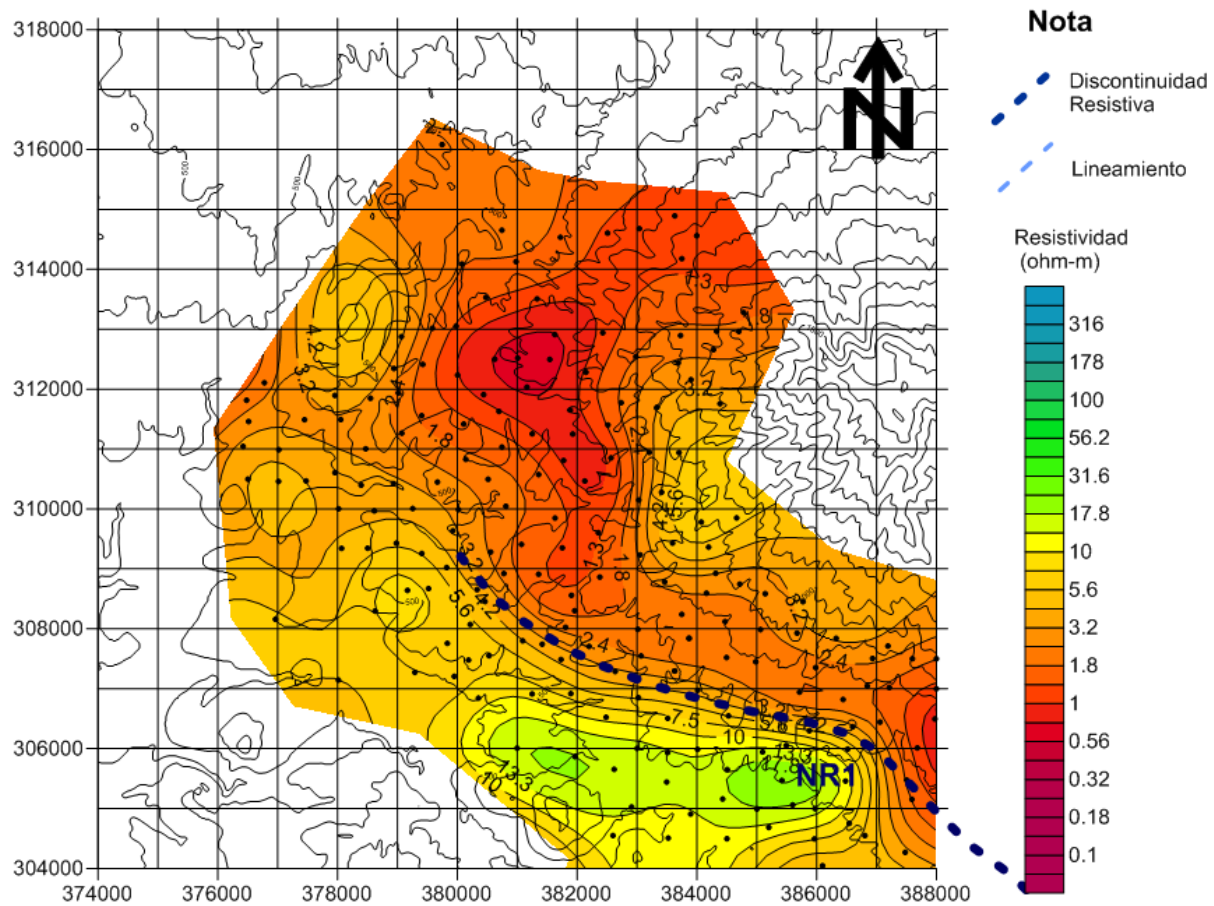
En la parte oeste del campo de Borinquen, no se pudieron identificar zonas de baja resistividad a profundidades someras o levantamientos de zonas resistivas a profundidad, lo que sugiere que esta parte oeste del campo Borinquen tenga menor probabilidad de producir fluidos geotérmicos de alta temperatura. Pero el área cercana a la discontinuidad resistiva NR4, ver Figura No. 4.3.4. Esta discontinuidad posiblemente indique la existencia de falla y /o zona de fractura apropiada para futuros objetivos de reinyección.

7 Figura No. 4.3.2. Lineamientos topográficos en el campo geotérmico de Borinquen



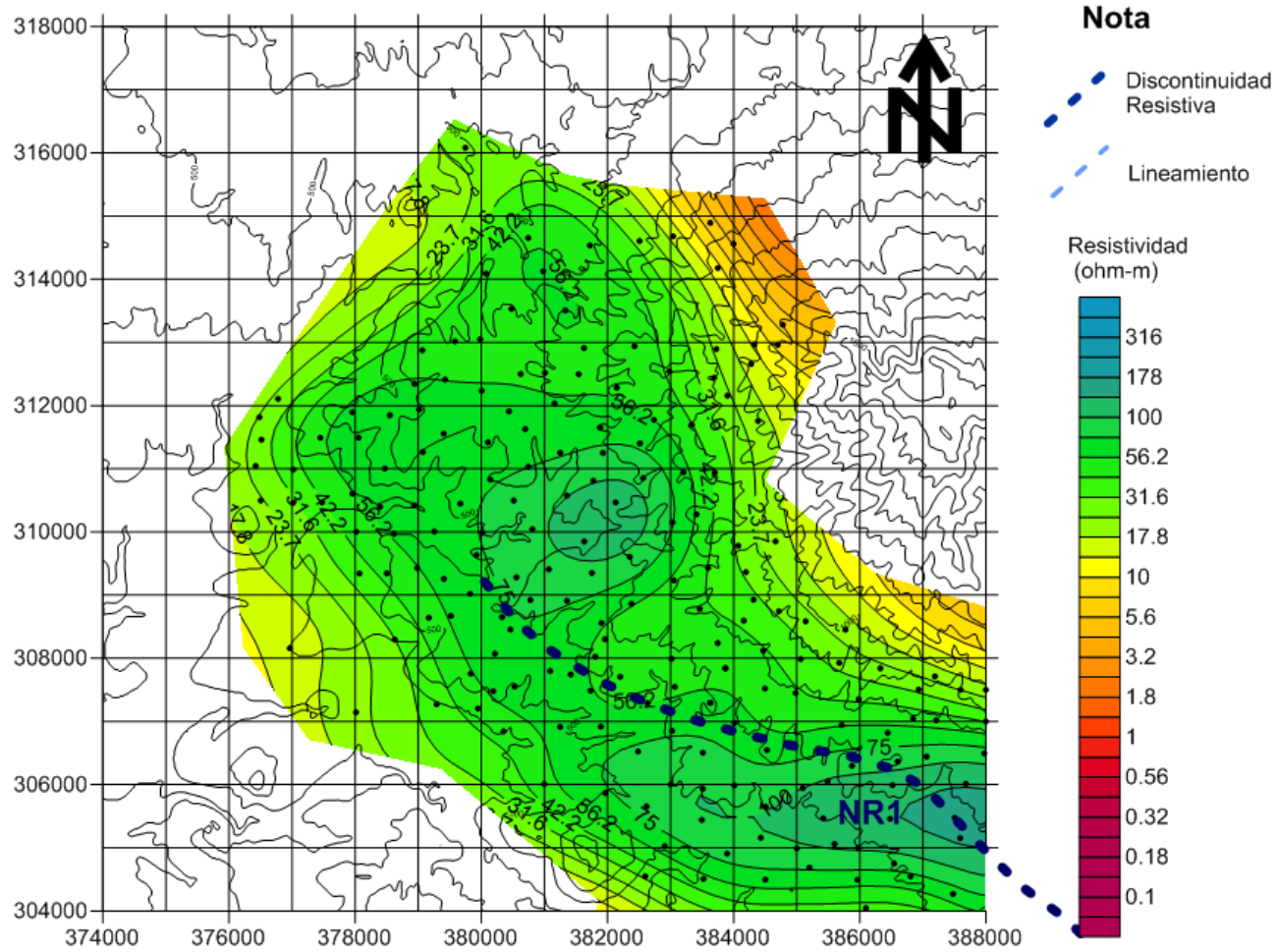
Fuente West Jec diciembre 2012

8 Figura No. 4.3.3 Mapa de resistividad a 250 m de profundidad derivada de la inversión 3D de MT



Fuente West Jec diciembre 2012

9 Figura No. 4.3.4 Mapa de Resistividad a 1,750 m derivada de la Inversión 3D de MT



Fuente West Jec diciembre 2012

Estimación del recurso

El recurso potencial del campo Borinquen fue estimado usando un modelo de evaluación bastante simple (el método volumétrico). Los datos tales como la extensión del área del yacimiento geotérmico (deducido de los resultados de la exploración electromagnética) y la temperatura del subsuelo, que fue confirmado por medio de la perforación de pozos exploratorios, etc. fueron utilizados en esta estimación. La Figura No. 4.3.5 muestra la extensión del área máxima y mínima del yacimiento que fue utilizada en el método volumétrico combinado con el análisis de Monte Carlo.

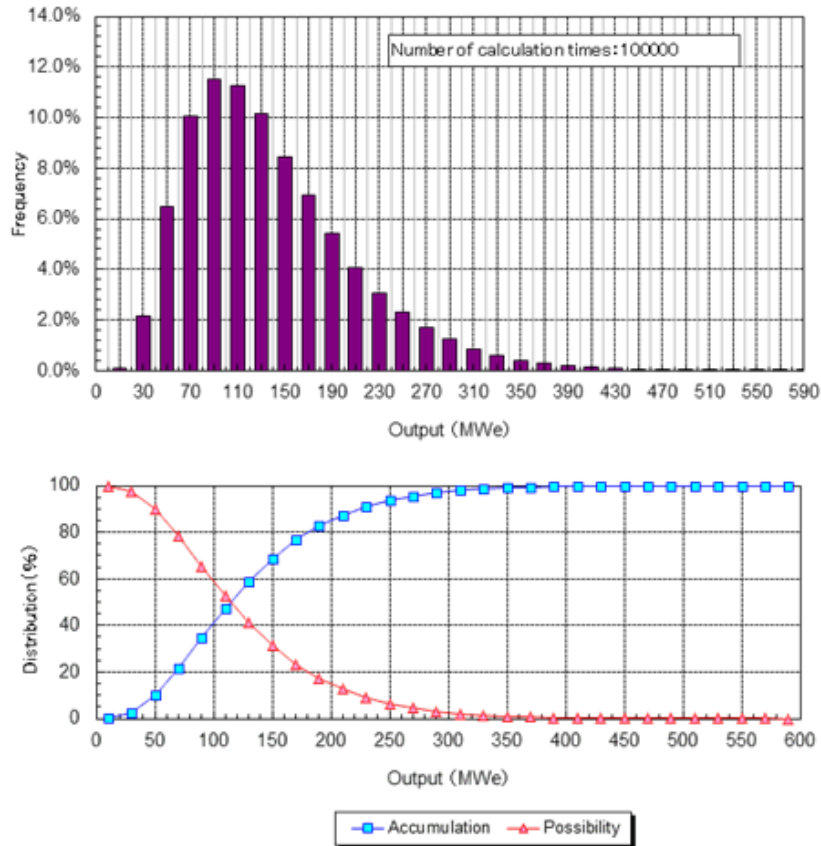
El recurso potencial fue estimado a ser equivalente a 110MW de generación geotérmica con un nivel de confiabilidad probabilística del 50%, ver Cuadro No. 4.3.1 y la Figura No. 4.3.6. En un capítulo posterior se explicara que esta capacidad total se explotara con dos unidades de 55MW cada una. Como consecuencia de lo anterior, el ICE inició el estudio de impacto ambiental asumiendo un desarrollo máximo de 110 MWe.

3 Cuadro No. 4.3.1 Resultado de la evaluación del potencial geotérmico

Parámetro	Mín.	El valor esperado	Máx.
Área del yacimiento (km ²)	10	-	21.5
Espesor del yacimiento (m)	1000	-	2400
Densidad de la roca (kg/m ³)	2400	2500	2600
Porosidad (-)	0.05	-	0.10
Factor de recuperación (-)	0.125	-	0.10
Calor específico de la roca (kJ/kg ⁰ C)	0.90	-	1.10
Temperatura Promedio del yacimiento (°C)	180	250	300
Presión Promedio del yacimiento (MPa)	9.81	-	19.61
Eficiencia de Conversión Calor-Electricidad (-)	0.08	-	0.12
Vida útil de la Planta (años)	-	30	-
Factor de Carga (-)	0.75	-	0.90
Temperatura de abandono (°C)	-	160	-

Fuente West Jec diciembre 2012

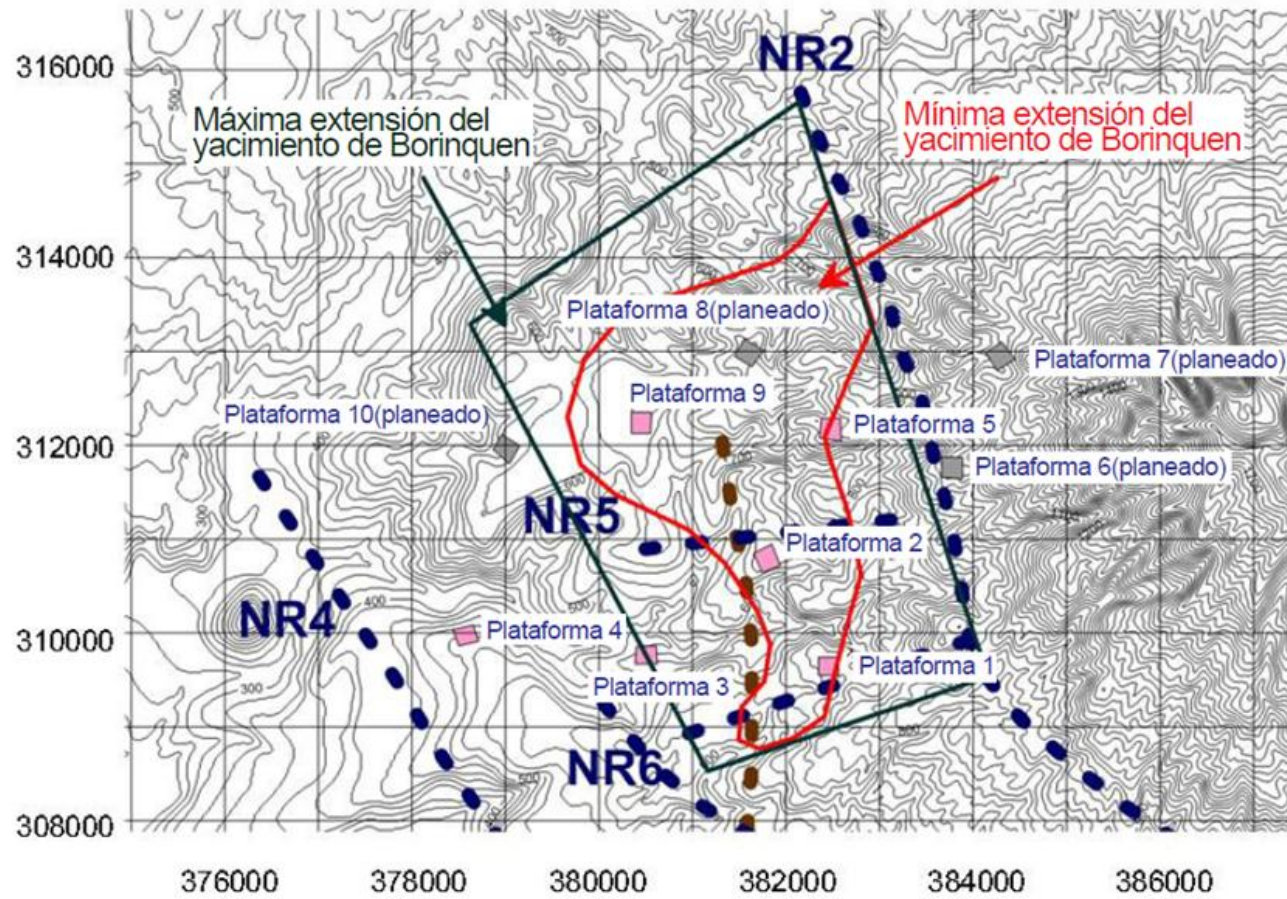
10 Figura No. 4.3.6 Resultado de la evaluación del potencial geotérmico



Producción y reinyección

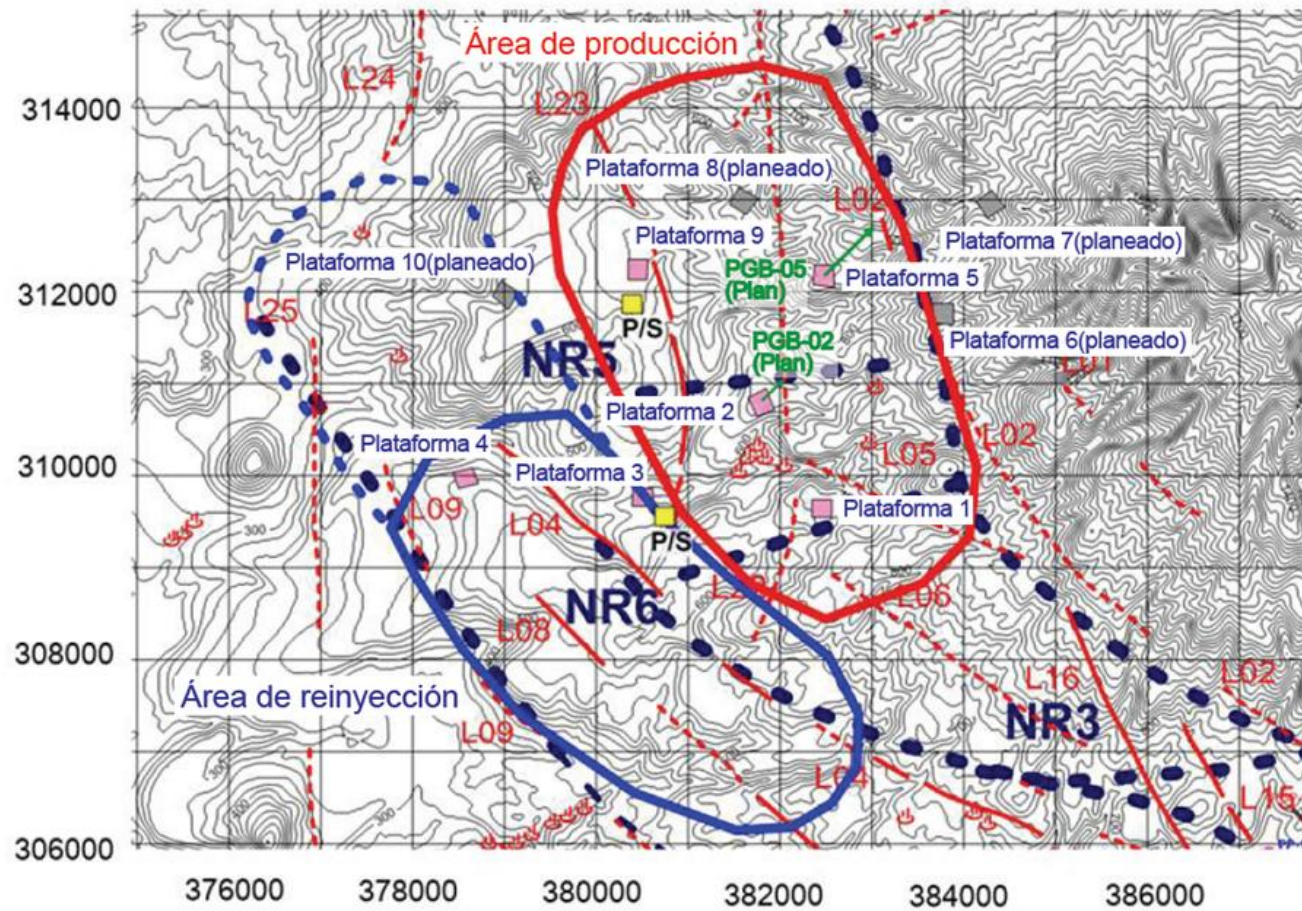
La Figura No. 4.3.7 muestra las áreas seleccionadas para producción y para reinyección a partir de los estudios geocientíficos. El área dentro de la línea sólida roja es donde se espera que haya posibilidades de encontrar fluido geotérmico de alta temperatura. El área dentro de la línea punteada sólida azul es un área donde se esperan temperaturas más bajas y dentro de ella el área dentro de la línea sólida azul es el área seleccionada para la reinyección de fluidos desde el punto de vista de temperatura y elevación topográfica. El área dentro de la línea punteada azul aún podría considerarse para reinyección sin embargo sus características topográficas la hacen menos propia para a reinyección.

11 Figura No. 4.3.5 Extensión del área del yacimiento usada en la evaluación del potencial del recurso



Fuente West Jec diciembre 2012

12 Figura No. 4.3.7 Áreas dedicadas a producción y reinyección



Fuente West Jec diciembre 2012

4.3.2 Concordancia con el plan de uso de la tierra

En actualidad la Municipalidad de Liberia tiene contratado la ejecución de un plan regulador urbano que está elaborando una empresa española, que comprende únicamente el área urbana de esa ciudad por lo tanto la zona del PG Borinquen no posee ninguna regulación oficializada sobre uso de la tierra u ordenamiento territorial.

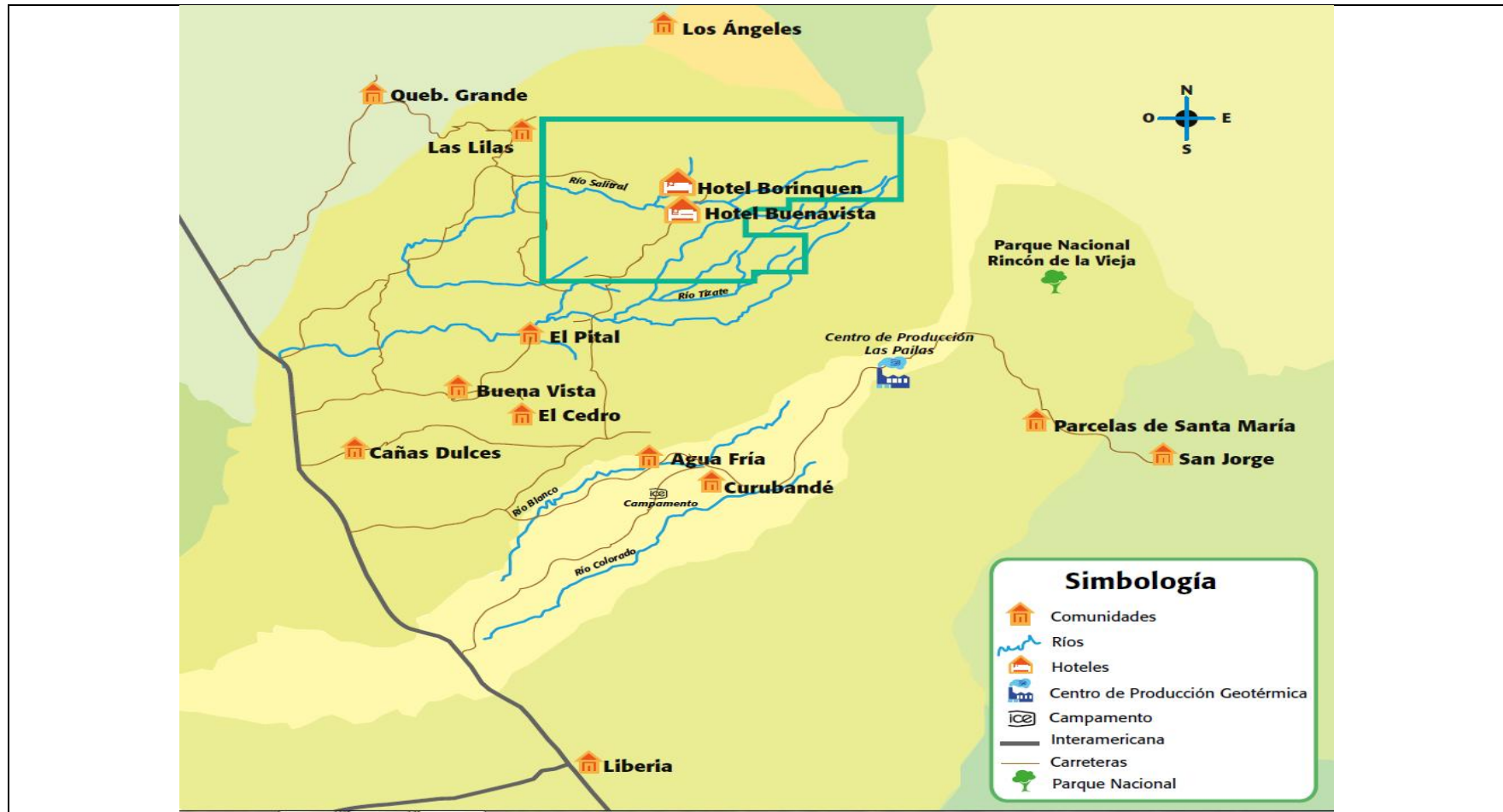
Sin embargo en reunión sostenida con los funcionarios de la Oficina de Ingeniería de esa Municipalidad, aludieron a una zonificación en la cual la zona en que se ubica del proyecto geotérmico Borinquen calificaba dentro de uso agropecuario, turístico y de producción energética limpia, por lo tanto hay concordancia o por lo menos no hay conflicto de usos de la tierra.

4.3.3 Área estimada del proyecto y áreas de influencia

Área de Proyecto (AP) 28 Km². Área de Proyecto más Área de influencia Ambiental Directa (AID) 45 Km² (corredor de 500 m de radio al perímetro del AP), ver las Figura: No. 3.1.1 y No. 4.3.8.

En la Figura No. 4.3.8 se muestran las comunidades que se ubican dentro su área de influencia ambiental indirecta (AII) o socio-ambiental

13 Figura No. 4.3.8 Área de influencia ambiental indirecta (AII) comunidades del área socio-ambiental del PGB



4.4 Fases de Desarrollo

4.4.1 Información general

4.4.1.1 Actividades a realizar en cada fase del proyecto

4.4.1.1.1 Planificación

Una vez definido el alcance y diseños preliminares del campo, se deberá integrar todas áreas involucradas en el desarrollo del proyecto para programar la ejecución de las obras.

4.4.1.1.2 Diseños finales

Los diseños finales se definirán una vez que se tenga las características definitivas del campo, para ello el Centro de Servicio de Recursos Geotérmicos proporcionaría estas características.

4.4.1.1.3 Aseguramiento de servicios básicos

Se deberá avanzar en la instalación de servicios básicos: agua potable, electricidad, transporte, comunicación, obras temporales, servicio médico y de seguridad ocupacional.

4.4.1.1.4 Ejecución de obras

La ejecución de las obras está sujeta y se dará por iniciada una vez se tenga viabilidad ambiental, presupuesto, diseños, plan de adquisición de materiales y equipos, equipamiento de los servicios básicos instalados, disponibilidad de herramientas, recurso humano, obras temporales, maquinaria, transporte y equipos.

4.4.1.2 Tiempo de ejecución

El tiempo estimado para la construcción del proyecto se estima en 30 meses, luego de tener a disposición los diseños y la maquinaria de excavación.

4.4.1.3 Flujograma de actividades

A continuación se presenta los cronogramas preliminares de construcción de las obras civiles de las plantas geotérmicas Borinquen 1 y Borinquen 2. Se debe de aclarar o resaltar que estos son escenarios aún conservadores que pueden sufrir algunos cambios en función a la aprobación del crédito con los bancos internacionales con que se va a financiar el proyecto.

4.4.1.4 PG Borinquen No.1

4 Cuadro No. 4.4.1 Diagrama de la construcción de las obras civiles Planta Geotérmica Borinquen
1

☐ Proyecto Geotérmico Borinquen 1	1575.55 días	mar 03/06/14	vie 22/01/21
Aprobación EIA	0 días	mar 03/06/14	mar 03/06/14
Aprobación financiamiento (JICA)	0 días	mié 01/06/16	mié 01/06/16
⊕ Diseños de Campo	427.36 días	dom 02/07/17	mar 23/04/19
☐ Adquisiciones	622.82 días	dom 02/07/17	lun 17/02/20
Obras de Campo	24 msst	mar 27/02/18	lun 17/02/20
☐ Licitación de Equipo C.M.	610.09 días	dom 02/07/17	mar 28/01/20
Preparación de licitación	8 msst	dom 02/07/17	mar 27/02/18
Refrendo Contraloria	0 días	lun 24/12/18	lun 24/12/18
Entrega de diseños	0 msst	dom 24/03/19	dom 24/03/19
Entrega equipo principal	0 díast	mar 28/01/20	mar 28/01/20
☐ Construcción	1183.73 días	mié 27/01/16	vie 22/01/21
Infraestructura provisional	6 msst	mié 04/04/18	lun 01/10/18
☐ Pozos	964.64 días	mié 27/01/16	jue 20/02/20
Plataformas	300 días	mié 27/01/16	mar 02/05/17
⊕ Perforación	880.09 días	dom 05/06/16	jue 20/02/20
☐ Obras de campo	468.18 días	sáb 24/11/18	vie 13/11/20
Tuberías	24 msst	sáb 24/11/18	vie 13/11/20
Estaciones de separación	18 msst	mar 23/04/19	mié 14/10/20
Reinyección en frío	12 msst	mar 23/04/19	vie 17/04/20
Acueducto	7 msst	lun 22/07/19	lun 17/02/20
☐ Casa de máquinas	435.55 días	dom 24/03/19	vie 22/01/21
Estructuras	18 msst	dom 24/03/19	lun 14/09/20
Montaje de equipos principales	9 msst	mar 28/01/20	sáb 24/10/20
Pruebas y puesta en marcha	3 msst	sáb 24/10/20	vie 22/01/21
⊕ Obras de Transmisión	233.73 días	dom 24/03/19	mié 18/03/20

5 Cuadro No. 4.4.2 Diagrama de la construcción de las obras civiles Planta Geotérmica Borinquen
2

▣ Proyecto Geotérmico Borinquen 2	2091.91 días	mar 03/06/14	mié 29/03/23
Aprobación EIA	0 días	mar 03/06/14	mar 03/06/14
Aprobación financiamiento (JICA)	0 días	mar 01/05/18	mar 01/05/18
▣ Diseños de Campo	428.09 días	vie 06/09/19	dom 27/06/21
Diseño básico	8 msst	vie 06/09/19	dom 03/05/20
Diseños finales	14 msst	dom 03/05/20	dom 27/06/21
▣ Adquisiciones	623.55 días	vie 06/09/19	sáb 23/04/22
Obras de Campo	24 msst	dom 03/05/20	sáb 23/04/22
▣ Licitación de Equipo C.M.	609.91 días	vie 06/09/19	dom 03/04/22
Preparación de licitación	8 msst	vie 06/09/19	dom 03/05/20
Refrendo Contraloría	0 días	sáb 27/02/21	sáb 27/02/21
Entrega de diseños	0 msst	vie 28/05/21	vie 28/05/21
Entrega equipo principal	0 díast	dom 03/04/22	dom 03/04/22
▣ Construcción	1700.09 días	mié 27/01/16	mié 29/03/23
Infraestructura provisional	6 msst	jue 05/03/20	mar 01/09/20
▣ Pozos	1482 días	mié 27/01/16	mié 27/04/22
Plataformas	300 días	mié 27/01/16	mar 02/05/17
▣ Perforación	882 días	mar 07/08/18	mié 27/04/22
Perforación 4 pozos	8 msst	mar 07/08/18	jue 04/04/19
Análisis de resultados	5 msst	mar 09/04/19	vie 06/09/19
Perforación 20 pozos	32 msst	mar 10/09/19	mié 27/04/22
▣ Obras de campo	467.27 días	jue 28/01/21	mié 18/01/23
Tuberías	24 msst	jue 28/01/21	mié 18/01/23
Estaciones de separación	18 msst	dom 27/06/21	lun 19/12/22
Reinyección en frío	12 msst	dom 27/06/21	mié 22/06/22
Acueducto	7 msst	sáb 25/09/21	sáb 23/04/22
▣ Casa de máquinas	434.55 días	vie 28/05/21	mié 29/03/23
Estructuras	18 msst	vie 28/05/21	sáb 19/11/22
Montaje de equipos principales	9 msst	dom 03/04/22	jue 29/12/22
Pruebas y puesta en marcha	3 msst	jue 29/12/22	mié 29/03/23
▣ Obras de Transmisión	232.73 días	vie 28/05/21	lun 23/05/22
Subestación	12 msst	vie 28/05/21	lun 23/05/22
Línea de transmisión	9 msst	vie 28/05/21	mar 22/02/22

4.4.1.5 Infraestructura a Desarrollar

En la ejecución del proyecto se irán desarrollando los siguientes productos:

- **Plataformas para la perforación de pozos de producción y reinyección:** se requieren para la ubicación de la máquina perforadora y sus equipos, así como las fosas para los lodos y el agua para el proceso de perforación.
- **Caminos de acceso:** construcción y/o habilitación de caminos de acceso para las plataformas de perforación, las estaciones de separación, la casa de máquinas, rutas de tubería, instalaciones provisionales varias, captaciones de agua, escombreras, tanques de agua, entre otras.
- **Sistema de acarreo de salmuera:** el sistema de acarreo de salmuera o fluido bifásico comprende tuberías con diámetros que oscilan entre 40 y 90 cm, que se desplazan de los pozos de producción a las estaciones de separación, y de éstas, a los pozos de reinyección.
- **Estaciones de Separación:** las estaciones de separación se ubican en puntos estratégicos dependiendo de la topografía del terreno, siendo predominante las ubicaciones que se encuentren a menos elevación con respecto a los pozos; se evitará en la medida de lo posible ubicaciones que queden a una elevación superior a algún pozo. Adicionalmente se considera la distancia con respecto a los pozos productores.
- **Lagunas de reinyección:** necesarias para la deposición de minerales contenidos en la salmuera durante algunas maniobras del proceso de explotación geotérmico.
- **Sistema de reinyección en frío:** sistema de alcantarillado utilizado para el acarreo del agua reinyectada en frío así como la desechada en los drenajes y venteos del sistema de acarreo de salmuera y los vaporductos.
- **Vaporductos:** red de tuberías utilizadas para el transporte del vapor desde las estaciones de separación hasta el colector principal en la casa de máquinas.
- **Casa de Máquinas:** se albergará el turbogenerador considerado como un generador síncrono de 55 MW con una turbina de vapor a condensación. Adicionalmente se instalarán todos los sistemas auxiliares requeridos para el sistema de conversión como lo son la torre de enfriamientos, sistema de extracción de gases, edificios de control y tableros eléctricos, entre otros.

4.5 Fase de construcción

4.5.1 Información básica –diseño

4.5.1.1 Ingeniería de pozos (Proceso de perforación)

Plataformas de perforación de pozos

Las plataformas de perforación profunda, se ubican según estudios geotécnicos y geológicos previos. Las plataformas tienen un área aproximada de 10000 m² y se pueden llegar a movilizar en su conformación en promedio de 20000 m³ de material entre cobertura vegetal y material de corte y relleno. Las plataformas se dividen en dos terrazas, una para la cimentación de los contrapozos y otra para la construcción de fosas de sedimentación y almacenamiento de agua.

En la etapa de exploración y confirmación se contó con autorización para la construcción de cinco plataformas de perforación. Durante la etapa de perforación para producción se requieren cinco plataformas adicionales.

4.5.1.2 Ingeniería del campo geotérmico

4.5.1.2.1 Red de accesos

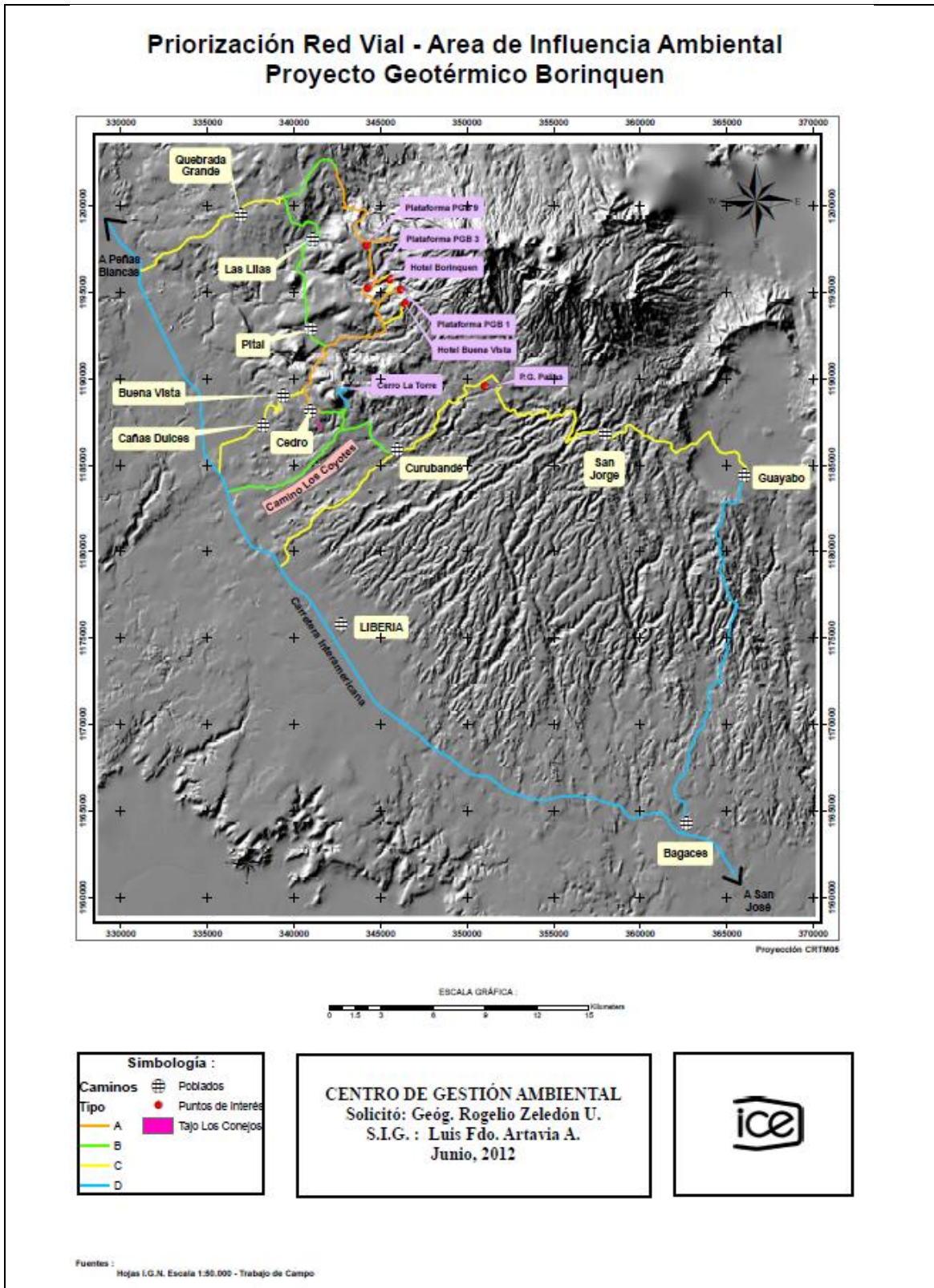
A continuación se adjunta el mapa de priorización de uso la red vial dentro el área de influencia socio-ambiental del proyecto Geotérmico Borinquen, ver la Figura No. 4.5.1.

6 **Cuadro No. 4.5.1** Categorización de uso de la red vial en el área de influencia del Proyecto

categoría de uso tramo carretera	Intensidad de uso	Tipo maquinaria dominante	Frecuencia Tránsito Proyecto/día	susceptibilidad ambiental
Tipo A	Alta	Pesada	Continua	Alta
Tipo B	Moderada	Pesada	Intermitente	Media
Tipo C	Baja	Liviana	Puntual e intermitente	Mínima
Tipo D	Mínimo -Nula	Variada	No Perceptible	Insignificante

*B Camino conocido como el camino de los “Coyotes” recomendado para la entrada salida de las vagonetas o maquinaria pesada a la ciudad de Liberia para el llenado de combustible

14 Figura No. 4.5.1 Mapa de priorización de uso la red vial dentro el área de influencia socio-ambiental del proyecto Geotérmico Borinquen



4.5.1.2.2 Sistema de acarreo

El sistema de acarreo es la construcción de redes de tubería de vapor para el trasiego del fluido extraído de los pozos, estos convergen en la estación separadora. Esta infraestructura se desarrolla con la cimentación de soportes o pedestales de concreto a lo largo de la ruta de vapor, una vez construida se instalan los soportes metálicos y la colocación de tubería para el trasiego del recurso. Luego la tubería se cubre con un aislamiento térmico a base de fibra de vidrio y una de lámina de aluminio o geomembrana para impermeabilizar. Paralelamente a la ruta de vapor se construye un alcantarillado de drenaje de fluidos condensados que provienen de venteos y drenajes de la tubería. Se adjunta imagen general de la distribución propuesta de tuberías y estaciones de separación. Ver Figura No. 3.1.1, de Mapa de Ubicación del Proyecto.

Vaporductos

Las redes de tuberías desde los pozos de producción a la Planta alcanzan una longitud de 15 kilómetros. El proyecto contará con cuatro satélites en los que confluirá el fluido geotérmico desde 19 pozos de producción, separándose allí la fase gaseosa que será conducida a presión a la Casa de Máquinas por el vapor, reinyectando la fase líquida residual al sistema de reinyección.

La construcción de las fundaciones para soportar la red de tuberías de vapor o vapor durante la fase de construcción, ocasiona pequeñas modificaciones en el uso actual del suelo, afectando la cobertura vegetal de una franja de doce metros de ancho a lo largo de las rutas.

1 Fotografía No. 4.5.1 Construcción de la red de tuberías vapor

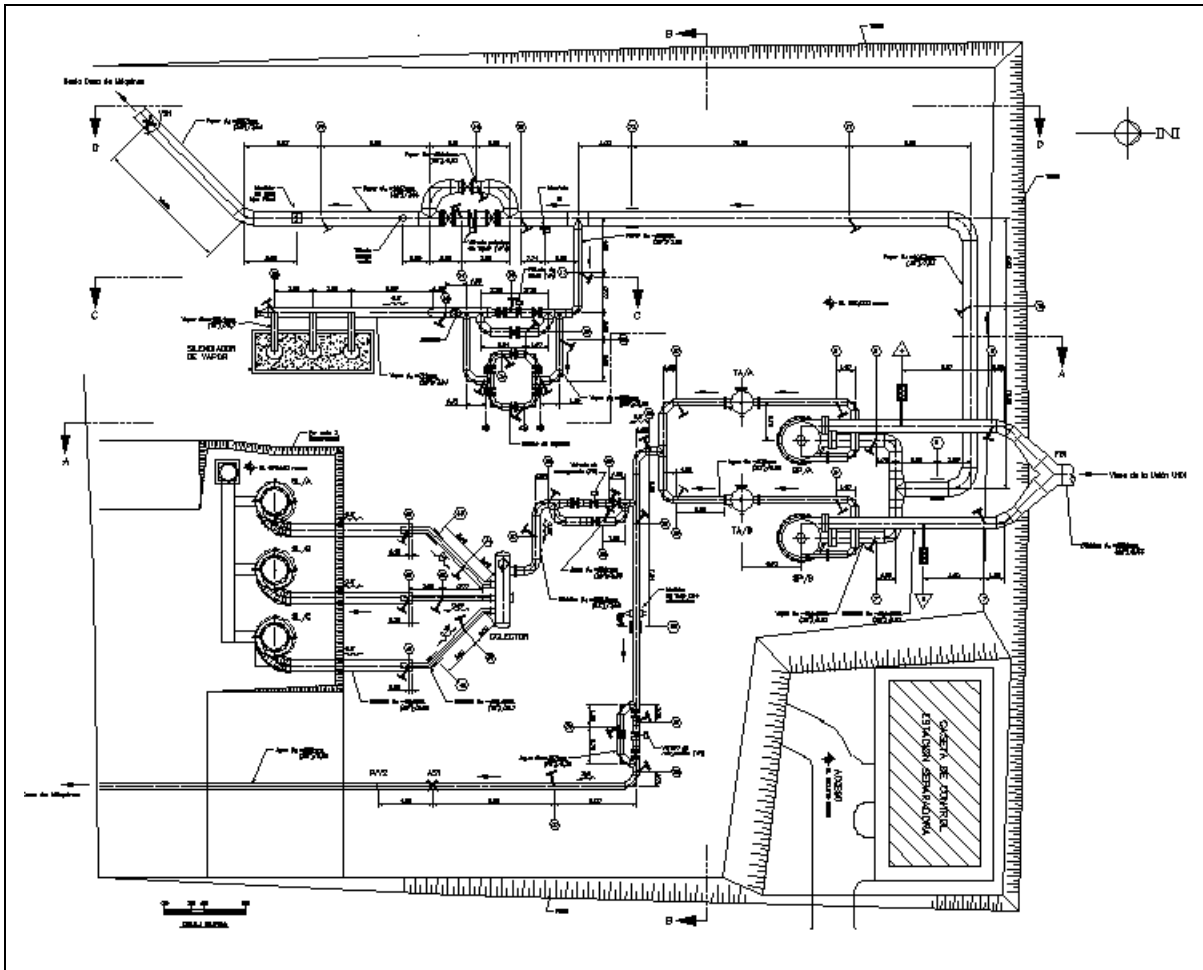


Estación de Separación

En el sitio de estaciones de separación se realizan las construcciones para la instalación de los recipientes a presión y las tuberías que permiten el proceso de separación de las fases líquida y gaseosa.

Las estaciones de separación ocupan una área de aproximadamente 20000 m². Estas se ubican considerando cierta diferencia de nivel con respecto al sitio de casa de máquinas, de modo que sea posible originar un desplazamiento a presión del vapor que va a la turbina. Se estima que es necesario movilizar 50000 m³ de material para conformar estas terrazas. Se adjunta figura de la distribución de equipos de la estación de separación de la planta Las Pailas I.

15 Figura No. 4.5.2 Sistema de Acarreo

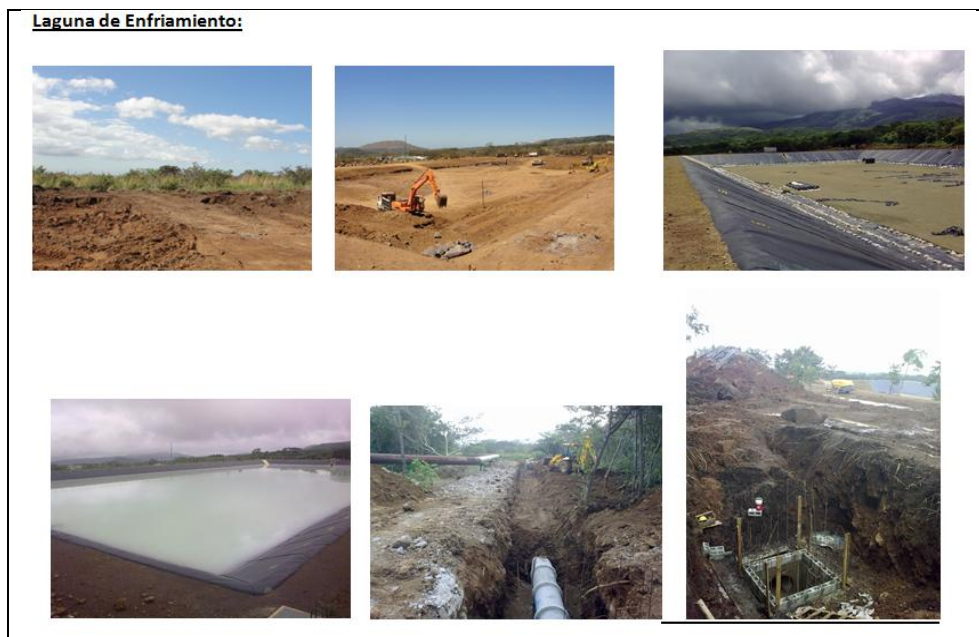


4.5.1.2.3 Sistema reinyección

Sistema de reinyección en frío

El Proyecto Borinquen dispondría de cuatro pozos de reinyección, dos de reinyección en frío y dos en caliente, que se ubicarán al oeste del campo. Se requerirá de una red de tuberías de alrededor de dos kilómetros para llevar la salmuera de las estaciones hasta los pozos de reinyección. El proceso de reinyección se inicia pues con la separación de la fase líquida en el separador ciclónico situado en cada unidad satélite. De aquí las aguas residuales son transferidas al reservorio geotérmico. Estas dos formas de reinyección conforman un ciclo de recolecta y traslado de aguas residuales técnicamente cerrado, es decir, con mínimas posibilidades de fugas o filtraciones hacia el ambiente o entorno natural.

2 Fotografía No. 4.5.2 Lagunas de enfriamiento



4.5.1.2.3.1 Casa de máquinas

Terraza Casa de Máquinas:

Para el campo geotérmico Borinquen se requiere la conformación de un área de aproximadamente 10 hectáreas de terreno para el levantamiento de la infraestructura, que considera la construcción de dos casa de máquinas y una subestación. El volumen de material a remover se estima en unos 750.000 m³ que dependiendo de la ubicación definitiva del sitio puede variar.

En el sitio casa de máquinas se realizarán las construcciones necesarias para la instalación del sistema de conversión de energía utilizado (flash simple o ciclo a condensación). Adicionalmente, será necesaria la construcción de edificios que brinden las facilidades requeridas para brindar la operación y mantenimiento durante la etapa de operación de la planta. Los principales equipos a instalar serán los intercambiadores de calor, condensador, torre de enfriamiento, turbogenerador, equipo de extracción de gases, motores, tableros de control y potencia.

Casa de Máquinas

La construcción de la obra implica la presencia de obras civiles, montaje metalmecánicos y eléctricos.

Para la etapa de operación y mantenimiento se construirán en mampostería al menos las siguientes edificaciones: Edificio administrativo, taller mecánico y eléctrico, almacenes, laboratorio químico, bodega de productos inflamables.

La casa de máquinas de una planta geotérmica varía dependiendo de su naturaleza o forma de generar energía eléctrica. Puede generar solo con vapor (Flash) o puede generar con vapor y salmuera (Sistema Binario), dependiendo de lo cual varía la infraestructura a construir a lo interno de la terraza. Dentro de infraestructura típica se encuentra:

- Torre de enfriamiento (Piletas, canales y fosa de bombas)

La torre de enfriamiento es la infraestructura de mayor magnitud dentro de las obras de una casa de máquinas. Es una estructura que se compone de celdas sobre vigas y columnas. Se construye normalmente en concreto reforzado (pileta, canales y fosa de bombas), madera roja o fibra de vidrio. Las chimeneas de cada celda se fabrican con material de fibra de vidrio o concreto reforzado. Las dimensiones dependerán del volumen de agua a enfriar.

- Edificio de Control y tableros eléctricos
- Cimiento de condensador y turbogenerador/ Cimiento para intercambiadores de calor (condensador, separador, etc.)
- Silenciador
- Fosa de Bombas de la casa de maquinas
- Canales y ductos eléctricos
- Cimientos para tuberías
- Sistema contra incendios
- Sistema de aguas de trabajo
- Edificios de Producción:
 - o Laboratorio y bodega de Químicos
 - o Bodega de Repuestos
 - o Edificio de Talleres

- o Bodega de Inflamables
- o Edificio Administrativo
- Obras de Urbanización:
 - o Sistema de evacuación de aguas negras
 - o Sistema de aguas pluviales
 - o Red de abastecimiento de agua potable

4.5.1.2.3.2 Subestación

La subestación (ST) tipo (GIS) encapsulada requiere para ser instalada un área de aproximadamente de 20 x15 metros para la instalación de los módulos y de unos 10 x 10 metros para el patio del transformador.

El área de la GIS puede ser descubierta o cubierta, para el caso de la ST Borinquen se ha recomendado que sea de éste último tipo por lo cual se requiere un edificio que cumpla la función de encapsulamiento, además de funciones accesorias que pueden aumentar el área de construcción.

Será una subestación tipo GIS compacta o capsulada, cuyo diseño en planta y distribución de equipos puede ser apreciado en la Fotografía No. 4.5.3

3 Fotografía No. 4.5.3 Subestación compacta similar a la instalar en Borinquen



Fuente Geóg. Randall Acuña T.

Las fases del proceso de construcción serían las siguientes:

- Instalación de obras provisionales
- Movimiento de suelos y excavaciones
- Sustitución de materiales y compactación

- Construcción de cimentaciones y estructura principal
- Instalación de equipos modulares de ST GIS
- Instalación de transformador.

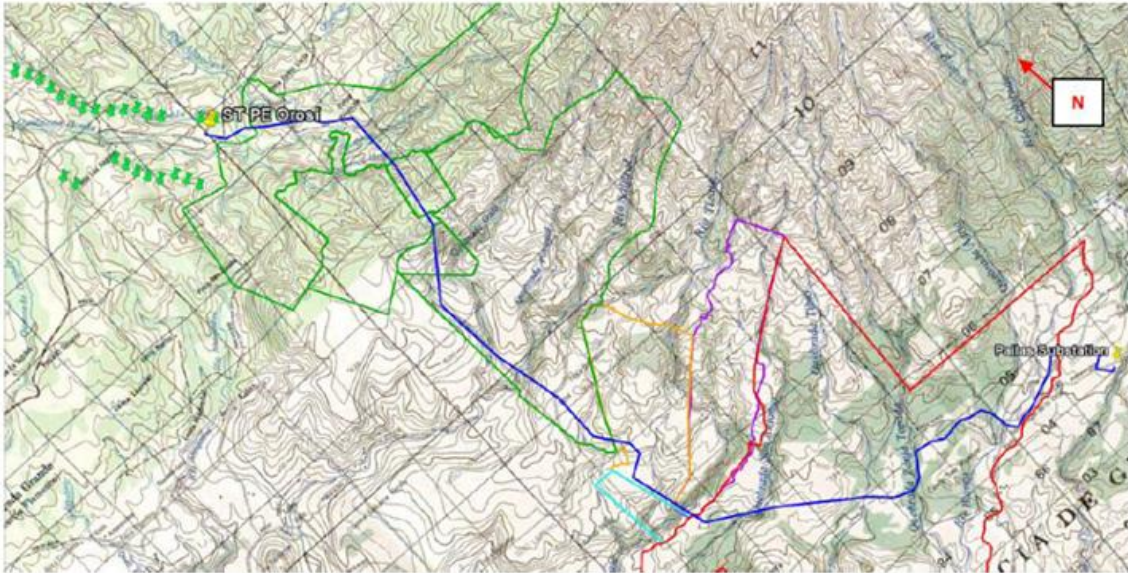
4.5.1.2.3.3 Línea de transmisión

Descripción del esquema de transmisión para PG Borinquen

Enlace eléctrico

El P.G. Borinquen aprovechará para la salida de su energía la línea de transmisión del Proyecto Eólico Orosí, cuyo trazo es colindante con el área de influencia directa de este proyecto. La Figura No. 4.5.3 permite ubicar la ruta seleccionada.

16 Figura No. 4.5.3 Trazo de la Línea de Transmisión del PE Orosí, el sombreado indica el sector de influencia del PG Borinquen



La LT Orosí (LT O-P), enlaza la central eólica con la subestación Pailas del ICE a un nivel de tensión de 230 kV, la cual a su vez está enlazada con el Sistema Interconectado Nacional (SIN). La Figura No. 4.5.3. 1-2 muestra más detalladamente el área que se utilizará para la interconexión al sistema.

Cabe mencionar que la LT O-P es un enlace de circuito sencillo por lo que para lograr la interconexión se utilizarán estructuras de celosía de doble circuito en una sección de dos km aproximadamente entre las casas de máquinas de PG-B. De esa forma el CM Sur contará con un transformador elevador de voltaje que transmitirá hacia la futura ST Borinquen la energía producida, en este punto se adiciona la energía del CM Norte y se inyectará al sistema de transmisión.

El sistema de transmisión finalmente quedará integrado de la siguiente forma:

- Enlace CM Sur – CM Norte
- Derivación LT Orosí – ST Borinquen
- Enlace ST Borinquen - LT Orosí

El siguiente texto resume el proceso constructivo de la LT asociada a este proyecto

Construcción y rehabilitación de caminos y accesos: creación de accesos a sitios de torre a través de los inmuebles afectados, en la definición del trazo y la condición final de ellos se toma en cuenta los condicionamientos del propietario.

Excavaciones y sustitución de materiales: la instalación de las bases para las torres requiere efectuar excavaciones y en algunos casos sustitución del material de mala calidad para relleno, normalmente el 100% del material excavado se repone in situ. En el caso de los postes en material de excavación debe ser retirado del sitio para dar paso a la fundación de concreto que estas estructuras requieren.

Construcción de fundaciones de concreto: consiste en crear guías de concreto para las parrillas de las patas de las torres, la mezcla se efectúa en cada sitio con mezcladora de motor y agua acarreada en tanquetas. El cemento y áridos son transportados en sacos. Los cimientos de los postes son chorreados con material preparado y transportado en mezcladoras (chompipas).

Armado de bases de estructuras: a partir de las guías para las parrillas se arman las estructuras metálicas de cada base de torre. Normalmente se efectúan retoque a la pintura asfáltica que recubre estas estructuras.

Compactación: consiste en la reposición y compactación del suelo removido o del material de sustitución con maquinaria que genera ruido y vibración en el área de trabajo.

Armado de estructuras: es el proceso de ensamble de las piezas metálicas de las torres, se trata de una maniobra que solo requiere la presencia de una cuadrilla por sitio de armado.

Apertura de servidumbres y sitios de torre y poste: es la limpieza y despeje del carril de servidumbre de obstáculos para el tendido de cables o que sobrepasen la distancia de seguridad operativa establecida para la obra, la cual se omite en este caso dadas las condiciones del tramo a construir.

Tendido de conductores: requiere de la instalación de las máquinas tensadora y frenadora en los extremos de la sección de tendido. Sobre el carril de servidumbre los operarios instalan el cable guía en cada torre de la sección de tendido. El cable

guía es halado por la tensadora y en el extremo de la frenadota se le adosan secuencialmente cables de mayor resistencia hasta que al final del proceso se adosa el conductor el cual queda instalado a lo largo de la sección completa.

4.5.1.2.3.4 Línea de servicio eléctrico propio

La alimentación eléctrica del PG Borinquen para la etapa constructiva se efectuará mediante una línea trifásica de 34.5 kV de tensión, similar a la mostrada en la siguiente Fotografía.

4 Fotografía No. 4.5.4: línea de 34.5 kV de igual configuración a la que se estará construyendo para el servicio proporcionar el propio del PG Borinquen.



El sistema de alimentación utilizará postes convencionales de concreto de 11 a 15 m de altura, el cual será instalado en el derecho de paso de la red cantonal de caminos públicos.

No obstante lo anterior, es posible que al efectuar el diseño final del sistema la obra sea dimensionada para un nivel de tensión de 69 kv, lo cual requerirá estructuras más altas y robustas pero siempre restringidas al derecho de paso de la red vial local. La Fotografía No. 4.5.5 muestra la configuración de este sistema.

5 Fotografía No. 4.5.5 Línea de 69 kV en la ruta Río Frío – Sarapiquí, similar a la que se podría construir para el servicio propio del PG Borinquen.



El proceso constructivo es básicamente el mismo que en descrito en la línea transmisión pero con la diferencia de que la apertura de trocha si implica la corta de arbolado a lo largo de la servidumbre pública de la red vial.

4.5.1.3 Equipos y materiales a utilizar

4.5.1.3.1 Combustibles y lubricantes

Estos se refieren a los combustibles que se requieren para la operación de la maquinaria y vehículos del ICE o alquilados que se utilizan en los diferentes procesos constructivos, a saber, excavaciones a cielo abierto, obras superficiales de campo, obras civiles, montajes e instalaciones provisionales, el principal consumidor sin duda será la maquinaria de excavación de la terraza de casa de máquinas así como en los trabajos de las rutas de Vaporductos y a la flotilla de vehículos del proyecto. El combustible se suplirá en las Estaciones de servicio de la zona. Para dicho proyecto se requiere de traslado de combustible en pequeñas tanquetas hacia los sitios de obra para la recarga de equipos, para lo cual se hará necesario de disponer de alguna zona de maniobra.

En el caso de los lubricantes estos se utilizarán para el mantenimiento de los equipos y las actividades de lubricación se realizarán en los talleres del plantel central o en talleres menores ubicados en obras.

4.5.1.3.2 Tintas, pinturas y diluyentes

En este grupo se tiene las pinturas y diluyentes utilizados durante la construcción de obras provisionales y las pinturas especiales que se requieren para el acabado de obras como la soportería de campo, andamios, torres de inhibición y silenciadores, entre otras.

4.5.1.3.3 Materiales y productos metálicos

Este tipo de materiales son uno de los más importantes, se refieren a todos los materiales de acero y otros metales que se requieren para la construcción de obras definitivas o para la elaboración de piezas para los equipos utilizados. Dentro de las obras de mayor consumo están las tuberías para el sistema de acarreo así como los diferentes elementos para la fabricación de soportes y torres de inhibición. El sistema de acarreo en general requiere de estos productos en forma intensa, aquí predomina el uso de láminas de acero de diferentes espesores, vigas del tipo WF o H, tubería de diferentes diámetros, pernos de anclaje de acero, acero de refuerzo, este último de mucho uso durante la construcción de los cimientos que alojan los soportes de las tuberías y anclajes, y un consumo importante aunque menor en la construcción de la Casa de Máquinas.

4.5.1.3.4 Materiales y productos minerales y asfálticos

Principalmente se refieren al cemento y los agregados utilizados en la construcción de las obras; se estima preliminarmente que se requerirán unos 40.000 m³ de concreto en ambas Casa Máquinas. El consumo de concreto se puede distribuir en un 50% en obras de Casa de Máquinas, 40% en obras de campo y 10% en caminos; cunetas, puentes, cabezales de alcantarillas. Se estima un consumo de cemento de 13200 toneladas de cemento. No se espera una gran utilización de mezcla asfáltica, salvo la necesaria para el mejoramiento de los caminos existentes y caminos internos de la planta.

4.5.1.3.5 Materiales peligrosos empleados en la fase constructiva del PG Borinquen

En el Anexo No. 4.5.1 se presenta el protocolo – método de seguridad para el manejo de materiales peligrosos de la fase constructiva del proyecto geotérmico de Borinquen.

7 Cuadro No. 4.5.2 Materiales a manejar en el Almacén de Misceláneos

Producto	Capacidad embalaje	Cantidad embalajes	Cantidad total	Unidad
Activador loctite	4.5	1	4.5	oz
Abrillantador para pintura de vehículos		3	0	
Adhesivo todo uso spray	16	8	128	oz
Aditivo catalizador p/resina	2	6	12	oz
Antiferrante LOCTITE	454	12	5448	g
Antioxidante para radiador	325	112	36400	ml
Barniz aislante spray	340	4	1360	g
Barniz aislante spray	3.785	3	11.355	l
Barniz dieléctrico aislante	3.785	10	37.85	l
Barniz transparente	3.785	1	3.785	l
Catalizador Comp B	0.985	14	13.79	l
Catalizador p/primario de relleno	0.985	13	12.805	l
Catalizador p/pintura de poliuretano	0.985	24	23.64	l
Componente B		129.88	129.88	l
Convertidor de oxido CORROSTOP	3.758	9	33.822	l
Crema desengrasante para manos	4	9	36	Kg
Desoxidante para limpieza de radiadores	3	3	9	l
Diluyente	3.785	7	26.495	l
Diluyente para premier	3.785	1	3.785	l
Diluyente para pintura poliuretano monocapa E	3.785	83	314.155	l
Disolvente de herrumbre	4.785	7.5	35.8875	l
Epoxide hardwen	0.24	4	0.96	l
Epoxico acero loctite	454	4	1816	g
Epoxico cerámica broch loctite	2	7	14	lb
Epoxico Flex 80 past loctite	1	5	5	lb
Epoxico metal superior loctite	2	3	6	lb
Epoxico PNEU/WEAR loctite	3	8	24	lb
Esmalte spray	300	33	9900	g
Esmalte p/maq fast dry	3.785	127	480.695	l
Fijador y sellador tuercas			2750	cc
Fijador de tornillos loctite	50	15	750	cc
Impermeabilizante automotriz	3.785	5	18.925	l
Laca			88.955	l
Limpiador para carburador	368	2	736	ml
Limpiador radiador PERMATEX	340	24	8160	ml
Líquido para lubricar PERMATEX #38		5	0	
Lubricante de silicon spray	290	19	5510	g
Lubricante spray PERMATEX	109.8	9	988.2	oz

Masilla Fotrosint #17501	3.785	2	7.57	l
Masilla plástica para rellenar	3.785	20	75.7	L
Masilla PUTTY	0.95	17	16.15	l
Pasivador de oxido, sellador y curador	3.785	4	15.14	l
Pasta para esmerilar	0.46	9	4.14	Kg
Pasta para goteras	0.46	7	3.22	Kg
Pasta teflón	118	25	2950	g
pegamento PVC	0.95	48	45.6	l
pegamento PVC	50	21	1050	g
Pegamento sellador		1	0	
Pegamento resistol 8501	0.95	20	19	l
Pegamento de contacto resistol 5000	0.95	27	25.65	l
Pegamento para parches	350	12	4200	g
Pegamento para encuadernación	3.785	1	3.785	l
Pintura acabado vinílico	3.785	20	75.7	l
Pintura acrílica	18.93	81	1533.33	l
Pintura aluminio alta temperatura TRANSOSII	3.785	3	11.355	l
Pintura aluminio asfaltico	18.93	10	189.3	l
Pintura anticorrosiva de aluminio	3.782	8	30.256	l
Pintura anticorrosiva	3.782	2	7.564	l
Pintura anticorrosiva para metal (minio)	3.785	24	90.84	l
Pintura anticorrosiva para metal (minio)	18.93	2	37.86	l
Pintura Corrolees	3.785	1	3.785	l
pintura en aceite	0.95	3	2.85	l
pintura en aceite	3.785	57	215.745	l
pintura en aceite	18.93	2	37.86	l
Pintura impermeabilizante	3.785	15	56.775	l
Pintura para piscinas	3.785	26	98.41	l
Pintura poliuretano	3.785	17	64.345	l
pintura satinada	3.785	3	11.355	l
polish perfect-it	0.95	9	8.55	l
Protector contra humedad aerosol	397	10	3970	g
Protector pelicula spray	329	12	3948	g
Protector cadena spray	405	8	3240	g
Removedor empaque loctite aerosol		1	0	
Resina eléctrica #216	2.2	1	2.2	Kg
Resina para fibra de vidrio	4.785	6	28.71	l
Recubrimiento thoroflex acrílico	18.93	1	18.93	l
Secativo	3.785	4	15.14	l
Sellador fugas radiador	325	12	3900	ml
Silicón permatex	85	14	1190	g

8 Cuadro No. 4.5.3 Materiales a manejar en talleres

Ubicación	Sustancia	Cantidad	MSDS
Taller de enderezado y pintura	Thinner	60gal	Sí
	Pintura	35gal	
	Resina	3gal	
	Desengrasante para pintura	4gal	
	Solvente	3gal	
	Catalizadores	7gal	
Taller de pintura (sandblasting)	Epoxico de alquitran de hulla	5gal	Sí
	Esmalte	4gal	
	Acabado Vinílico	7gal	
	Pintura anticorrosiva	55gal	
	Pintura fondo de base	12gal	
	Pintura imperial vinilo	22gal	
	Premier epóxico	3gal	
	Componente premier	3gal	
Taller mecánico	Componente		
	Aceite Lubricante	440gal	
	Canfín	55gal	Sí
	Desengrasante		
	Grasa	15gal	
	Lubricante para gasolina Dexón		
	Lubricante de bomba de agua	14 unidades	
	Desincrustante para radiadores	8unidades	
	Pegamento para parches	350g	
	Solución para zapatas	350g	
	Refrigerante para radiadores	3gal	
	Aceite para transmisión		
	Aceite torcula 100		
Aceite 85W			
Taller Eléctrico	Disolvente dieléctrico	5gal	
	Lubricantes	2gal	
	Hipoclorito de sodio 3.5%	1gal	
	Abrillantador y removedor de Al	5gal	
	Refrigerantes en cilindros	4 cilindros	
	Aguarras	5gal	
Taller automotriz	Acido de batería	10gal	
	Aguarras	5gal	
Transformadores	Pinturas		

Taller de ebanistería	Thinner		
	Aceites para transformador		
	Thinner	5gal	Sí
	Pintura acrílica	3gal	
	Sellador para maderas	13gal	
	Lacas	3gal	
	Barníz poliuretano	7 cuartos	
	Esmaltes	2gal	
	Pintura de minio	1gal	
	Resistol	7cuartos	

4.5.1.3.6 Herramientas e instrumentos

En esta categoría se consideran todos las herramientas de construcción que se requieren para el desarrollo del proyecto, van desde herramientas elementales como martillos, palas y serruchos hasta instrumentos de medición sofisticados utilizados en los talleres mecánicos y eléctricos y en los laboratorios.

4.5.1.4 Rutas de movilización de equipos

Se consideran las siguientes rutas para el traslado de equipos, materiales y personal:

- Ruta Miravalles-Pailas-Borinquen (60 Km)
- Ruta Los Conejos (22 Km)
- Rutas nacionales desde puertos Caldera o Moín
- Interamericana Norte

4.5.1.4.1 Frecuencia de movilización

Se en el “pico” máximo de la fase de construcción se estima el siguiente promedio:

Vehículos y maquinaria ICE:

Propia

- 24 vehículos tipo livianos y carga liviana
- 25 vehículos de maquinaria pesada (vagonetas, cargador, tractores, montacargas, back hoe y grúa)
- 2 motocicletas

Alquilada

- 15 buses
- 16 vehículos tipo livianos y carga liviana
- 114 maquinaria pesada: 12 back hoe, 5 tractores oruga, 1 tractor llantas, 10 excavadoras, 3 grúas, 6 compactoras, 3 niveladoras, 3 camión grúa, 8 montacargas, 47 vagonetas, 3 camión cisterna, 6 auto mezcladoras, 5 trailetas, 2 mini cargadores

4.5.2 Necesidad de recursos

4.5.2.1 Agua

En la actualidad se usan 3 sitios para la captación de aguas de trabajo para el proceso de perforación profunda, se deben realizar a estas tres fuentes, estudios físicos, químicos y bacteriológicos para determinar y diseñar la forma de potabilizar o buscar una tercera fuente de captación de agua potable.

9 Cuadro No. 4.5.4 Consumo estimadas

Usuarios	Caudales
2 Equipos de perforación Profunda	40 l/s
Sistema contra Incendio	16.5 l/s
Planta de Concreto	20 l/s
Instalaciones Provisionales y Construcción	15 l/s
Casa de Máquinas	18 l/s
Campo Geotérmico	2 l/s
Potabilizar	4 l/s

4.5.2.2 Energía eléctrica

Para la construcción de obras en sitio Casa de Maquinas se requiere de tensión trifásica; para las construcciones en campo, estación separadora y pozos, se utilizará tensión monofásica.

La demanda en el sitio casa de máquina será de acuerdo a la distribución de los diferentes frentes de trabajo. En la siguiente tabla se muestra los frentes de trabajo previstos y sus demandas:

10 Cuadro No. 4.5.5 Demanda eléctrica (construcción)

Sitio	Frente de trabajo	Demanda
Casa de Máquinas	Talleres eléctrico, I&C, metalmecánico	150 kW
Casa de Máquinas	Taller de Carpintería y doblado de varilla	75 kW
Casa de Máquinas	Tuberías y recipientes	150 kW
Casa de Máquinas	Turbogenerador y auxiliares (BOP)	150 kW
Casa de Máquinas	Comedor y Oficinas	75 kW
Estación Separadora	Todos	75W

4.5.2.3 Alcantarillado

Alcantarillado de Drenaje:

El alcantarillado de drenaje es la obra que permite la recolección de aguas geotérmicas de todas las plazoletas de pozos productores. Este alcantarillado inicia en cada plazoleta en los canales colectores de silenciador y se viene recorriendo casi paralelamente a la tubería de vapor ducto o flujo bifásico hasta llegar a verter estas aguas en la laguna principal a través de la toma de entrada. También hay una línea de alcantarilla proveniente de la Estación Separadora.

Esta obra consiste en la construcción de una red de 2600 metros lineales de alcantarillado, de diámetros variables (300mm hasta 900mm), alcantarillas de concreto clase III, sistema de unión campana – espiga, unión solaqueada con mezcla de mortero de cemento y arena o unión con una banda elástica o empaque de hule.

Se realizaron prueba de ex filtración para determinar la tolerancia de filtración de aguas del interior de la alcantarilla hacia el exterior de la misma.

Esta red de alcantarillado contaba cuenta con cajas de registros construidas a base de mampostería reforzada cada 30 metros aproximadamente.

Cimientos de Silenciadores y Canales de Drenaje

Esta obra constituye parte del sistema de pruebas de pozos, para lo cual se construyen unos cimientos de concreto reforzado con acero, para silenciadores metálicos de 3.0 m o 3.5m de diámetro, según la característica de cada pozo productor, La presencia de aguas en el vapor del pozo es depositado a través del

silenciador en un canal de drenaje el cual a su vez se conecta a un canal colector y este al sistema de alcantarillado de drenaje.

Drenajes y Venteos

Los drenajes y venteos de la tuberías de vaporducto son tuberías por las cuales se libera vapores y líquidos geotérmicos, que deben ser depositados y drenados al sistema de alcantarillado. Esta es una actividad novedosa y amable al medio ambiente con respecto al campo geotérmico Miravalles, ya que los drenajes y venteos se depositan en una caja donde se silencia el efecto y ruido que se produce y se drena el agua geotérmico al alcantarillado de drenaje y no al ambiente.

a. Mano de obra

Por la etapa en la que se encuentra el proyecto, no es muy precisa la estimación de cantidades de personal que se van a requerir durante la etapa de ejecución del proyecto; sin embargo se requiere personal de diferente índole como:

- Peones
- Operarios de construcción
- Albañiles
- Mecánicos industriales
- Mecánicos de precisión
- Auxiliares de soldadores
- Soldadores de diferentes tipos
- Electricistas
- Instrumentistas
- Operadores de maquinaria
- Inspectores de costos
- Ingenieros
- Personal administrativo

La cantidad de personal estaría entre las 600 y 800 personas

b. Campamentos-Talleres-Almacenes-Oficinas

Comedores y bodega de desechos:

Para la construcción de la planta geotérmica Borinquen, se visualizan la instalación de dos comedores satélites, uno en Casa de Máquinas y otro en algún punto estratégico de las obras del campo los cuales serán asistidos y abastecidos desde el comedor central ubicado en el pueblo de Curubandé.

Campers de Oficinas y dispensario:

Se debe instalar camper de oficinas para ingenieros, inspectores de costo y de control de calidad, técnicos, sala de reuniones, batería sanitaria. Estas instalaciones requieren un área de terreno de aproximadamente 1000m².

Puestos de Vigilancia:

Se visualiza 2 puestos de vigilancia fijos, uno en la entrada principal a Casa de Máquinas y otro en la entrada a los patios y almacenes. Además los puestos móviles para las obras de campo.

Sala de Recreo:

Se requiere un área de esparcimiento de 100 m² para la instalación de mesas de pin pon, futbolines, mesa de pool y mesa para lectura de periódicos.

Parqueos:

Se debe destinar un área de parqueo para buses, vehículos, motos y maquinaria que laborará en el proyecto. Se estima un área de 5000m².

Terminales de abordaje de buses:

Se requiere instalar zonas de abordaje a los buses del transporte de personal, con el fin de evitar que en tiempo de invierno el personal ingrese estilando agua.

Polvorín:

Se requiere instalar un polvorín para el resguardo de material explosivo, este debe estar retirado según la carga explosiva que tenga almacenada y estar confinada dentro de una barrera de protección ya sea muro de concreto o montículo de tierra para retener onda expansiva en caso de detonación.

4.5.3 Disposición de residuos

Los criterios que orientan la propuesta de manejo de los residuos sólidos y líquidos, tienen relación con los residuos que genera la etapa constructiva de un proyecto de generación geotérmica con una población laboral máxima de 1500 personas, que implique el tratamiento de aguas grises y negras, y los lixiviados de un relleno sanitario con capacidad para recibir un volumen máximo de 3500 m³ en 5 años, entre residuos ordinarios y tierra de recubrimiento.

Por gestión de los residuos, hacemos referencia al conjunto de operaciones dirigidas a darles a estos el manejo más adecuado, de modo que se logre, la protección efectiva del ambiente natural y la salud de las personas, y optimizar el

aprovechamiento de los recursos y materiales disponibles. El manejo está muy asociado a las características de los residuos generados y estará fundamentado en los principios de prevenir y/o minimizar la producción de residuos. Ello implica realizar un esfuerzo concreto y sostenido por evitar la contaminación, reducir el consumo, reciclar, reutilizar, recuperar, compostar y extender la responsabilidad al proveedor, esto último, con relación al manejo o destino de sobrantes y envases reciclables y/o reusables. Debe incluir acciones concretas relacionadas a su recolección, transporte, valorización, almacenamiento, recuperación, y a su disposición, tratamiento y/o eliminación final.

Otros principios a tener en cuenta son la precaución ante la incertidumbre científica, la prevención del daño antes que su reparación, la toma de decisiones con respeto y participación de las comunidades aledañas, y el asegurar la preservación del ambiente y la estética del paisaje, durante la construcción de las obras del proyecto.

La gestión y las acciones propuestas, se sustentan en la aplicación de la normativa institucional del ICE y de la legislación vigente en esta materia. Se atienden complementariamente, normas y procedimientos institucionales de seguridad e higiene ocupacional.

4.5.3.1 Sólidos

Centro acopio materiales reciclables y reutilizables

Ha sido política de la Institución, ahora vinculante a la nueva legislación, promover y aplicar el reciclaje y reutilización de todos aquellos residuos que lo permitan, contando con el apoyo de proveedores y amparado en convenios con empresas dedicadas a esta actividad. Para lograrlo, se hace necesario desarrollar un primer subproceso de preclasificación y separación previa en los frentes de trabajo y en todas las instalaciones funcionales, mediante la instalación de estaciones con recolectores rotulados y sitios recolectores para residuos mayores, que permiten separar de manera definitiva, los residuos ordinarios de aquellos que pueden ser reciclables o reutilizables.

Un segundo subproceso continua con la recolecta periódica de estos residuos preclasificados y su traslado, por parte de los generadores, a un relleno sanitario los primeros, y los segundos, a un centro de acopio debidamente acondicionado. Esto es, un área techada dividida en compartimentos rotulados para almacenar temporalmente el residuo que corresponda y que no puede acopiarse a la intemperie, y un área o patio no techado, también con espacios separados rotulados, para almacenar de manera ordenada los residuos que toleran la exposición abierta.

Completa el ciclo, un subproceso final que consiste en coordinar con dos dependencias de la Institución, el traslado de los residuos, a empresas

recicladoras vía convenios o a centros de acopio regionales propiedad del ICE, para su licitación y venta. Los reusables retornan básicamente a las empresas proveedoras, por obligaciones contractuales que se establecen en los procesos de compra o por obligaciones derivadas de certificaciones ISO-14000.

Los convenios se extienden a empresas que brindan tratamiento a los residuos especiales y/o peligrosos, incluyendo los que representan riesgo biológico.

Relleno sanitario

Al relleno sanitario, que consiste en una fosa impermeabilizada con geomembrana con filtros de fondo para salida para lixiviado y ductos elevados tipo chimenea para salida de gases, llegan todos los residuos de tipo ordinario, incluyendo los residuos de la preparación de alimentos y los sobrantes de comida, y los que resultan de la limpieza de separadores de sólidos y grasas de las aguas residuales de comedores, así como lodos secos de la planta de tratamiento. El traslado de estos residuos ordinarios al relleno, se realiza diariamente, mientras los demás ordinarios se recolectan dos veces por semana. Para su transporte se cuenta con un vehículo especial. Los lixiviados drenan y se descargan en la planta de tratamiento.

4.5.3.2 Líquidos (incluyendo drenajes)

Sistemas de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales ordinarias originadas en el proceso constructivo, opta por dos opciones: planta de tratamiento en alguna de sus modalidades, y tratamientos por medio de biodigestores adicionando un tratamiento terciario. Se tiene experiencia con ambos sistemas con resultados de costo y eficiencia similares, pero con mayores costos de mantenimiento para una planta de modalidad lodos activados. Ambas logran cumplir con los valores de los parámetros DBO, DQO, pH, T^o, SSed., GyA y SAAM exigidos por la Ley, en tanto reciban el control operacional y el mantenimiento establecido por la misma Ley, y se acate las instrucciones y recomendaciones del manual de operaciones del diseñador.

Aceites y combustibles

Aceite de cambio: se recolectan en estañones en la estación donde se presta el servicio, separándolos por tipo de aceite. Se verifica que los estañones no tengan fugas ni abolladuras, estén libres de agua y de aceite impregnado en su exterior. Este aceite es recolectado y transportado por personal calificado de una empresa certificada vía convenio institucional.

Fugas y derrames en automotores:

Se realizará un estricto control mediante la revisión previa a la contratación de maquinaria, que de pasar las pruebas, continúa sometida a un programa de verificación durante su operación

Almacenamiento y trasiego:

Hasta donde las circunstancias lo permiten, porque usualmente la flotilla de maquinaria se moviliza por diferentes frentes de trabajo, se construyen casetas de almacenamiento para aceites y combustibles dotadas de dispositivos de contención. El trasiego se realiza desde los mismos estañones, y en el caso de frentes de trabajo más alejados, existe un camión cisterna pequeño que cumple esta función.

4.5.3.3 Gaseosos.

En cuando a la producción de gases, no se tendrán equipos que produzcan una cantidad significativa de gases contaminantes, sin embargo tanto los equipos ICE como los alquilados deben cumplir con los lineamientos y regulaciones sobre la emisión de gases contaminantes, periódicamente el grupo de talleres de mantenimiento realiza pruebas para verificar que los equipos cumplen con la normativa vigente.

4.5.4 Inventario y manejo de materiales peligrosos

Ver Anexo No. 4.5.1 (Método para la seguridad en el manejo de materiales peligrosos)

4.5.4.1 Residuos a reciclar

Requiere un área estimada de 3.000 m², con un espacio techado de 600 m² dividido en compartimentos; el resto como patio de almacenamiento temporal y a la intemperie, de materiales no susceptibles a la degradación.

4.5.4.2 Escombreras

Escombreras

Constituyen el depósito final de excavaciones, escombros y algunos sobrantes de construcciones, restos de concreto originados en pruebas destructivas, rocas movilizadas en rutas de tuberías y otros materiales similares. En las escombreras habilitadas, se asignará un sitio específico para descarga de desechos estrictamente vegetales y madera limpia.

Selección de sitios

En la búsqueda y selección de la escombrera se atienden requerimientos de tipo técnico y ambiental. Preferiblemente, sitios que reúnan las siguientes condiciones:

Topografía: terrenos con pendientes menores del 15%, a fin de minimizar la erosión y el riesgo de sedimentar cuerpos de agua superficiales.

Microrelieve: áreas conformando terrazas o depresiones naturales, parcial o totalmente fuera de la cuenca visual.

Hidrografía: sitios con ausencia de áreas húmedas o con un alto nivel freático, zonas de recarga, manantiales o ríos, en un radio mínimo de 200m.

Cobertura vegetal: pastizales sin o con pocos árboles dispersos, o con parches pequeños de vegetación.

Entorno: Existencia de barreras vegetales naturales y/o lomeríos que eviten o atenúen la intrusión visual.

Acceso: Tratar de habilitar y utilizar caminos existentes. Procurar realizar los movimientos de tierra en periodos secos o menos lluviosos y evitar transitar por caminos con pendientes mayores de 25%.

En el proceso de aplicación de tales requerimientos, se debe contar con información válida de los elementos geofísicos y de las verificaciones de campo correspondientes. En el caso de escombreras que deban habilitarse en sitios con condiciones limitantes de tipo fisiográfico o geofísico, se deberá contar además, con una valoración de ingeniería de mayor alcance, que garantice la estabilidad del terreno ocupado por la escombrera y la protección adecuada los recursos agua, suelo y cobertura vegetal.

Levantamiento topográfico

Una vez delimitado el sitio, se realizará un estudio topográfico con un detalle de curvas de nivel cada metro. Con base en los perfiles reales y los perfiles hipotéticos o modelo geométrico, se determina la capacidad de la escombrera y, se proyecta el conformado final. El plano final contiene otros pormenores relacionados con el manejo de las aguas pluviales, las pendientes del contorno final y las medidas de recuperación y/o de mitigación visual.

Preparación del sitio y movimiento de tierra.

La preparación consiste en remover y almacenar la tierra orgánica tanto del área del botadero como del camino de acceso, que sería utilizada luego en las actividades de recuperación y, dotar al terreno de un sistema general de

evacuación de aguas pluviales y de accesos para desplazamientos internos. En el caso de existir en el sitio árboles o bosquetes que deban ser eliminados, deberán obtenerse las autorizaciones respectivas y disponer adecuadamente de los materiales vegetativos.

Operación, conformación y recuperación

La operación incluye una serie de acciones que ejecuta un encargado para garantizar lo siguiente: trabajar dentro del área delimitada, llevar una medición estimado de la altura del relleno, orientar la dirección y amplitud de las descargas, definir el sitio específico de descarga para cada tipo de material, aplicar un control puntual y efectivo de las aguas pluviales, construcción de trincheras para retener sedimentos y, llevar el registro del número de viajes descargados en la escombrera.

La conformación es un proceso gradual con el que se trata de combinar la propuesta teórica con la situación real que se va observando, de modo que se vaya logrando un conformado final con rasgos fisiográficos muy similares a la topografía y el paisaje natural predominante. El proceso permite además, la exclusión como escombrera de las áreas conformadas y el inicio de su recuperación inmediata.

La recuperación implica la aplicación de tierra orgánica sobre las áreas de mayor pendiente y/o de suelos infértiles, la dispersión de semilla de especies herbáceas y arbustivas, y a veces, la siembra de árboles en el entorno y dentro de la escombrera.

En esta fase, se considera fundamental el manejo de las aguas pluviales, no solo para evitar la pérdida de suelo y los deslaves, sino también, para favorecer el desarrollo de la vegetación e ir dejando establecido un sistema efectivo de drenajes y un control eficaz de los sedimentos. Cuando sea posible, estos pueden ser dispersados en un terreno con una densa cobertura vegetal rastrera. En el mapa, ver sitios de escombreras seleccionados.

Obras a construir

Para llevar adelante los procesos atinentes a la eficiente gestión de residuos, se requiere contar con la siguiente infraestructura básica:

Centro de acopio materiales reciclables y reutilizable.

Requiere un área estimada de 3.000 m², con un espacio techado de 600 m² dividido en compartimentos; el resto como patio de almacenamiento temporal y a la intemperie, de materiales no susceptibles a la degradación.

Relleno sanitario

Se trata de una fosa impermeabilizada, con subdrenajes para evacuar y trasladar a la planta de tratamiento los lixiviados, y dotada de un sistema de evacuación y expulsión de gases a la atmósfera.

Sus dimensiones están sujetas a la cantidad de personas laborando durante la etapa de mayor actividad constructiva, aplicando la fórmula $Volb = ppc \times N \times 365 \times t/p$, donde ppc es el consumo por persona, N es la población generadora, t es la vida útil esperada y p es la densidad de tipo de residuos en kg/m³, lo que resulta en un volumen estimado en fosa de 46.5 m² por cada 100 personal por año. Para el manejo de los residuos generados por 1500 trabajadores, se estima que el área requerida es de 1200 m²; incluye un patio para almacenar tierra y una sección libre para acceso y descarga.

Planta de tratamiento de aguas residuales ordinarias

Sistema lodos activados compuesto por: un separador de sólidos finos, un separador de grasas, una fosa con inyección de burbuja gruesa para mezcla y otra con inyección de burbuja fina para suspensión en el reactor biológico, un sedimentador de lodos, un tanque para recirculación de lodos, área techada secado lodos, servicio sanitario, ducha lava ojos, tablero control electrónico y bombas para recirculación de lodos. Se estima que requiere una extensión de 1000 m². La opción sustitutiva a una planta de tratamiento, es instalar un sistema de biodigestores más un tratamiento terciario, que demanda disponer de 2000 m².

Escombreras

Si bien no requieren edificación de obras, debe disponerse de un terreno con una extensión de 20-25 hectáreas, en el que deben implementarse obras menores para manejo de aguas pluviales y para retención de sedimentos, obras que son en su mayoría, transitorias durante la operación y permanentes al cierre de las mismas. (Ver Sección 5.1.3.3 de este estudio- Anexo No.4.5. 2 Formulario PIR-IN 02 Método para la Selección, Diseño y Construcción de Escombreras)

4.6 Fase de operación

4.6.1 Equipo y materiales a utilizar

Durante la esta fase del proyecto la movilización será más que todo enfocada al transporte de repuestos y algunos insumos para las labores de mantenimiento de la planta, principalmente será para la movilización del personal de la planta.

Se va requerir al menos contar con 3 vehículos, 1 camión, un vehículo doble tracción y una buseta con una frecuencia de movilización diaria.

Se utiliza la carretera Interamericana hasta la entrada de Cañas Dulces, siguiendo 14 km del centro de Cañas Dulces en las faldas del Volcán Rincón de La Vieja.

4.6.2 Necesidad de recursos

4.6.2.1 Agua.

Agua para proceso: se refiere al agua que se utilizada en las torres de enfriamiento y sistemas auxiliares. Se estima utilizar 213 ton de vapor/h. del cuál el 80% se evapora y el 20% se neutraliza y envía a una laguna para reinyección.

El agua del sistema de circulación es de aproximadamente 900 m³/hora el consumo del agua cruda aun no cuantificado pero se cuenta con un tanque de almacenamiento de 20 m³

Agua para el sistema fijo contra incendios: agua necesaria para el abastecimiento del sistema el sistema contra incendio tiene un tanque almacenador de 620 m³.

Agua para consumo humano: El Requerimiento estimado para 37 personas es de 1,5 litros /seg –para la etapa operativa se requiere que el agua ya este concesionada ante el departamento de aguas del MINAET.

Energía eléctrica:

4.6.2.2 Energía Eléctrica

La generación de energía eléctrica se estima entre 1.5 y 1.7 MW.

4.6.2.3 Alcantarillado

Alrededor de la planta se debe contar con el sistema de alcantarillado adecuado, el cual orienta las aguas pluviales a un cuerpo de aguas- Promedio caudal de aguas residuales generadas (puede hacerse una estimación) .En la etapa operativa se da el manejo de acuerdo a la instrucción técnica: (IT) Manejo de Residuales Ordinarias y Especiales PE-80 -IT 92-007. Se instalaran plantas de tratamiento.

4.6.2.4 Mano de obra

En un PG de simple flasheo de 27.5 MW, requiere de 30 funcionarios distribuidos:

11 Cuadro No. 4.6.1 Mano de obra requerida en operación de planta simple flasheo.

Puesto	Cantidad
Ingeniero Industrial	1
Asistentes administrativos	2
Profesional	1
Técnicos de Operación	12
Ingeniero eléctrico	1
Técnicos eléctricos	2
Ing. Mecánico	1
Técnicos mecánicos	3
Ingeniero electromecánico	1
Técnicos en electrónica	3
Técnicos civiles	2
Técnico de almacén	1

4.6.2.5 Campamentos-Talleres-Almacenes-Oficinas

En la Fotografía No. 4.6.1 se adjunta la distribución en planta de las edificaciones del plantel operativo de una planta geotérmica de las dimensiones del presente estudio.

6 Fotografía No .4.6.1 Distribución de edificaciones de una planta geotérmica de flasheo



Fuente Centro de Generación Miravalles

En resumen se estaría construyendo las siguientes edificaciones u obras civiles:

- Edificio Administrativo (oficinas)

- Almacén Principal: (herramientas, bodegas de repuestos)
- Talleres (eléctricos, mecánico, soldadura,)
- Laboratorios (químico, instrumentos, metrología)
- Comedor

4.6.3 Disposición de desechos y residuos

En la etapa operativa se cuenta con una instrucción técnica para el manejo integral de residuos PE-80-IT 92-006. Ver Anexo No. 4.6.1.

Se estima que el 1.38% de los gases generados en la operación son gases incondensables; de lo cual el 98% es dióxido de carbono y el 2% otros gases, en su mayor porcentaje sulfuro de hidrógeno. Las fuentes son: los silenciadores, las torres de enfriamiento, la descarga del condensador y emisiones del drenaje de las tuberías de vapor.

4.6.3.1 Ruido

Las plantas geotérmicas deben tener contemplado el aislamiento, con el fin de minimizar el impacto generado, además de implementar mediciones para monitoreo de los límites. Las emisiones de ruido en una planta geotérmica no sobrepasan los límites, sin embargo hay emisiones de ruido puntuales como la descarga del silenciador que emite hasta 120 db. En la etapa operativa se cuanta con la Instrucción Técnica sobre Control de Ruido PE-80-IT 92-002.

4.6.4 Inventario y manejo de materiales peligrosos

- Vapor
- Biosida Aqua x 225
- Biosida aquí 325
- Soda caustica en escama,
- Otros químicos como: herbicidas desinfectantes, desengrasantes, diluyentes, pinturas, aceites, alcoholes; entre los más importantes.

4.7 Descripción de la normativa Legal

4.7.1 Marco Jurídico

4.7.1.1 Introducción

En el presente capítulo se analizará la normativa ambiental aplicable al Proyecto Geotérmico Borinquen, como instrumentos fundamentales a observar en la toma de decisiones del desarrollador durante las fase construcción y operación a partir del otorgamiento de la licencia ambiental por de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental- SETENA.

Constitución Política de la República de Costa Rica

En primer orden se tiene el máximo instrumento normativo como lo es la Constitución Política, base para el desarrollo y la convivencia social y política a través del artículo 50 constitucional, el cual resulta de vital importancia en la ejecución del Proyecto, con el que se ejercitan las potestades del Estado en procura del mayor bienestar de sus habitantes, organizando y estimulando la producción, procurando el más adecuado reparto de la riqueza; cometido que cumple el Instituto Costarricense de Electricidad en la prestación del servicio público de electricidad utilizando fuentes renovables como la geotermia y satisfacer así el incremento de la demanda eléctrica nacional.

En virtud de lo anterior, la Institución en su condición de desarrollador del presente proyecto, ejercerá sus facultades al amparo del principio constitucional del derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que integra aspectos: económicos, políticos, culturales, sociales y tecnológicos latentes en el presente estudio.

4.7.1.2 Legislación Ambiental General - Salud - Administrativa

Ley Orgánica del Ambiente, No 7554

Instrumento de amplio alcance e influencia en el control del desempeño ambiental del Proyecto en factores ambientales como aire, agua, suelo, entre otros, susceptibles de generar impactos ambientales sean éstos positivos o negativos, mismos que serán analizados de conformidad con la normativa vigente.

Como parte de las obligaciones que asume el desarrollador para la ejecución de la obra, la norma establece la designación de un Responsable Ambiental o Regente Ambiental, al que le corresponde asegurar el seguimiento a las medidas de control ambiental adquiridas por el Instituto Costarricense de Electricidad en el marco del Plan de Gestión Ambiental, derivado del Estudio de Impacto Ambiental, para lo cual rendirá garantías de cumplimiento y funcionamiento, presentará una Declaración Jurada de Compromisos Ambientales mediante la cual el proponente o desarrollador se compromete a cumplir las medidas ambientales inscritas en el Plan de Gestión Ambiental- PGA, aprobado por La SETENA.

Contempla a nivel macro aspectos de importancia para el proyecto como lo son: el recurso forestal, el aire, el agua, el suelo, los recursos energéticos y la contaminación, mismos que cuentan con su propia regulación.

Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Electricidad, No. 449

El proyecto objeto del presente análisis se constituye en una obra más a realizarse por la Institución, como parte de las obligaciones que le exige su propia ley de creación, donde el principal objetivo es la satisfacción de las necesidades

energéticas de la nación, empleando para ello todos los medios técnicos, legales y financieros necesarios, disponiendo en forma racional de los recursos naturales existentes.

Ley No. 591 Facultad del Instituto Costarricense de Electricidad para la Investigación, Exploración y Explotación de los Recursos Geotérmicos del País -Declaratoria de Interés público Recursos Geotérmicos

La presente norma es la que habilita a la Institución para investigar, explorar y explotar los recursos geotérmicos, del país, como garantía de desarrollo sostenible, evitando hasta donde sea posible, alterar las condiciones naturales de las áreas de interés turístico. Le faculta además para adquirir todos aquellos terrenos necesarios para cualquiera de las etapas del proceso geotérmico.

Ley General de Salud, N° 5395

Como norma de carácter general va dirigida a la protección de la salud humana presente en aquellas actividades a realizar por el Proyecto y relacionadas con el manejo de desechos (orgánicos e inorgánicos, contaminantes o inocuos), contaminación del aire (por emisiones atmosféricas provocadas por maquinaria y equipo que emplea motores de combustión interna; así como la generación de ruido por estos componentes), en materia de suelos (durante labores de excavación, remoción superficial, relleno, compactación, etc.) y de aguas (vertido de aguas de uso doméstico de campamentos o aporte de sedimentos arrastrados por la lluvia o que por efecto de la gravedad alcanzan diversos tipos de cauces hídricos).

Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317 y su Reglamento DE No. 32633- MINAE.

Declara de dominio público la fauna silvestre como recurso natural renovable que forma parte del patrimonio nacional.

Regula el otorgamiento de licencias para la extracción y colecta de flora, ejerce control sobre la expulsión de desechos sólidos o líquidos en aguas nacionales, prohíbe la extracción de flora y fauna silvestre de los refugios nacionales de vida silvestre.

Establece la prohibición de arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminantes en manantiales, ríos, quebradas, arroyos permanentes o no permanentes, lagos, marismas y embalses naturales o artificiales, esteros, turberas, pantanos, aguas dulces, y salobres o saladas, por lo que deberá impedirse que los desechos sólidos o aguas contaminadas destruyan la vida silvestre.

Ley Forestal y sus Reformas, N° 7575 y su Reglamento DE- N° 25721 — MINAE

De conformidad con la norma para la corta de árboles en zonas cubiertas de bosque que no se encuentre bajo régimen de patrimonio natural del Estado, requerirá del cumplimiento de los trámites y permisos respectivos a gestionarse ante la Administración Forestal del Estado; actividades que serán fiscalizadas por un profesional en ciencias forestales (Regente Forestal), quien ejecutará los inventarios forestales, gestionará las autorización ante el ente rector e informará al Colegio de Ingenieros Agrónomos, mediante informes de regencia de dichas actividades.

El regente forestal ser responsable de velar por el cumplimiento de los planes de manejo, emitirá recomendaciones y observaciones durante la ejecución del plan que resultarán de carácter obligatorio para el ICE. La fiscalización y el control de ésta actividades recae en las oficinas sub-regionales de las Áreas de Conservación, quienes podrán ingresar al inmueble donde se ejecuten las actividades, las veces que considere conveniente.

A considerar con especial atención en el desarrollo de las obras del proyecto, las limitaciones de ley en las zonas de protección de nacientes que se ubiquen dentro del área de su área de influencia.

Ley de Biodiversidad, N° 7788

El principal objetivo de la presente ley es conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos, así como distribuir en forma justa los beneficios y costos derivados. Para los efectos del presente estudio, el desarrollador ejercerá una vigilancia permanente mediante la regencia ambiental, que velará por la plena ejecución de las medidas de control ambiental previamente establecidas en el Plan de Gestión Ambiental.

Prevalecerán en la aplicación de la presente ley para la conservación de especies in situ y ex situ en lo que respecta a las medidas en las áreas forestales y biológicas los criterios de prevención, la precaución o in dubio pro natura, de interés público ambiental y de criterio de integración.

Reglamento General sobre Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Decreto Ejecutivo No 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC.

Instrumento que constituye el marco metodológico técnico y de procedimientos reglamentarios, de referencia obligatoria, que el Desarrollador ha empleado o empleará, con el fin de garantizar a las partes involucradas en el proceso - desarrollador, Estado, comunidad- que en el Proyecto implementará y operará, dentro de un marco de respeto a la normativa ambiental de distinta índole relacionada con la obra a ejecutarse.

Interés Público de Proyectos de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. DE 26728 -MP-MINAE.

De gran importancia por cuanto abre la posibilidad de solicitar la autorización de corta de aquellos árboles que interfieren y afectan la fase de construcción y operación de las obras de generación y transmisión eléctrica y que se ubiquen en zonas de protección de ríos y quebradas; por constituir las mismas, obras consideradas de conveniencia nacional.

Incluye la posibilidad de extraer árboles de especies legalmente vedadas o en vías de extinción y de intervenir sitios cubiertos de bosque, cuando las necesidades constructivas así lo requieran.

Por las condiciones propias de la líneas de transmisión, las cuales normalmente impactan zonas de protección de ríos y quebradas al atravesarlas perpendicular o paralelamente, este decreto garantiza un trámite ágil (no excluye la necesidad del trámite de obtención de permisos de corta de árboles) en las oficinas Sub-regionales de las áreas de conservación y siguiendo lo establecido a tal efecto en la Ley Forestal vigente.

Políticas Ambientales del Instituto Costarricense de Electricidad; y Lineamientos Ambientales del Sector Energía del ICE

Resume la política ambiental que la institución promulgó mediante Acuerdo del Consejo Directivo, artículo 2, sesión No. 5388 del 19 de marzo de 2002, las cuales fueron modificadas mediante el artículo 1, sesión No. 5486 del 11 de febrero de 2003; así como los Lineamientos Ambientales particulares del Sector Electricidad de la Institución, comunicados mediante nota de la Subgerencia de Sector, No. 9110.55795.2002 del 1° de noviembre de 2002, los cuales fueron modificados el pasado 1 de marzo del 2013 por la Gerencia de Electricidad. Ver Anexo No. 11.1.

En ellos la institución se compromete a llevar a cabo las actividades que la ley de su creación le encomendó en materia de desarrollo de los servicios eléctricos y telefónicos; asumiendo una filosofía y procesos de trabajo que aseguren el menor impacto ambiental sobre el entorno en el que se analizan, ejecutan y operan sus proyectos.

Suelos

Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, No 7779

Remite al ordenamiento territorial para la conservación de suelos en tierras de uso agroecológico de conformidad con el Plan Nacional para el manejo, conservación y recuperación de suelos por áreas o regiones, lo que permitirá identificar el tipo

de suelos que será intervenidos con la construcción del proyecto, así mismos permitirá establecer las acciones a implementar con el Plan de Gestión Ambiental.

Aguas

Ley de Aguas, No.276

Exige la autorización para el aprovechamiento de las aguas públicas, lo conllevará para los efectos del identificar las necesidades del recurso en los diferentes frentes de trabajo de la fase constructiva y de operación, no permitiéndose el uso de la concesión que se otorgue para fines distintos.

Deberá aplicarse en la explotación del recurso todas las medidas necesarias tendientes a la conservación de árboles para evitar la disminución del recurso hídrico.

Ley General del Agua Potable, No. 1634.

Regula el uso óptimo del recurso agua con el fin de evitar desperdicios en cualquier localidad del país, reprimiendo a quienes perturben el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

Como medidas que deberá adoptarse en la construcción del proyecto para evitar que se afecte la operación, distribución o condiciones físicas, químicas o bacteriológicas del agua del suministro de agua potable, deberá evitar la construcción de instalaciones, edificaciones deberá evitar realizar labores comprendidas en las zonas cercanas a fuentes de abastecimiento, plantas purificadoras o cualquiera otra parte del sistema.

Ley Constitutiva del Instituto de Acueductos y Alcantarillados, N° 2726.

Se regula el control de la contaminación del recurso agua; su aprovechamiento, utilización, por tratarse de aguas de dominio público, delegando en el ente el efectivo cumplimiento de la Ley General de Agua Potable.

En caso de que la construcción del Proyecto quiere construir, ampliar o modificar sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas servidas y pluviales, público o privado, se requerirá de la autorización previa del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Tránsito por vías públicas

Ley de Tránsito por Vías Públicas y Terrestres, N° 7331.

Ley de uso general aplicable a cualquier actividad que requiera de medios de transportes, estableciendo las pautas para el trazo de las vías públicas, requisitos legales y físicos que deben cumplir los vehículos y conductores conlleva una serie de criterios en el caso de accidentes de tránsito, control de emisiones, entre otros.

Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. No 31363- MOPT.

Si el desarrollador requiere transportes equipos o componentes mayores, que puedan implicar exceso de peso, necesariamente deberán tener presente lo estipulado en este instrumento jurídico, para efectos de sus vehículos o los de los contratistas, circulen dentro de los límites de pesos y dimensiones máximos permitidos.

Reglamento del Transporte de Automotor de Carga Local N° 15624.

Este reglamento menciona los aspectos generales a cumplir con los vehículos destinados al transporte de carga sobre el territorio nacional, establece las condiciones generales que debe acatar, las clasificaciones y las condiciones que deben cumplir las empresas que se dediquen a esta actividad, tal es el caso de transporte de materiales necesarios para las distintas obras del proyecto como: alimentos, combustibles, estructuras, conductores, equipos de construcción y materiales de construcción.

Ley General de Caminos Públicos, N° 5060.

Instrumento normativo que hará obligatoria su observación en la construcción del presente proyecto en la medida que requiera intervenir o construir redes viales, a como la identificación de ente que tiene a cargo su administración, con quien deberá coordinar cualquier acción en ese sentido.

Le corresponde al Ministerio de Obras Públicas y Transportes la facultad de valorar y aprobar o rechazar solicitudes presentadas por instituciones descentralizadas dirigidas a hacer uso de servidumbres de vías públicas o variar los alineamientos de ley.

Manejo de residuos

Ley para la Gestión Integral de Residuos, No. 8839

Su objetivo es garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como la protección de la salud pública

asignando la responsabilidad de la gestión integral de residuos a los diversos actores como es en este caso, el Proyecto a ejecutarse, reduciendo en lo posible la generación de residuos para lo que se requerirá la observación e implementación de medidas tendientes a realizar recolección selectiva, transporte, acopio, almacenamiento, reutilización, reciclaje y la disposición final adecuada de residuos.

Reglamento para el Manejo de Desechos Peligrosos Industriales N° 27001-MINAE

Los procesos constructivos deberán de cumplir e identificar los desechos de carácter peligrosos que se produzcan, correspondiéndole al desarrollador posterior a su clasificación realizar un adecuado almacenamiento y disposición final de los mismos.

Permiso de funcionamiento

Reglamento General para el otorgamiento de permisos de funcionamiento del Ministerio de Salud. Decreto 34728-S

Se requerirá para la entrada en operación de comedores, consultorios médicos, plantas de tratamiento entre otros la obtención de los permisos de funcionamiento, que conllevará la implementación de un plan de manejo de desechos, de atención de emergencias y de salud ocupacional, dependiendo de la cantidad de trabajadores.

Contaminación

Ruido

Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido, DE 28718-S

El control del ruido se encuentra regulado por límites a la emisión del mismo de allí que se establezcan límites a las actividades que eventualmente causen efectos a la salud humana, por esta razón el desarrollador deberá observar en todo momento las disposiciones que establece el presente Reglamento, y asegurarse que sus actividades se ejecutarán dentro de los límites establecidos caso contrario deberá implementar acciones correctivas y llevar la situación a los límites permitidos.

Corresponderá al Ministerio de Salud ejercer la tutela y aplicación del instrumento, cualquier incumplimiento será objeto de las sanciones que establece la Ley General de Salud.

Aire

Reglamento sobre inmisión de contaminantes atmosféricos, DE 30221-S

Establece los parámetros o valores de calidad del aire que deben de prevalecer, estableciendo máximos de inmisión, se adiciona además estaciones de muestreo, y la necesidad de implementar medidas de mitigación adicionales cuando sean superados los parámetros permitidos, esto con el fin de proteger la Salud Humana y el Ambiente.

Salud

Reglamento sobre Higiene Industrial N° 11492-S.

Este instrumento establece distintas disposiciones que deberán respetarse según actividad que se ejecute que eventualmente cause una distorsión a las comunidades que se encuentren a sus alrededores, debiendo tomarse las previsiones necesarias para reducir al máximo las mismas. Así mismo, considerará los efectos que dichas actividades tengan sobre los trabajadores.

Reglamento General de los Riesgos del Trabajo N° 13466 – TSS

El presente instrumento tiene como propósito de proteger al trabajador durante el ejercicio de sus trabajos, en ese sentido el Proyecto se asegurará de que el personal que presta servicios se encuentre cubierto por la póliza de riesgos del trabajo (accidentes o enfermedades laborales), de acuerdo con las directrices internas del Instituto Nacional de Seguros.

Toda medida de prevención de riesgos que se señale por parte de las autoridades competentes será remitida al servicio de seguridad ocupacional del proyecto y éste deberá comunicarla a la dirección para su implementación.

Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones N° 10541-TSS

Para seguridad los trabajadores, será necesario señalar todos los sitios en los que se emitan ruido en niveles superiores a ochenta y cinco dB (A), con el objetivo de evitar la exposición por personas sin equipos de protección auditivos debidamente certificados. Así mismo, se debe capacitar a todos los trabajadores sobre técnicas de uso y mantenimiento de equipo de protección auditiva, la cual deberá ser exigida en todo momento de exposición.

Reglamento para Regular Campos Eléctricos y Magnéticos en Obras de Transmisión de Energía Eléctrica, N° 29296-SALUD-MINAE.

La presente norma resulta aplicable a la línea de transmisión eléctrica que formará parte del conjunto de obras que se requiere para la puesta en operación del

Proyecto, para lo cual integrará aspectos técnicos y ambientales en el diseño, construcción y operación de la línea de transmisión.

Como parte de los requerimiento que establece el Decreto, y que deberán respetarse en la medida de las posibilidades técnicas y socio ambientales, está el alejar del corredor de ruta de la línea de transmisión de centros poblados en aplicación del Principio de Evitación Prudente, reduciendo de esta forma hasta donde sea factible, el nivel de exposición de las personas a estas fuentes emisoras de CEM.

Expropiaciones

Ley de Adquisiciones, Expropiaciones y Servidumbres del Instituto Costarricense de Electricidad, Ley 6313.

Para los efectos de la ejecución del presente proyecto se procederá a la adquisición de los terrenos necesarios para el mismo, utilizando para ello la Ley que así le faculta sea en la vía administrativa o judicial cuando no exista acuerdo de partes.

Ley sobre Patrimonio Nacional Arqueológico, N° 6703,

Son considerados patrimonio nacional arqueológico los muebles o inmuebles producto de las culturas indígenas anteriores o contemporáneas al establecimiento de la cultura hispánica en el territorio nacional, lo serán además, los restos humanos, flora y fauna, relacionados con estas culturas.

En caso de que sean descubiertos objetos arqueológicos durante la ejecución del proyecto, los trabajadores deberán ser suspendidos de inmediato, y puestos a disposición de la Dirección del Museo Nacional los objetos encontrados.

5 ENTORNO AMBIENTAL

5.1 Entorno Físico

5.1.1 Clima

5.1.1.1 Descripción de los microclimas

La zona donde se ubica el Proyecto Geotérmico Borinquen, se localiza en la Vertiente del Pacífico, en el extremo norte de la Región Pacífico Norte montañosa, por lo tanto, su clima está modulado por las condiciones de la vertiente del Pacífico, sin embargo debido a su altura y cercanía con la vertiente del Caribe, hace que también tenga influencia de dicha vertiente, por lo que no tiene una época seca definida, ya que en la temporada invernal (de diciembre a febrero) presenta lluvias asociadas a frentes fríos.

Se observa una diferencia de precipitación importante en el área donde se ubica el Proyecto Geotérmico Borinquen. Se han registrado valores de precipitación de 3600 mm sobre los volcanes Rincón de la Vieja y Santa María, y valores de precipitación de 1600 mm en las partes bajas. Dicha diferencia considerable en los valores de lluvia, propicia la existencia de distintos microclimas en distancias muy cortas sobre la región.

Otro factor importante en la modulación del clima es la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que es una extensa línea cercana al ecuador donde confluyen los vientos alisios del noreste del hemisferio norte y los vientos alisios del sureste del hemisferio sur. La ZCIT está asociada con grandes masas nubosas y está sometida a las estaciones, su posición media varía entre los 3° y 9° de latitud norte. Alcanza su posición más septentrional (norte) durante los meses de mayo a setiembre y su posición más austral (sur) durante el mes de febrero.

La temperatura en el P.G. Borinquen varía entre los 14°C y los 33°C con un valor medio anual de 24°C. Las temperaturas máximas se alcanzan entre las 10 y las 14 horas; las mínimas, durante la madrugada. De marzo a abril se presentan las temperaturas máximas, superiores a 29°C, mientras que en la temporada de empujes fríos (de noviembre a febrero) se presentan las temperaturas mínimas, con valores menores a los 20°C.

La humedad relativa tiene un comportamiento similar al de la precipitación de la estación 74036 Pailas y tiene un valor medio anual de 82% con un máximo de 96% en octubre y un mínimo de 66% en marzo.

5.1.1.2 Variables atmosférica

Las variables atmosféricas analizadas fueron lluvia, temperatura, humedad relativa y viento, las cuales se registraron en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012. La estación Pailas presenta una buena correlación con las dos estaciones meteorológicas instaladas en febrero del año 2012 en la zona del proyecto. Dichas estaciones son 74033, Pozo 2 y 74044, Pozo 5; las cuales por tener un registro muy corto no son apropiadas para hacer un estudio de climatología, sin embargo, el registro actual de ambas estaciones es útil para establecer una correlación entre los datos de la zona de proyecto y los datos de la estación de Pailas.

En la Figura No. 5.1.1 se muestra la localización de las estaciones meteorológicas utilizadas en el presente estudio climatológico y en el Cuadro No. 5.1.1 se presentan los valores medios mensuales de los parámetros meteorológicos registrados en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.

12 Cuadro No. 5.1.1 Valores medios mensuales de lluvia, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, temperatura del bulbo húmedo, humedad relativa y viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.

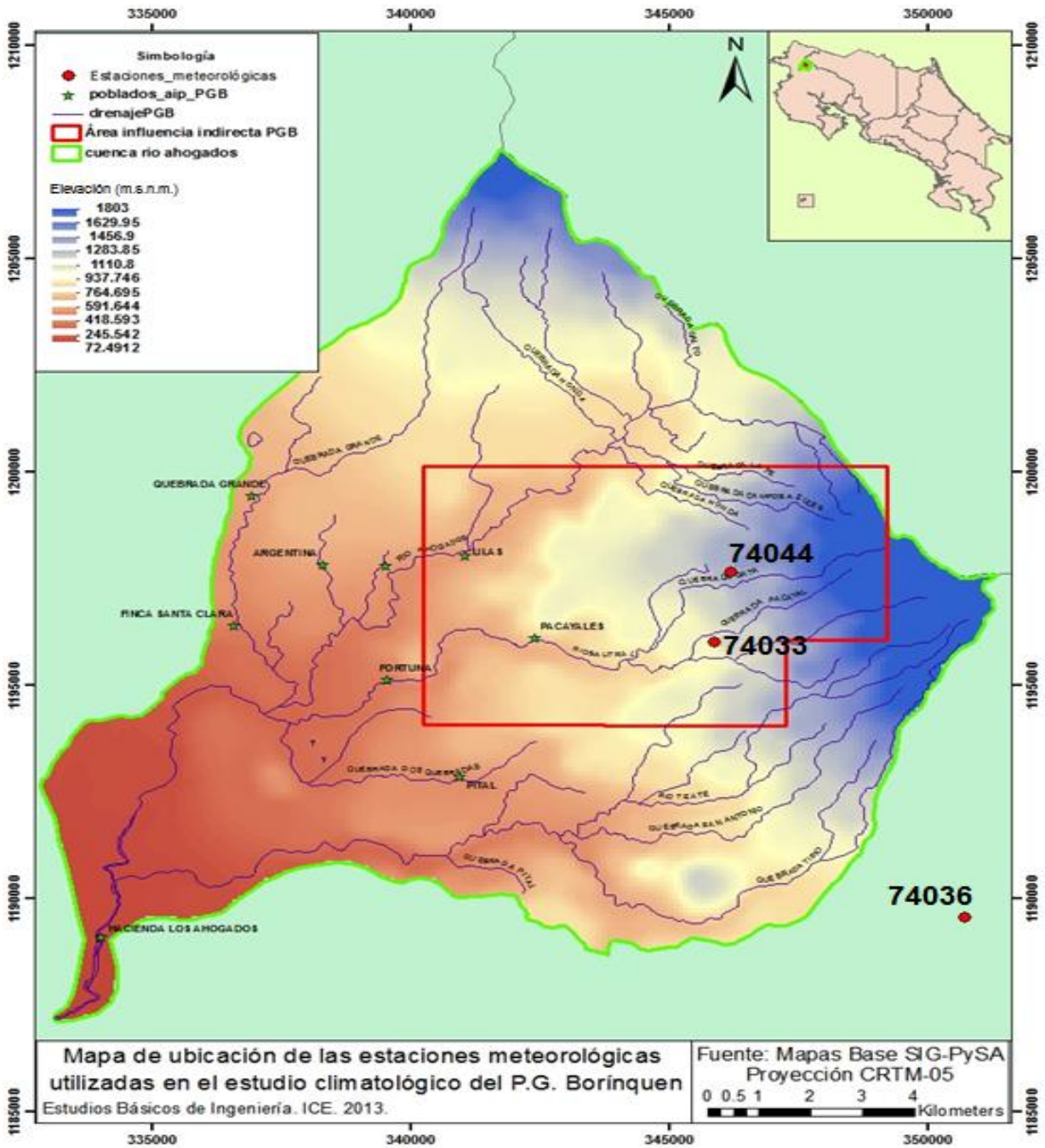
Variable / Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Lluvia (mm)	192.4	121	52	73.6	323.8	356.5	244.3	221.5	377.3	535.9	196.3	92	2891.3
Temp. Máxima (°C)	28	29	30.1	30.8	29.4	28.3	28.2	28.4	28.1	26.9	27.5	27.6	28.6
Temp. Media (°C)	23.5	23.6	24.8	25	24.3	23.5	23.6	23.6	22.5	22.9	23	23.4	23.4
Temp. Mínima (°C)	19.9	19.2	20.3	20	20.6	20.3	20.4	20.3	19.8	20	19.8	19.8	20
Temp. Bulbo Húmedo (°C)	19.9	19.9	20.2	21	22.2	22.4	22.2	22.3	22.2	22.2	21.4	20.4	21.3
Humedad Relativa (%)	72.7	70.3	66.3	70.3	84.4	91	89.3	89.9	94	95.4	87	78.3	82.41
Viento (m/s)	4.9	5.4	4.9	3.5	2.3	1.9	2.2	2.1	1.6	1.5	2.4	3.6	3.4

Lluvia:

La variabilidad de las lluvias sobre la región de Borínquen, está influenciada por el comportamiento de las temperaturas superficiales del mar en el Océano Pacífico Ecuatorial (condiciones de Niño o Niña). Otro factor que también tiene su nivel de afectación, sobre las lluvias en el área del Proyecto Geotérmico de Borínquen, está relacionado con las temperaturas en el Océano Atlántico, cuando las temperaturas sobre dicha región, se encuentran con valores por encima de los promedios (temperaturas más calientes), las lluvias aumentan, lo cual está asociado al paso de ondas tropicales más fuertes y mayores posibilidades de condiciones tipo temporal, asociadas a bajas presiones o huracanes en el Mar Caribe; caso contrario sucede cuando las temperaturas en dicho océano muestran valores bajos (temperaturas más frías), ya que al presentarse este patrón, las lluvias disminuyen sobre la región en estudio.

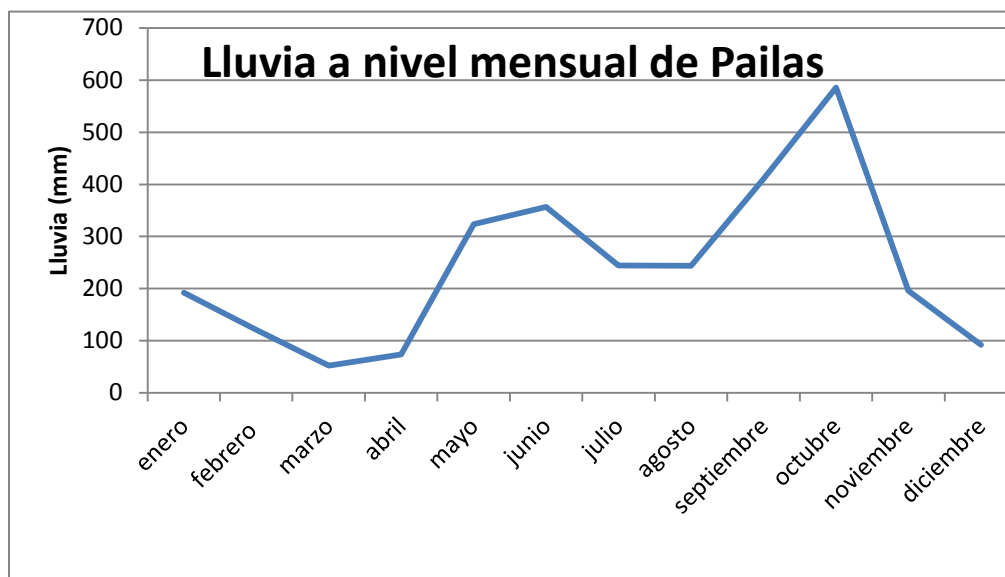
Durante la época lluviosa, también es frecuente el paso de ondas tropicales, las cuales se desplazan de este a oeste y transportan importantes cantidades de humedad, que pueden manifestarse sobre la región de estudio, con condiciones de temporal en horas de la mañana o aguaceros intensos por las tardes y noches.

17 Figura No. 5.1.1 Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio climatológico del P.G. Borinquen



En la Figura No. 5.1.2 se muestra la variación temporal de la precipitación a nivel mensual registrada en la estación 74036 Pailas para el período del 2002 al 2012.

18 Figura No. 5.1.2 Distribución mensual de la precipitación en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012



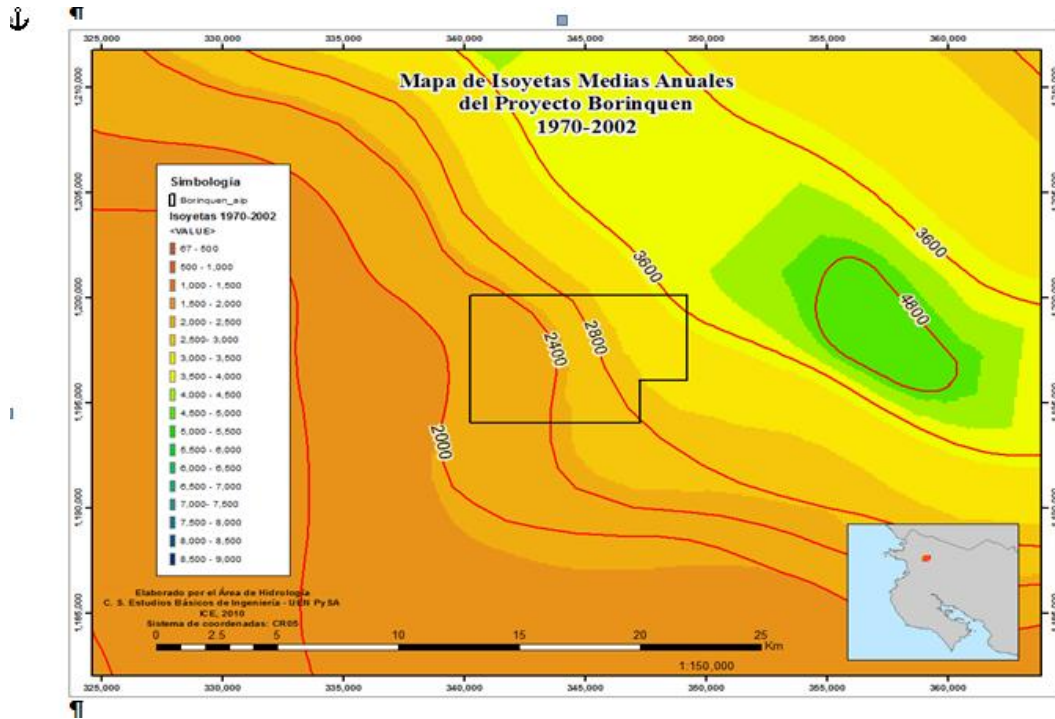
La distribución espacial de la precipitación se presenta en la Figura No. 5.1.3, donde se muestran las isoyetas medias anuales en la zona de Borínquen y su área de influencia directa. El período analizado comprende del año 1970 a 2012, es decir, 42 años, lo cual es suficiente para definir la climatología de la precipitación en un sitio.

Se puede observar que la máxima precipitación, de 3600 mm, se presenta sobre los volcanes Rincón de la Vieja y Santa María, debido a la canalización del flujo húmedo proveniente de la Vertiente del Caribe. Los valores de precipitación disminuyen a 1600 mm en las partes bajas, al suroeste de la región de estudio.

La condición mencionada disminuye conforme se desciende sobre el sector montañoso, hasta llegar a las zonas más bajas, en donde no se observa una influencia de los frentes fríos y por lo tanto si se presenta un período seco bien definido (diciembre a abril).

En conclusión se puede indicar que sobre la región en estudio se presentan condiciones típicas del patrón de lluvias del Caribe (zona montañoso) sin una estación seca bien definida, así como del Pacífico (sobre las partes más bajas) con un período seco y una disminución de lluvias en los meses de julio y agosto, asociados al veranillo (canícula).

19 Figura No. 5.1.3 Isoyetas medias anuales (mm) en la zona del Proyecto Geotérmico Borinquen para el período 1970-2012.

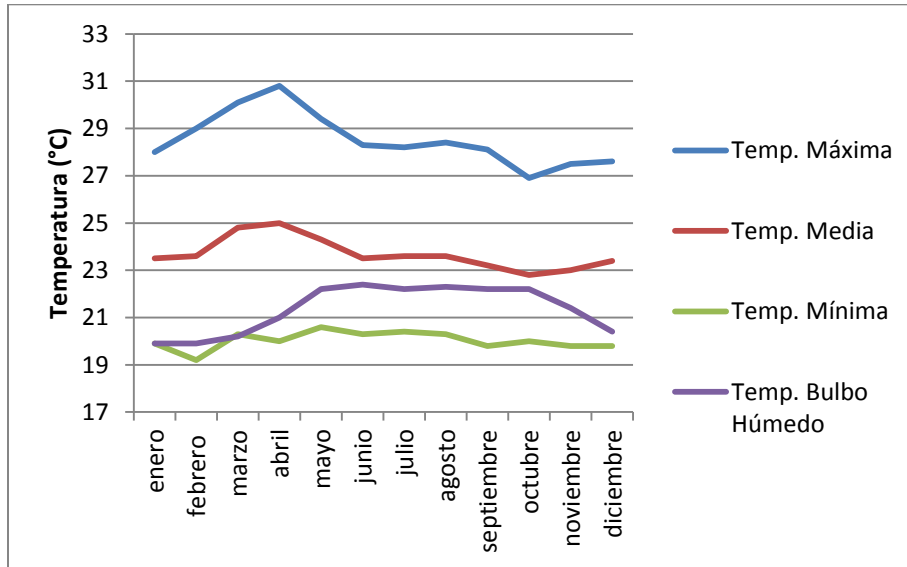


En el Cuadro No. 5.1.1 se mostraron los valores mensuales de la temperatura media, máxima absoluta y mínima absoluta en grados centígrados en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012. La Figura No. 5.1.4 muestra el comportamiento mensual promedio de la temperatura, con un máximo de 25°C en abril, asociada a que los rayos solares para ese mes se proyectan de forma perpendicular a nuestro país, y un mínimo de 22.9° C en octubre, asociado al mes más lluvioso en la zona, por lo cual son pocas las horas de Sol en dicho mes. Mientras que las temperaturas máxima promedio y mínima promedio anuales alcanzan valores de 30.8°C y 19.2°C respectivamente.

Las temperaturas máximas registran sus valores más altos durante el mes de abril y las temperaturas mínimas registran sus valores más bajos durante los meses de noviembre a febrero, asociado al invierno del Hemisferio Norte, además, en este período hay muy poca nubosidad y durante el día, la radiación solar llega directamente a la superficie y por lo tanto, la temperatura del aire aumenta. Por la noche, en ausencia de nubes, gran parte de la radiación escapa a la atmósfera, produciéndose una disminución importante de la temperatura. Durante los meses de junio a agosto (verano en el Hemisferio Norte), la nubosidad aumenta y por lo tanto, llega menos radiación solar a la superficie en el día, de esta forma, las temperaturas máximas disminuyen. Durante la noche, la radiación solar es

remitida y absorbida por la nubosidad que permanece luego de las precipitaciones y por lo tanto, las temperaturas mínimas aumentan.

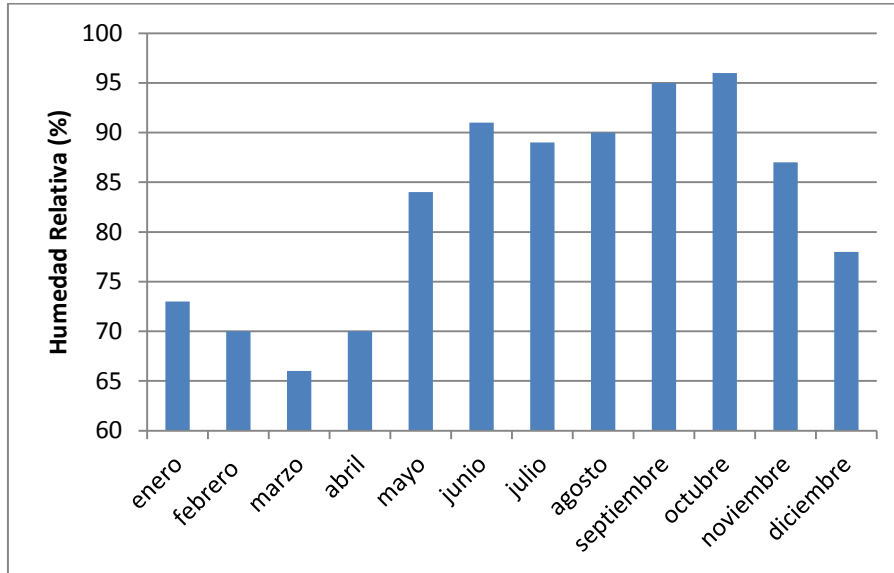
20 Figura No. 5.1.4 Distribución mensual de las temperatura (° C) en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012



Humedad Relativa:

Los valores mensuales de humedad relativa se presentaron en el Cuadro No. 5.1.2 y se grafican en la Figura No. 5.1.5. La distribución mensual de la humedad relativa exhibe el mismo comportamiento de la precipitación en la estación 74036 Pailas. Los valores registrados durante el período analizado, muestran en los promedios mensuales valores superiores al 60%, con el máximo de casi 96% en octubre y el mínimo en marzo, con un 66%. La humedad relativa media anual es del 82%.

21 Figura No. 5.1.5 Distribución mensual de la humedad relativa (%) en la estación 74036 Pailas para el periodo 2002-2012.



Viento:

En general, el clima de Costa Rica está influenciado por los vientos alisios cuya dirección media es del este-noreste en el hemisferio norte (Zárate, 1977). El flujo alisio se intensifica durante los meses de diciembre a abril (época seca) y durante los meses de julio a agosto. Otros campos de viento importantes en la escala sinóptica son los oestes sinópticos y oestes ecuatoriales. Los oestes sinópticos son generados por la presencia de disturbios ciclónicos en el Mar Caribe o al norte y noreste de Centroamérica. Además de los campos de vientos mencionados, a nivel local son importantes los vientos de mesoescala con ciclos diurnos como las brisas de mar-tierra y las brisas de valle-montaña. Estas brisas que tienen componente del oeste afectan principalmente a la Vertiente del Pacífico e influyen en el clima del área de proyecto del P.G. Borinquen durante los meses de mayo a octubre.

Otro aspecto importante que debe considerarse en el estudio del viento en superficie es que éste sufre cambios en su comportamiento al variar la altura y en presencia de obstáculos como montañas, cañones, valle, etc. Considerando lo anterior, el análisis de viento se hará con base en los datos de viento registrados en la estación 74036 Pailas para el periodo 2002 – 2012.

Los Cuadros No. 5.1.2 y No. 5.1.3 muestran los valores de frecuencia relativa (%) y velocidad promedio en m/s (1 m/s = 3.6 km/h) para cada dirección del viento en

la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012. En las Figuras No. 5.1.6 y No. 5.1.7 se grafican los datos del Cuadro No. 5.1.2 y en las Figuras No. 5.1.8 y No. 5.1.9 se grafican los datos del Cuadro No. 5.1.3.

Se puede observar que la dirección media predominante durante todo el año es noreste (NE) con una frecuencia relativa media del 16% y una velocidad media de 4 m/s (14.4 km/h). No obstante, la dirección NE predomina entre diciembre y abril, debido al reforzamiento de los vientos alisios, y la dirección ENE entre mayo y noviembre. A partir de mayo, los vientos alisios empiezan a debilitarse y se nota un aumento en la frecuencia de las direcciones con componente del sur y del oeste, lo que corresponde a la entrada de la época lluviosa en la Vertiente del Pacífico. En mayo y junio es importante la dirección OSO (5.8% y 7.2%, respectivamente). En este caso, las velocidades alcanzan valores menores de 2 m/s. Es notable un leve aumento en la frecuencia y velocidad de la componente del este durante los meses de julio (13.2% ENE, 3 m/s) y agosto (12.7% ENE, 2.9 m/s) debido al reforzamiento de los alisios, lo que coincide con una leve disminución de las lluvias debido a los veranillos. En setiembre y octubre, tienen una frecuencia importante las direcciones ONO y OSO, respectivamente, con una frecuencia relativa de 8% aproximadamente y una velocidad media de 1.7 m/s. La alta frecuencia de estas direcciones se relaciona con la segunda parte de la época lluviosa que es más intensa. En noviembre y diciembre, la dirección SO tiene todavía una frecuencia y velocidad importante, 9.9% y 2.1 m/s y 12.1% y 2.4 m/s, respectivamente. Durante estos meses se incrementa nuevamente la componente del este debido a la salida de la época lluviosa, alcanzando valores de 10.6% del ENE y 3.2 m/s del NNE en noviembre y de 14.5% y 5.7 m/s del NE en diciembre.

13 Cuadro No. 5.1.2 Frecuencia relativa (%) para cada dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.

Dirección	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
N	7.6	8.8	7.7	9.0	5.9	5.3	5.5	6.0	5.8	5.5	6.4	3.3	6.4
NNE	21.4	16.4	15.8	14.4	10.7	10.0	8.2	9.8	9.7	8.5	10.7	12.1	12.1
NE	24.2	26.1	31.7	22.2	15.3	10.9	10.3	10.8	9.5	6.7	9.9	14.5	16.0
ENE	10.8	10.1	12.4	14.1	10.4	11.8	13.2	12.7	9.8	9.3	10.6	13.0	11.5
E	7.2	6.4	7.2	7.5	9.1	8.9	10.3	11.8	9.4	9.3	9.2	9.6	8.8
ESE	3.3	4.4	3.4	4.3	5.6	5.8	5.3	6.9	5.7	5.2	4.8	5.2	5.0
SE	2.4	2.6	2.2	2.7	3.5	3.9	3.7	3.6	3.5	3.9	2.8	3.0	3.1
SSE	1.5	2.3	2.0	2.2	2.9	3.0	2.5	2.4	2.7	3.3	2.4	2.1	2.5
S	2.4	2.8	1.9	2.2	2.6	2.8	3.2	2.7	2.9	3.6	2.6	2.8	2.7
SSO	3.9	4.7	3.1	3.1	3.9	3.8	4.0	3.2	3.9	4.5	5.7	6.9	4.2
SO	4.3	4.6	3.5	4.4	5.0	6.6	6.7	5.2	5.7	6.0	9.9	9.8	6.2
OSO	3.7	3.3	2.3	4.0	5.8	7.2	7.5	6.6	7.1	8.5	7.2	5.2	5.7
O	2.3	2.2	2.1	3.0	5.5	6.0	6.0	5.4	6.6	8.3	5.5	4.4	4.8
ONO	1.8	1.8	1.6	2.6	5.7	6.3	5.4	4.8	7.8	7.9	5.1	3.1	4.5
NO	1.5	1.5	1.3	2.2	4.4	4.4	4.7	4.1	5.9	5.6	3.7	2.7	3.5
NNO	1.7	1.8	1.9	2.1	3.6	3.4	3.7	4.0	3.8	4.1	3.5	2.3	3.0

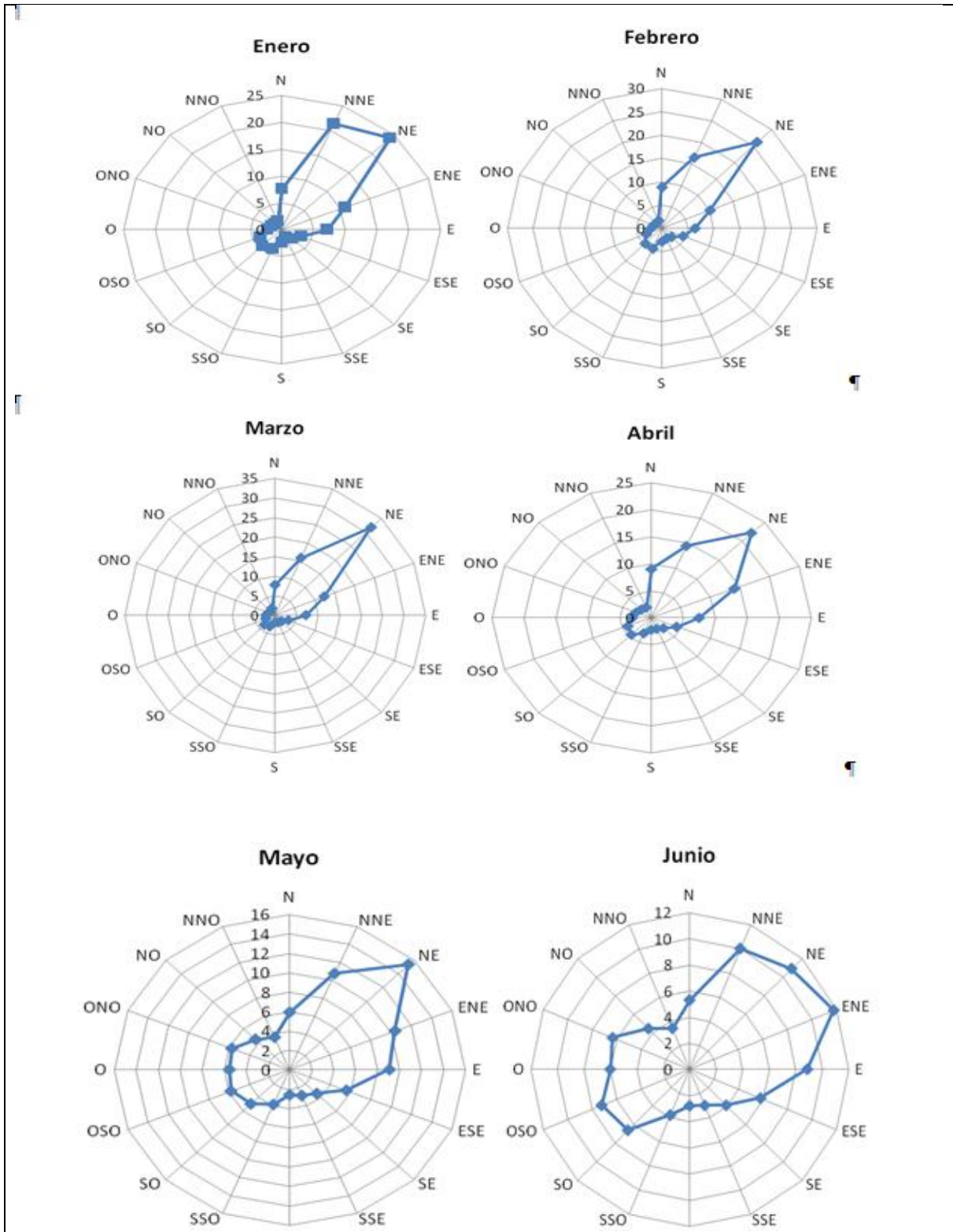
14 Cuadro No. 5.1.3 Velocidad promedio (m/s) para cada dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.

Dirección	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
N	3.4	3.1	2.9	2.5	1.4	1.1	1.8	1.5	1.3	0.7	1.5	2.4	2.0
NNE	6.8	6.6	4.7	3.7	1.9	1.7	2.1	1.9	1.4	1.5	3.2	5.4	3.4
NE	6.7	7.3	6.2	4.5	2.9	2.2	2.9	2.5	1.7	1.9	3.0	5.7	4.0
ENE	5.0	4.9	5.2	4.0	2.5	2.4	3.0	2.9	2.4	1.9	2.8	4.3	3.4
E	4.0	3.7	3.5	3.1	2.4	2.3	3.0	2.8	2.3	1.8	2.7	4.5	3.0
ESE	3.6	3.3	3.0	2.8	2.3	2.2	2.6	2.5	2.2	1.8	2.5	3.4	2.7
SE	3.1	3.4	2.9	2.5	2.1	2.1	2.4	2.2	2.1	1.9	2.3	2.7	2.5
SSE	2.8	3.0	2.6	2.5	1.9	1.9	2.1	2.1	1.8	1.7	2.1	2.7	2.3
S	2.6	2.8	2.5	2.4	1.7	1.8	2.1	1.8	1.7	1.7	1.9	3.0	2.2
SSO	2.7	2.6	2.2	2.2	1.8	1.7	2.1	1.8	1.7	1.6	2.0	2.7	2.1
SO	2.3	2.5	2.0	1.7	1.7	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	2.1	2.4	1.9
OSO	2.1	2.6	2.0	1.8	1.7	1.6	1.9	1.7	1.6	1.5	1.9	2.5	1.9
O	2.6	2.7	2.1	2.0	1.6	1.6	1.8	1.7	1.6	1.5	1.9	2.5	2.0
ONO	2.6	2.5	2.1	1.9	1.6	1.5	1.8	1.7	1.7	1.5	1.9	2.7	2.0
NO	2.8	2.7	2.3	2.2	1.6	1.5	1.7	1.8	1.6	1.5	1.9	2.7	2.0
NNO	3.5	2.8	2.5	2.2	1.6	1.4	1.8	1.7	1.4	1.3	2.0	2.5	2.1

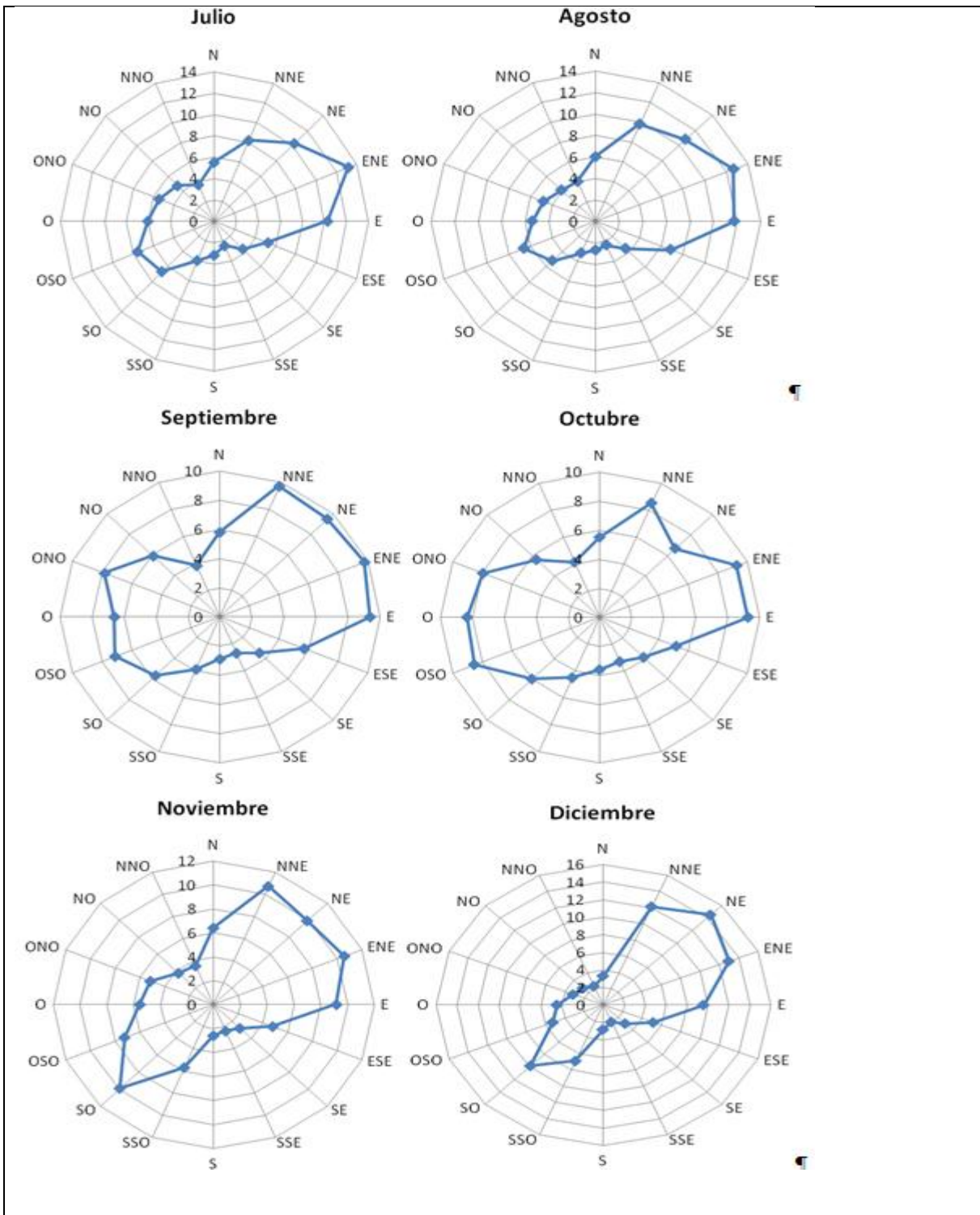
Simbología

N: Norte	E: Este	S: Sur	O: Oeste
NNE: nor-noreste	ESE: este-sureste	SSO: sur-suroeste	ONO: oeste-noroeste
NE: noreste	SE: sureste	SO: suroeste	NO: noroeste
ENE: este-noreste	SSE: sur-sureste	OSO: oeste-suroeste	NNO: norte-noroeste

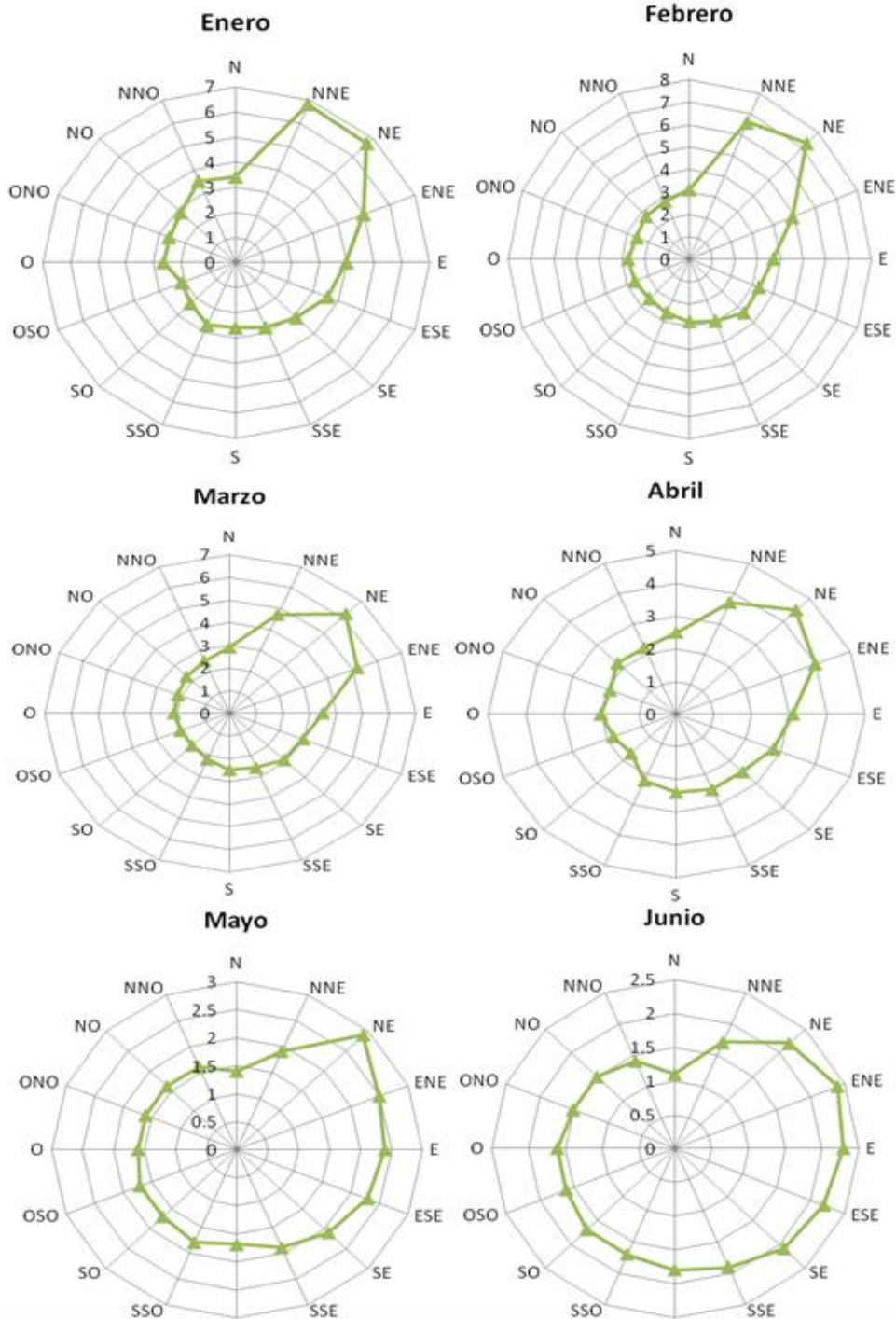
22 Figura No. 5.1.6 Distribución mensual de la dirección del viento (%) durante los meses de enero a junio en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.



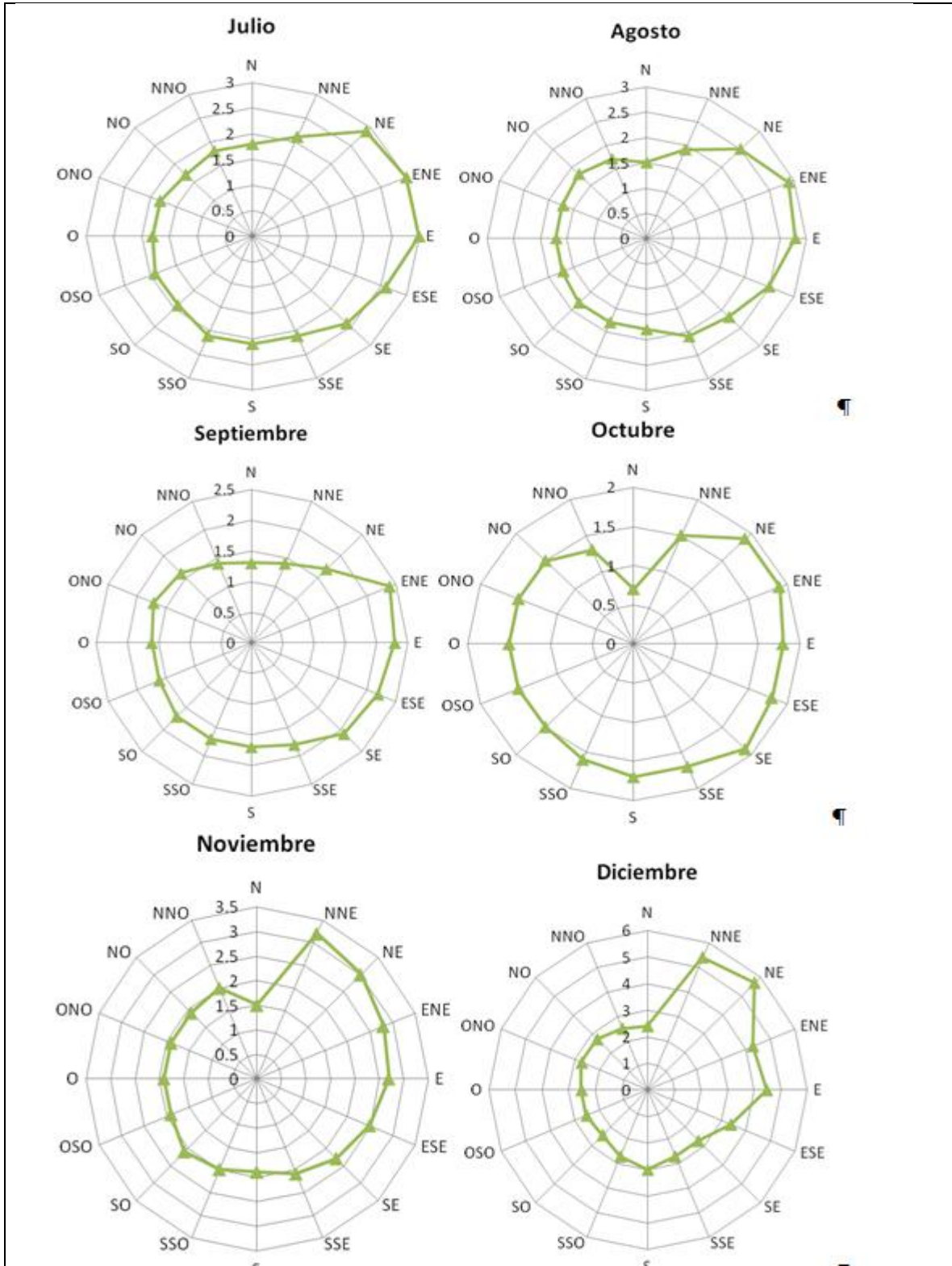
23 Figura No. 5.1.7 Distribución mensual de la dirección del viento (%) durante los meses de julio a diciembre en la estación 74036 Pailas para el periodo 2002-2012.



24 Figura No. 5.1.8 Velocidad promedio (m/s) del viento para cada dirección en la estación 74036 Pailas durante los meses de enero a junio para el período 2002-2012.

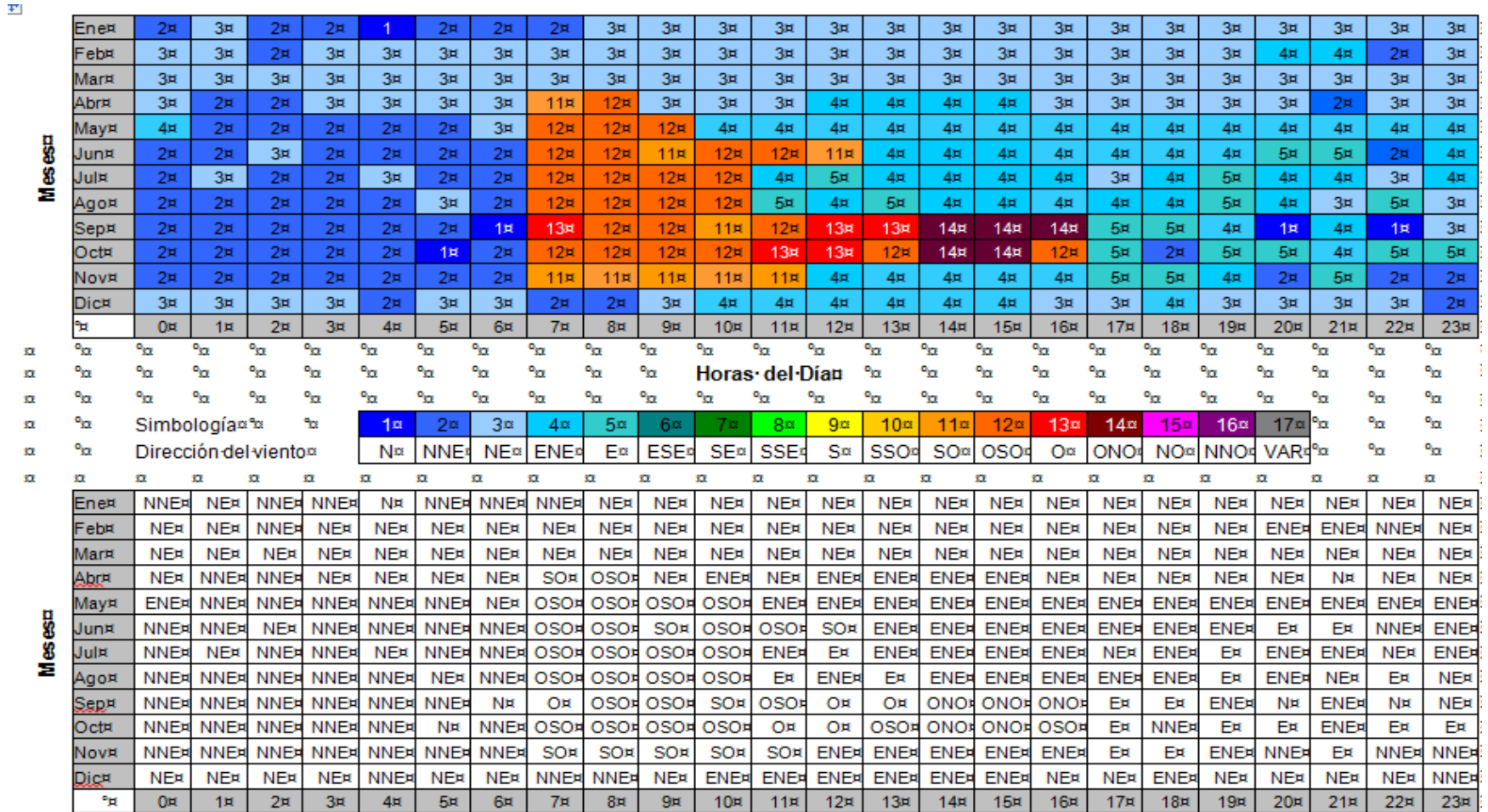


25 Figura No. 5.1.9 Velocidad promedio (m/s) del viento para cada dirección en la estación 74036 Pailas durante los meses de julio a diciembre para el periodo 2002-2012.



La Figura No. 5.1.10 muestra la distribución horario-mensual de la dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012. Durante todos los meses, las direcciones NNE, NE y ENE y E son las más frecuentes. La dirección NNE es la predominante durante la mayoría de los meses en horas de la madrugada (de 0 a 6 horas) y en horas de la noche (21 a 23 horas), lo que es mucho más evidente en enero y entre setiembre y noviembre. La dirección NE predomina entre las 7 y las 19 horas en enero y febrero y a lo largo del día en marzo, abril y diciembre. A partir de mayo y hasta noviembre, son notables vientos con componente del oeste (SO, OSO y O) entre las 7 y 10 horas, con direcciones variables a las 6 y a las 11 horas, coincidente este hecho con la entrada de la brisa de mar debido al calentamiento diurno. Durante estos meses, los vientos con componente este (ENE y E) gobiernan entre las 12 y 23 horas.

26 Figura No. 5.1.10 Distribución horario-mensual de la dirección del viento en la estación 74036 Pailas para el período 2002-2012.



5.1.2 Recursos Hídricos

5.1.2.1 Descripción red hidrológica

Los principales ríos que atraviesan el área de influencia indirecta de P.G. Borinquen son el río Salitral, el río Ahogados y una sección de 2 km del río Tizate. Estos ríos nacen en la ladera suroeste del volcán Rincón de la Vieja a una altura de 1800 m.s.n.m. aproximadamente y forman parte de la subcuenca del río Ahogados, que a su vez es tributaria del río Tempisque. El área de la cuenca es aproximadamente 200 km². En la Figura No. 5.1.11 se muestra la subcuenca del río Ahogados y su red de drenaje hasta la confluencia con el río Tempisque, así como el límite del área de influencia indirecta del P.G. Borinquen.

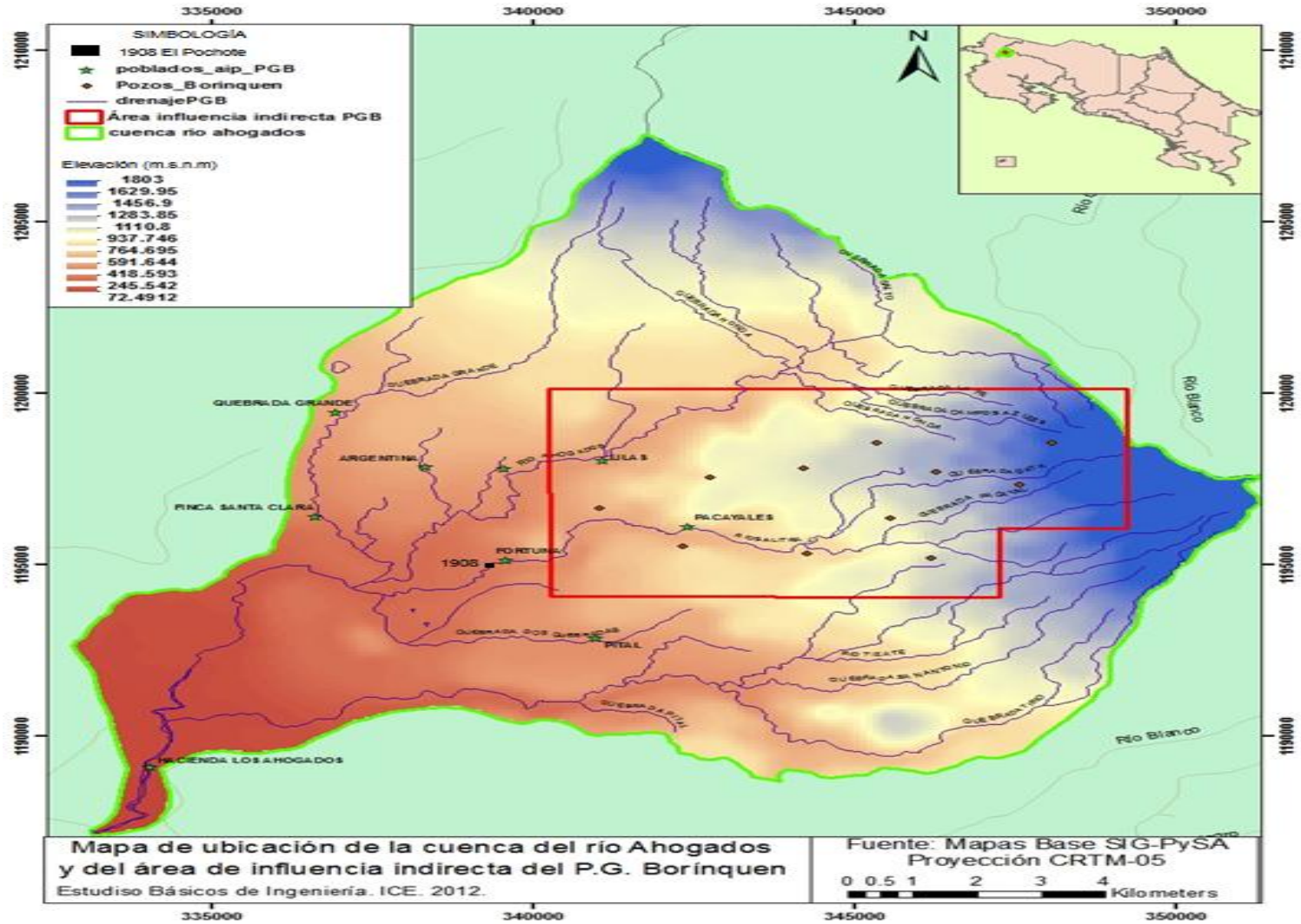
Las dos principales quebradas que alimentan el río Salitral son las quebradas Pacayal (longitud de 4.22 km) y quebrada Gata (longitud de 6.85 km), mientras que las principales quebradas que alimentan al río Ahogados son la quebrada Honda (longitud de 4.13 km), quebrada Campos Azules (longitud de 4.2 km) y quebrada La Fe (longitud de 2.91 km).

5.1.2.2 Caudales (máximos, mínimos, promedios)

La información disponible de caudales en el área de proyecto del P.G. Borinquen es limitada, y se cuenta únicamente con valores de aforos puntuales en diferentes sitios a lo largo del río Salitral durante el período comprendido entre los años 2002 y 2012. En el Cuadro No. 5.1.4 se indican las fechas y los sitios de los aforos realizados, así como los resultados obtenidos en cada aforo.

Además, se cuenta con información de la estación hidrológica 19-08, El Pochote, que por su cercanía al P.G. Borinquen se puede utilizar como base para estimar los caudales en diferentes puntos de la red de drenaje dentro del área de proyecto. La ubicación de la estación se presenta en la Figura No. 5.1.12. En el Cuadro No. 5.1.5 se muestran las principales características de la estación 19-08, El Pochote y en el Cuadro No. 5.1.6 se muestran los caudales promedio mensuales y promedio anuales para el período de registro de marzo de 1976 hasta abril de 1995.

27 Figura No. 5.1.11 Mapa de ubicación de la cuenca del río Ahogados y del área de influencia indirecta del P.G. Borínquen



15 Cuadro No. 5.1.4 Aforos realizados en el río Salitral del P.G. Borínquen

Río: SALITRAL ABAJO

Fecha	Hora	Caudal (lts/s)	Área (m²)	Veloc. (m/s)	Profund. (m)	Perímetro mojado (m)	Ancho (m)	Ubicación
17/01/2011	8:50	8315	3.903	1.929	0.257	16.296	16.25	Guanacaste quebrada grande camino que comunica a las lilas
23/11/2011	8:33	2965	5.445	0.496	0.352	15.846	15.75	P.G. Borínquen camino a las lilas
14/02/2012	9:50	1178	3.64	0.292	0.239	17.054	17	no se detalla
15/03/2012	8:54	667	2.543	0.258	0.382	7.772	7.5	Salitral abajo #1. 15 m aguas arriba de la anterior sección
15/03/2012	13:35	237	1.322	0.179	0.31	4.917	4.7	Salitral abajo #2. Complejo turístico Borínquen. 50 m aguas arriba de la piscinas
12/04/2012	7:20	707	2.953	0.227	0.201	16.78	16.75	Proyecto Borínquen camino a las lilas
10/05/2012	8:30	678	2.801	0.224	0.199	16.023	16	Lado camino a las lilas. Guanacaste
07/06/2012	7:35	567	2.36	0.226	0.363	7.304	7	Cambio de sección. 75 m aguas abajo de la anterior. Camino a las lilas.
05/07/2012	8:32	683	2.584	0.238	0.359	7.937	7.6	75 m aguas abajo del lodo. camino a las lilas
27/09/2012	9:03	953	2.603	0.36	0.204	13.583	13.5	no se detalla
24/10/2012	8:35	1745	3.411	0.47	0.409	10.14	9.7	50 m aguas abajo lado principal. Camino a Las Lilas

Río: SALITRAL ARRIBA

Fecha	Hora	Caudal (lts/s)	Área (m²)	Veloc. (m/s)	Profund. (m)	Perímetro mojado (m)	Ancho (m)	Ubicación
23/11/2011	10:45	601	1.591	0.388	0.302	6.035	5.7	P.G. Borínquen. balneario aguas termales 100 m aguas a.
17/01/2012	11:55	373	1.378	0.27	0.35	4.682	4.1	Camino que conduce al balneario las cabinas
15/02/2012	13:40	230	1.208	0.19	0.302	4.613	4.25	No se detalla
12/04/2012	10:20	161	1.164	0.138	0.277	4.69	4.5	Aguas arriba del balneario
10/05/2012	12:01	112	1.163	0.097	0.363	3.969	3.45	100 m aguas arriba del balneario
07/06/2012	10:40	174	1.198	0.146	0.282	4.751	4.5	100 m aguas arriba del balneario Guanacaste
05/07/2012	12:20	176	1.128	0.156	0.301	4.174	4	100 m aguas arriba del balneario Guanacaste

Río: SALITRAL								
Fecha	Hora	Caudal (lts/s)	Área (m ²)	Veloc. (m/s)	Profund. (m)	Perímetro mojado (m)	Ancho (m)	Ubicación
08/10/2002	9:55	27	0.194	0.141	0.108	1.88	1.8	No se detalla
08/10/2002	10:07	23	0.266	0.088	0.166	1.749	1.6	No se detalla
06/11/2002	9:16	23	0.155	0.151	0.119	1.409	1.3	Borínquen - Liberia
05/12/2002	9:04	25	0.155	0.158	0.119	1.4	1.3	Sitio de la toma de agua
15/01/2003	10:10	36	0.094	0.385	0.073	1.336	1.3	Sitio de la toma de agua
15/01/2003	10:40	37	0.112	0.334	0.077	1.493	1.45	Sitio de la toma de agua
05/02/2003	10:41	13	0.111	0.117	0.064	1.784	1.75	Aprox. 30 m aguas arriba de la toma de agua
05/03/2003	9:31	13	0.108	0.125	0.06	1.825	1.8	Aprox. 75 m aguas arriba de toma -altos de Borínquen
10/04/2003	8:37	16	0.132	0.122	0.073	1.859	1.8	Aprox. 100 m aguas arriba de la toma
30/04/2003	8:11	35	0.274	0.129	0.152	3.104	1.8	Aprox. 150 m aguas arriba de la toma de agua
02/07/2003	9:32	14	0.082	0.17	0.046	1.818	1.8	Aprox. 75 m aguas arriba de la toma de agua
24/07/2003	9:28	16	0.104	0.151	0.059	1.781	1.75	Aprox. 75 m aguas arriba de la toma de agua
07/08/2003	9:08	19	0.096	0.195	0.062	1.592	1.55	Aprox. 75 m aguas arriba de la toma de agua
10/09/2003	8:25	16	0.114	0.141	0.065	1.785	1.75	Aprox. 75 m aguas arriba de la toma de agua
16/10/2003	8:47	29	0.122	0.238	0.068	1.845	1.8	Aprox. 75 m aguas arriba de la toma de agua
16/05/2006	13:30	58	0.48	0.122	0.15	3.296	3.2	Aprox. 100 m aguas abajo catarata el Tobogán.
16/05/2006	11:11	21	0.15	0.14	0.79	1.967	1.9	Aprox. 75 m aguas arriba toma de agua pozo No. 1

16 Cuadro No. 5.1.5 Principales características de la estación hidrológica 19-08, El Pochote

Código	Nombre	Río	Fecha de Instalación	Coordenadas CRTM-05		Elevación (m.s.n.m.)	Área de drenaje (km ²)
				Latitud	Longitud		
19-08	El Pochote	Salitral	12 mayo 1976	1194968.55	339333.047	258	26.2

17 Cuadro No. 5.1.6 Caudales promedio mensuales y anuales en la estación 19-08, El Pochote.

Año Hidrológico	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Promedio Anual (m³/s)
1976-77	0.52	1.01	0.93	0.87	0.85	1.29	1.38	0.99	0.67	0.55	0.44	0.43	0.83
1977-78	0.59	0.81	0.69	0.59	1.06	1.21	1.10	0.99	0.58	0.43	0.32	0.27	0.72
1978-79	0.45	0.79	0.84	0.89	1.83	2.06	1.56	0.95	0.79	0.57	0.46	0.52	0.98
1979-80	0.65	2.47	2.07	1.68	3.81	4.06	2.80	2.50	1.59	1.04	0.75	0.56	2.00
1980-81	0.71	1.13	1.35	1.27	2.32	5.52	4.50	1.99	1.54	0.99	0.75	0.64	1.89
1981-82	1.40	2.60	1.76	2.18	2.76	2.32	2.93	1.77	1.17	0.97	0.76	0.62	1.77
1982-83	2.09	3.11	2.00	1.50	1.63	2.59	1.85	1.45	1.20	0.83	0.62	0.49	1.61
1983-84	0.46	0.79	0.57	0.46	0.60	0.90	1.04	0.66	0.73	0.61	0.54	0.42	0.65
1984-85	0.43	0.57	0.59	1.29	2.91	3.66	1.91	1.54	1.26	0.93	0.55	0.43	1.34
1985-86	0.54	0.59	0.73	0.74	0.75	1.36	2.12	0.85	0.60	0.43	0.39	0.30	0.78
1986-87	0.61	1.59	0.82	0.77	1.46	1.70	0.79	1.09	0.68	0.51	0.36	0.31	0.89
1987-88	0.32	0.31	0.40	0.49	0.48	0.75	0.65	0.72	0.69	0.51	0.35	0.31	0.50
1988-89	0.46	1.25	1.34	3.80	5.06	4.45	3.08	2.02	1.56	0.93	0.69	0.55	2.10
1989-90	0.54	0.69	0.66	0.72	0.84	1.01	0.77	0.67	0.62	0.43	0.38	0.36	0.64
1990-91	0.37	0.42	0.54	1.20	0.88	1.48	1.07	0.82	0.53	0.39	0.34	0.28	0.69
1991-92	0.59	0.62	0.84	0.73	0.88	1.64	1.05	0.93	0.53	0.40	0.35	0.32	0.74
1992-93	0.39	0.41	0.51	0.54	1.23	1.10	0.62	1.25	0.97	0.48	0.46	0.39	0.70
1993-94	0.42	0.58	0.53	1.22	2.09	2.70	1.70	1.06	0.63	0.49	0.39	0.35	1.01
1994-95	0.41	0.36	0.73	0.60	0.61	1.68	2.42	2.97	1.16	0.86	0.61	0.38	1.06
Promedio Mensual (m³/s)	0.63	1.06	0.94	1.13	1.69	2.18	1.76	1.33	0.92	0.65	0.50	0.42	1.10
Desviación estándar (m³/s)	0.42	0.82	0.51	0.79	1.23	1.34	1.02	0.65	0.37	0.23	0.15	0.12	0.52

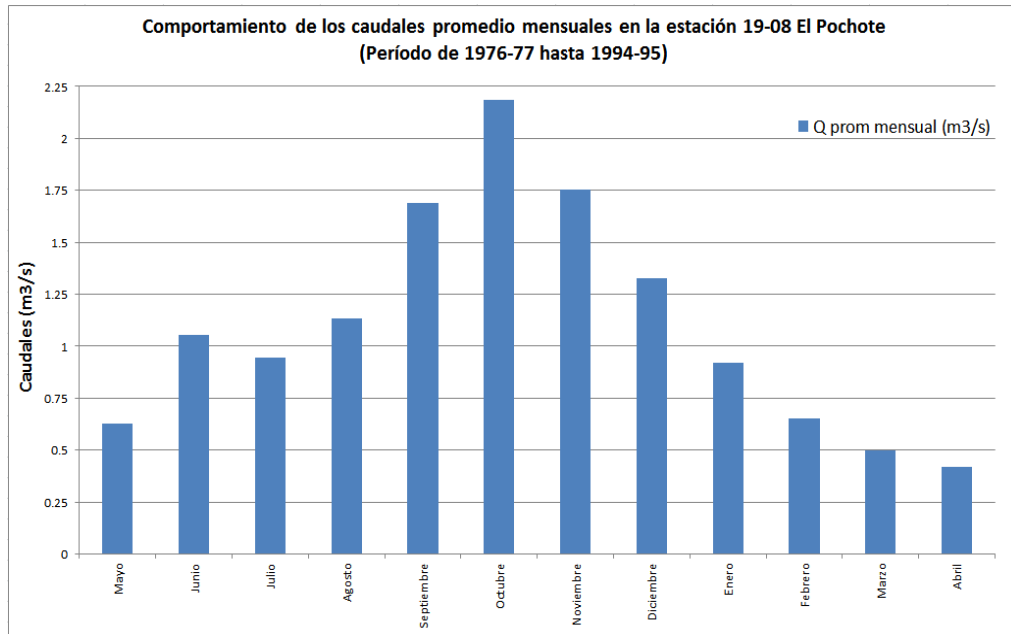
Los caudales promedio mensuales registrados en la estación 19-08, El Pochote, tienen un comportamiento “mixto”, con características tanto de la vertiente del Pacífico como de la vertiente del Caribe.

Se distinguen 2 períodos estacionales, el conocido como “lluvioso” que en este caso comprende el período de mayo a noviembre, con el caudal promedio mensual máximo en el mes de octubre y la época seca de febrero a abril, con el caudal promedio mínimo mensual en el mes de abril. Debido a la influencia de la vertiente del Caribe, se registran caudales importantes en los meses de diciembre y enero.

Es interesante notar que el incremento en los caudales (debido a la llegada de la época lluviosa) se inicia en mayo y junio pero se tiene un pequeño descenso en

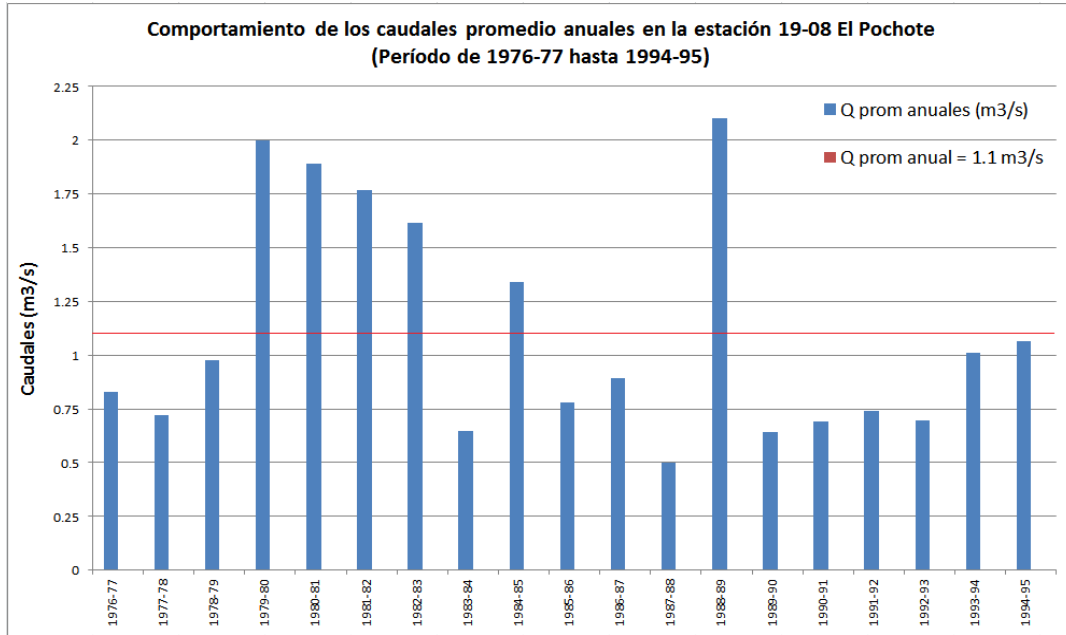
julio, asociado al veranillo o canícula, lo cual es un comportamiento típico de la vertiente del Pacífico, como se observa en la Figura No. 5.1.12.

28 Figura No. 5.1.12 Comportamiento de los caudales promedio mensuales en la estación 19-08, El Pochote



En la Figura No. 5.1.13 se presentan los caudales promedio anuales a lo largo de 19 años hidrológicos desde 1976-77 hasta 1994-95. En dicha figura, se puede observar que el año hidrológico de 1988-89 es el que tiene el mayor caudal promedio anual con $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$, debido al impacto indirecto de los huracanes Gilbert y Joan (setiembre y octubre de 1988 respectivamente), y el año hidrológico de 1987-88 es el que tiene registrado el menor caudal promedio anual con $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, debido a la influencia del fenómeno de El Niño. El año hidrológico que tiene el valor de caudal promedio anual más parecido al promedio de toda la serie ($1.1 \text{ m}^3/\text{s}$) es el año hidrológico de 1994-95, cuyo valor de caudal promedio anual es de $1.06 \text{ m}^3/\text{s}$.

29 Figura No. 5.1.13 Comportamiento de los caudales promedio anuales en la estación 19-8 El Pochote



A partir de los registros de la estación El Pochote se obtuvo una serie de caudales máximos instantáneos anuales, la cual se muestra en el Cuadro No. 5.1.7. Se observa que el valor máximo de caudal instantáneo corresponde a 20.5 m³/s registrado en el año de 1979 y el valor menor de caudal instantáneo corresponde a 5.7 m³/s registrado en el año de 1989.

18 Cuadro No. 5.1.7 Caudales máximos instantáneos anuales registrados en la estación 19-08, El Pochote para el período de 1976 hasta 1994

Año	Caudal Máximo instantáneo anual (m ³ /s)
1976	6.8
1977	9.4
1978	7.6
1979	20.5
1980	8.9
1981	11.0
1982	12.5
1983	6.8
1984	8.5
1985	7.5
1986	9.0
1987	5.9
1988	15.9
1989	5.7
1990	8.3
1991	6.1
1992	7.8
1993	7.6
1994	9.5

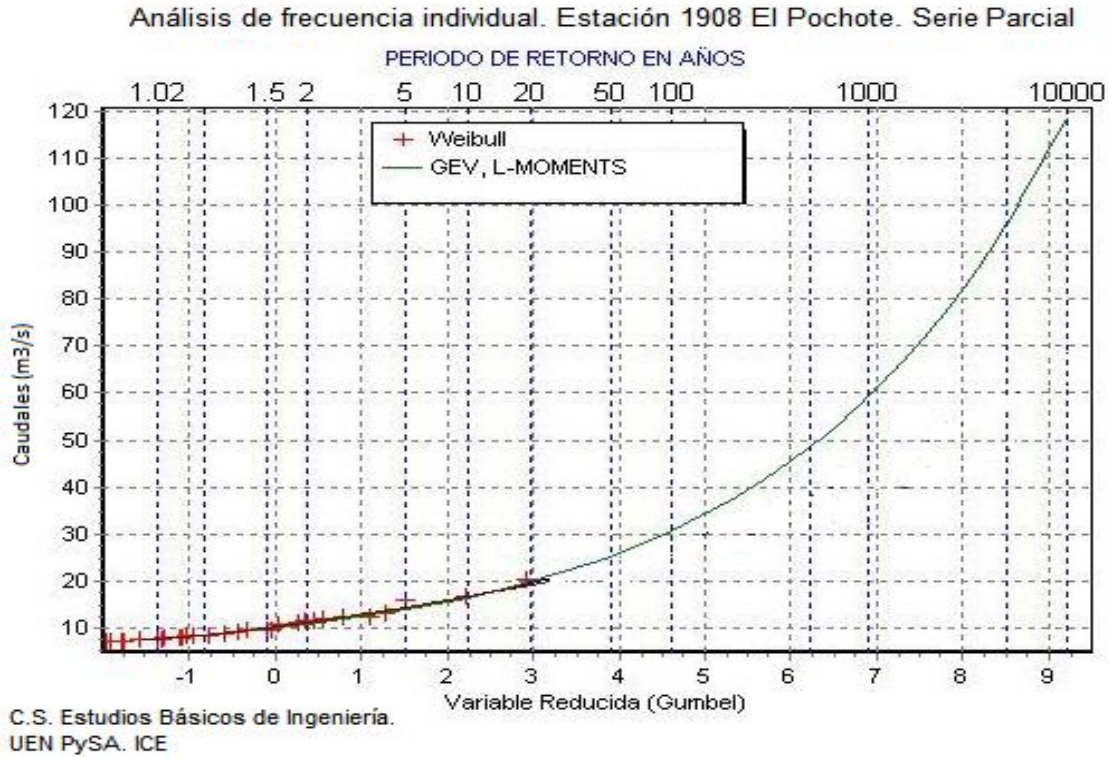
Para el análisis de frecuencia se utilizó una serie parcial, la cual tiene un mayor peso estadístico que una serie anual, ya que utiliza más de un dato por año. Con base en la serie de caudales máximos instantáneos con serie parcial se realizó un análisis de frecuencia individual en la estación 19-08, El Pochote. Los resultados de dicho análisis se muestran en forma tabular en el Cuadro No. 5.1.8, donde se muestra para diferentes períodos de retorno, el máximo caudal instantáneo asociado. Por ejemplo, para un período de retorno de 1000 años el caudal máximo instantáneo esperado en la estación El Pochote sería de 59 m³/s.

19 Cuadro No. 5.1.8 Análisis de frecuencia individual en la estación 19-08 El Pochote. Serie parcial de caudales máximos instantáneos. Datos del período de 1976 hasta 1994

Período de Retorno (años)	1	2	5	10	20	50	100	200	300	400	500	800	1000	2500	5000	10000
Q máximo instantáneo (m ³ /s)	8	11	14	17	20	25	31	37	42	45	48	56	59	78	96	119

En la Figura No. 5.1.14 se muestra la curva de la distribución de frecuencia GEV Directa con momentos lineales que es la que mejor se ajusta a la serie de caudales máximos instantáneos observados.

30 Figura No. 5.1.14 Curva GEV Directa. Análisis de frecuencia individual en estación 19-08 El Pochote con serie parcial



Los valores de caudal mínimo promedio diario anuales en la estación 19-08, El Pochote, se presentan en el Cuadro No. 5.1.9. El mínimo valor de la serie anual de caudales mínimos promedio diarios es 0.2 m³/s y el valor promedio de la serie anual de caudales mínimos promedio diarios es de 0.31 m³/s.

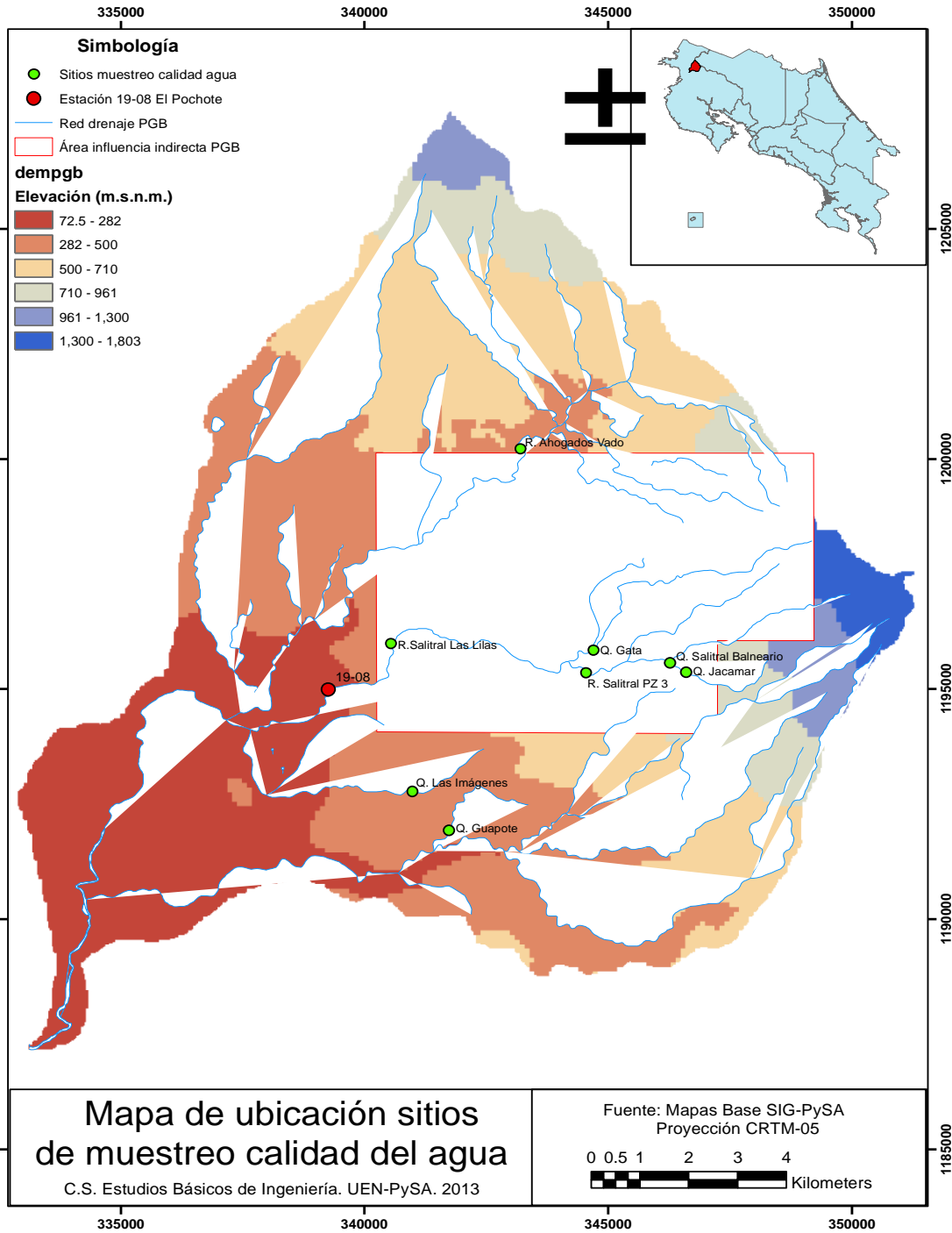
20 Cuadro No. 5.1.9 Caudales mínimos promedio diarios en la estación 19-08, El Pochote

Año hidrológico	Caudal mínimo promedio diario (m³/s)
1976-1977	0.4
1977-1978	0.2
1978-1979	0.2
1979-1980	0.3
1980-1981	0.4
1981-1982	0.5
1982-1983	0.4
1983-1984	0.3
1984-1985	0.3
1985-1986	0.3
1986-1987	0.3
1987-1988	0.3
1988-1989	0.3
1989-1990	0.3
1990-1991	0.2
1991-1992	0.3
1992-1993	0.3
1993-1994	0.3
1994-1995	0.2
Promedio	0.31

5.1.2.3 Calidad química de las aguas

Se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos del agua superficial que discurre por los diferentes ríos y quebradas de la cuenca del río Los Ahogados. En la Figura No. 5.1.15 se muestra la ubicación de los 8 sitios de muestreo, los cuales corresponden a los ríos Salitral (tres sitios a lo largo del río: Balneario, Pozo 3 y Las Lilas), el río Los Ahogados (Vado) y las quebradas Jacamar, Guapote, Las Imágenes y Gata.

31 Figura No. 5.1.15 Mapa de ubicación de los sitios de muestreo de calidad del agua



Los parámetros fisicoquímicos medidos en campo fueron Oxígeno Disuelto (O.D.) y temperatura del agua. Los parámetros analizados en laboratorio fueron: acidez del agua (pH), dureza, cloruros, sulfatos, sólidos suspendidos y turbidez.

Los muestreos se efectuaron entre el 15 de febrero y el 23 de octubre del 2012 con una periodicidad mensual, con lo cual se pudieron obtener 9 muestras en cada uno de los sitios de medición antes mencionados.

En el Cuadro No. 5.1.10 se presentan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados para cada uno de los sitios de muestreo. Además, se presentan los valores promedio, desviación estándar, valor máximo y mínimo de cada uno de los parámetros estudiados como una generalización de la calidad del agua en la cuenca del río Los Ahogados.

21 Cuadro No. 5.1.10 Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua superficial del área del P.G. Borinquen. Período de febrero a octubre del 2012.

No. Muestra	Sitio muestreo	O.D. (mg/L)	Temp (°C)	pH	Dureza Total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Sólidos Suspen. (mg/L)	Turb. (NTU)
1	R. Salitral Balneario	7.9	21.8	7.3	57.3	4.5	34.0	72.0	40
2	Q. Jacamar	7.6	25.3	7.6	86.0	9.0	34.5	40.5	4
3	Q. Las Imágenes	6.9	24.1	7.2	64.0	3.6	10.2	17.5	28
4	Q. Guapote	7.5	24.7	7.3	62.8	4.8	19.7	32.5	67
5	R. Salitral Pozo 3	7.8	23.5	7.4	61.8	5.6	30.3	95.5	6
6	Q. Gata	7.8	23.7	7.2	67.8	4.3	63.3	156.0	105
7	R. Salitral Las Lilas	7.7	24.6	7.5	61.3	4.7	32.5	252.0	214
8	R. Los Ahogados	7.9	23.3	7.3	33.6	3.0	12.3	237.0	280
Promedio		7.6	23.9	7.4	61.8	4.9	29.6	112.9	93.0
Desviación Estándar		0.34	1.08	0.15	14.35	1.81	16.75	92.11	102.13
Valor máximo		8.7	26.4	7.8	91.5	10.4	77.9	492.0	280.0
Valor mínimo		6.03	21.0	6.46	16.8	1.86	5.0	2.0	4.0

Oxígeno Disuelto (O.D.)

La concentración de O.D. en el agua determina la existencia de condiciones aerobias o anaerobias en una corriente de agua. La concentración de O.D. es variable a lo largo del día y su contenido depende de la concentración y estabilidad de la materia orgánica presente. Si la concentración del O.D. se encuentra entre 5.0 a 8.0 mg/L, la calidad del agua es aceptable; si la concentración se encuentra entre 8.0 y 12.0 mg/L, la calidad del agua es buena para sustentar la vida acuática. En el Cuadro No. 5.1.11 se presentan los rangos de O.D. encontrados en cada uno de los sitios muestreados y su respectiva valoración.

22 Cuadro No. 5.1.11 Rangos de concentración de oxígeno disuelto encontrado en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012

Sitio de muestreo	Rango O.D. (mg/L)	Calidad del agua
Río Salitral balneario	7.25 a 8.70	calidad de aceptable a buena
Quebrada Jacamar	6.95 a 8.47	calidad de aceptable a buena
Q. Las Imágenes	6.03 a 7.35	calidad aceptable
Quebrada Guapote	6.80 a 7.88	calidad aceptable
Río Salitral PZ3	7.52 a 8.13	calidad de aceptable a buena
Quebrada Gata	7.32 a 8.50	calidad de aceptable a buena
Río Salitral Las Lilas	7.18 a 7.90	calidad aceptable
Río Los Ahogados	7.20 a 8.69	calidad de aceptable a buena

Temperatura (°C)

La temperatura se mide “in situ” e influye en la densidad y la solubilidad de algunas sustancias como los gases, por ejemplo el dióxido de carbono, que puede volver el agua más o menos “básica” o “ácida”. En el Cuadro No. 5.1.12 se presentan los rangos de temperaturas registrados en los diferentes sitios muestreados.

23 Cuadro No. 5.1.12 Rango de temperaturas registrados en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012

Sitio de muestreo	Rango de Temperatura (°C)
Río Salitral balneario	21.0 a 23.3
Quebrada Jacamar	24.4 a 25.9
Q. Las Imágenes	21.9 a 26.1
Quebrada Guapote	22.6 a 26.4
Río Salitral PZ3	21.4 a 24.8
Quebrada Gata	21.5 a 25.1
Río Salitral Las Lilas	23.9 a 25.3
Río Los Ahogados	22.1 a 24.1

El valor mínimo de temperatura del agua se registró en el sitio río Salitral Balneario con 21 °C y el valor máximo de temperatura se registró en el sitio quebrada Guapote con 26.4 °C.

Concentración de ión hidronio (pH)

La medición del potencial de hidrógeno permite determinar si una sustancia es de carácter ácido (menor a 7) o básico (mayor a 7). Es una variable indicadora de contaminación física y los criterios internacionales establecen que el agua debe

tener un valor de pH entre 6.0 y 9.0 para sustentar la vida acuática y para el consumo humano. Los 8 sitios muestreados en el P.G. Borinquen se encuentran en este ámbito, donde el valor de pH menor se encontró en el sitio río Los Ahogados (pH igual a 6.46) y el valor de pH mayor se encontró en el sitio quebrada Jacamar (pH igual a 7.80).

Dureza Total

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en el agua, en particular sales de magnesio y calcio. El grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales existentes (miligramos) por cada litro de agua.

En el Cuadro No. 5.1.13 se muestran los valores de concentración de la dureza total en miligramos por litro, obtenidas en los diferentes puntos de muestreos dentro de la subcuenca del río Los Ahogados.

24 Cuadro No. 5.1.13 Rangos de valores de la dureza total encontrados en los sitios de muestreo de la subcuenca del río Los Ahogados en el año 2012

Sitio	Rango Dureza Total (mg/L)	Calidad del agua
Río Salitral balneario	44.0 a 62.7	agua suave
Quebrada Jacamar	68.3 a 91.5	agua suave a poco dura
Q. Las Imágenes	58.5 a 71.3	agua suave
Quebrada Guapote	50.8 a 72.7	agua suave
Río Salitral PZ3	54.4 a 68.9	agua suave
Quebrada Gata	54.8 a 83.1	agua suave a poco dura
Río Salitral Las Lilas	40.4 a 69.9	agua suave
Río Los Ahogados	16.8 a 44.4	agua suave

Cloruros

Las muestras de agua analizadas presentan concentraciones de cloruros con valores entre 1.86 mg/L (muestra del sitio río Los Ahogados) y 10.4 mg/L (muestra del sitio quebrada Jacamar), que es un rango de concentraciones común en la naturaleza.

Sulfatos

Los sulfatos existen en todas las aguas naturales y su concentración varía de acuerdo a la naturaleza del terreno por la que el agua fluye. El límite máximo de la concentración de agua para consumo humano es de 250 mg/L y todas las muestras de agua de este estudio son menores a este valor.

Sólidos suspendidos

Para realizar el análisis de los sólidos suspendidos, sólo se cuenta con 2 muestreos en cada uno de los sitios. Esta información no es suficiente para emitir una evaluación significativa, por lo que se recomienda realizar más muestreos para evaluar este parámetro.

5.1.2.4 Hidrogeología

5.1.2.4.1 Introducción

Los estudios hidrogeológicos llevados a cabo en los alrededores del Campo Geotérmico Borinquen, están sustentados en los levantamientos geológicos en superficie, conjuntamente con el análisis de los materiales litológicos obtenidos por medio de las perforaciones, estos han permitido identificar: niveles de lavas fracturadas que actúan como acuíferos (formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas); rocas fragmentarias (tefras, tobas y flujos piroclásticos) que se comportan como acuitardos (formación geológica semipermeable, que conteniendo agua, la transmiten muy lentamente; sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos) y acuícludos (formación geológica poco permeable, que pueden contener agua en su interior incluso hasta la saturación, pero no la transmite). Estos materiales en ocasiones se presentan como lentes formando acuíferos colgados (acuíferos de pequeña magnitud, en forma de lentes, que una vez abatidos no se restituyen de nuevo).

Además, por la anomalía térmica existente en la zona y la circulación de fluidos geotérmicos, las formaciones rocosas se alteran formando potentes espesores de arcilla que se comportan como acuífugos (formación geológica que se caracteriza por ser impermeable, por tanto, es incapaz de absorber o transmitir agua), lo que permite la formación de acuíferos confinados (formaciones en las que el agua subterránea se encuentra encerrada entre dos capas impermeables y es sometida a una presión superior a la atmosférica), que al ser perforados, el nivel de agua asciende por sobre el nivel del acuífero.

5.1.2.4.2 Nivel freático

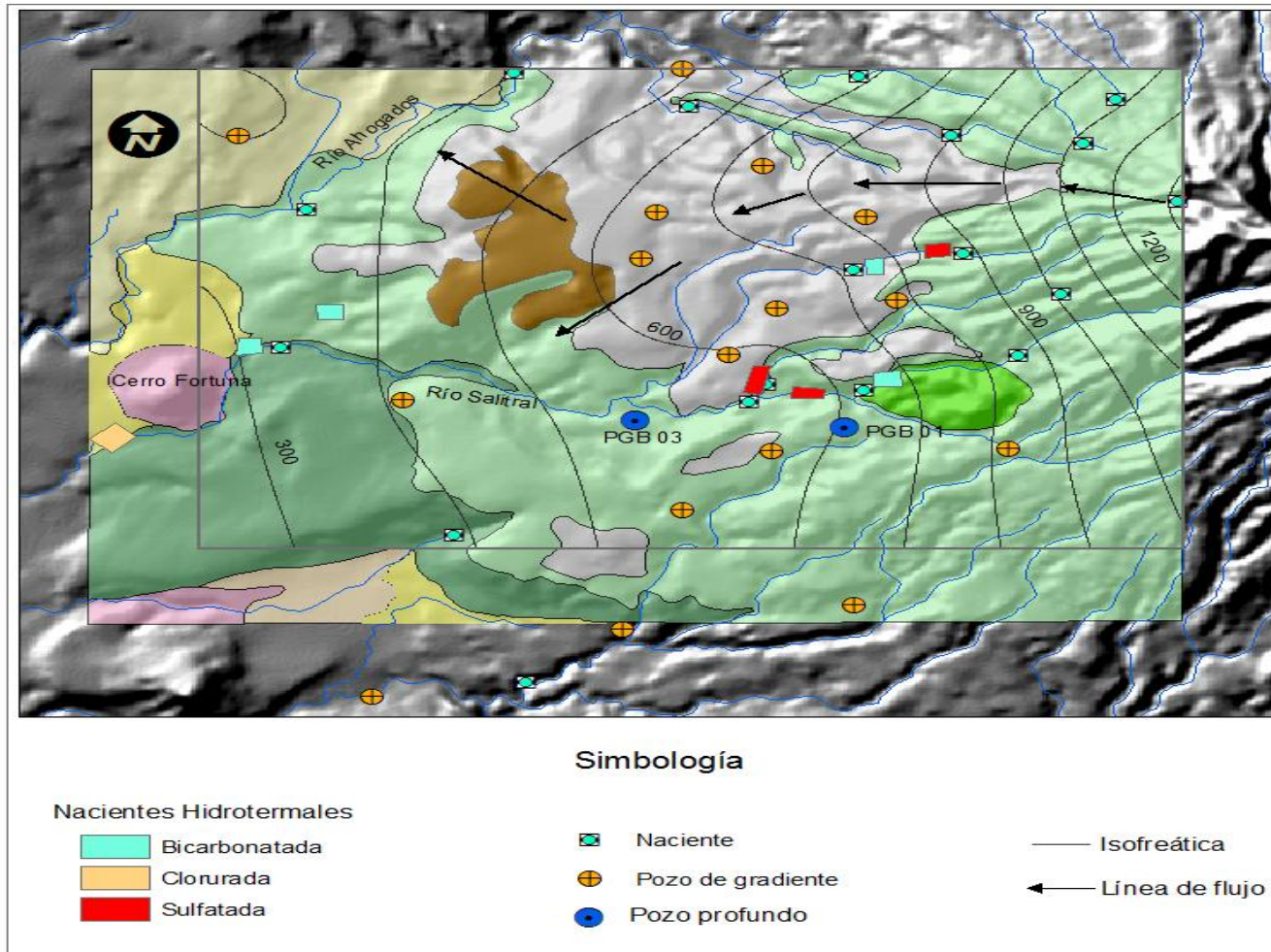
Con el objetivo de contar con una representación lo más afín posible a la realidad, del comportamiento del movimiento del agua que constituye el nivel freático dentro del área del proyecto, se ha utilizado 19 manantiales cartografiados en el área de estudio, esta información se complementa con el nivel hidráulico del primer acuífero libre de 16 pozos (se entiende como libre, aquel acuífero que no se encuentra confinado por capas impermeables, en el cual, la filtración es directa), con el propósito de generar un mapa de curvas equipotenciales, ver la Figura No. 5.1.16.

Los manantiales utilizados en esta sección, se originan cuando hay un cambio abrupto de pendiente y la topografía cortar el nivel freático que se encuentra somero, estas condiciones se presentan en las cercanías de ríos y quebradas, e implica que, la respectiva elevación de los nacientes corresponde con la altura del nivel freático (tomando como referencia el nivel del mar). Por otra parte, la profundidad máxima medida del acuífero libre con respecto a la superficie fue 61 m en el pozo PBr 2, ver el Cuadro No. 5.1.14. Por lo tanto, se puede afirmar que, la profundidad del nivel freático en el área de proyecto oscila desde la superficie y 61 m.

5.1.2.4.3 Líneas de flujo

Al interpolar los datos antes mencionados (nivel freático y acuífero libre), se obtiene la distribución de las líneas isofreáticas del área de estudio. Lo que permite determinar las direcciones de las líneas de flujo, que son utilizadas para definir la dirección del movimiento del agua en el área del proyecto, el cual inicia en las partes altas del volcán Rincón de la Vieja, se desplaza hacia el oeste, posteriormente se desvía hacia el sureste y noroeste, desaguando en los ríos Salitral y Ahogados respectivamente, ver la Figura No. 5.1.16.

32 Figura No. 5.1.16 Representación de las curvas equipotenciales y líneas de flujo del nivel freático, además de las manifestaciones termales. Para consultar la simbología geológica ver dicha sección



25 Cuadro No. 5.1.14 Altura del nivel freático regional

Código	Coordenadas		Elevación m s.n.m	Nivel Freático		Tipo
	Latitud	Longitud		Altura m s.n.m	Profundidad m	
PBr-02	308530	380926	605	544	61	Pozo
PBr-03	306914	380380	416	379	38	Pozo
PBr-04	305994	378092	283	263	20	Pozo
PBr-13	310629	381359	605	595	10	Pozo
PBr-14	310012	378373	472	414	58	Pozo
PBr-15	307240	382508	551	535	16	Pozo
PBr-16	309351	383921	859	827	32	Pozo
PBr-17	311369	382888	785	779	6	Pozo
PBr-18	311251	381789	645	633	12	Pozo
PBr-19	311927	380555	659	634	25	Pozo
PBr-20	309326	381743	627	573	54	Pozo
PBr-21	312498	382611	845	835	10	Pozo
PBr-22	312550	380693	691	643	48	Pozo
PBr-23	314500	380930	560	540	20	Pozo
PBr-24	313182	381677	757	751	6	Pozo
PBr-28	313583	376865	414	401	13	Pozo
RVNT40	310800	377100	315	315	0	Naciente
RVNT42	310000	381550	555	555	0	Naciente
RVNF43	308200	378850	390	390	0	Naciente
RVNT22	306200	379500	325	325	0	Naciente
RVNF38	310625	384000	850	850	0	Naciente
RVNF31	312600	377500	366	366	0	Naciente
RVNF35	314000	381000	540	540	0	Naciente
RVNT44	311780	382500	720	720	0	Naciente
RVNT57	312000	383500	880	880	0	Naciente
RVNT37	311450	384400	1015	1015	0	Naciente
RVNF49	312710	385470	1315	1315	0	Naciente
RVNT41	310230	381700	560	560	0	Naciente
RNVT43	310150	382600	630	630	0	Naciente
RNVH01	314100	384900	1080	1080	0	Naciente
RNVH02	313500	384600	1120	1120	0	Naciente
RNVH03	313600	383400	900	900	0	Naciente
RNVH04	314400	382550	680	680	0	Naciente
RNVH05	314450	379400	400	400	0	Naciente

5.1.2.4.4 Aguas subterráneas (Yacimiento Geotérmico)

En los alrededores de los edificios volcánicos cuaternarios es común la presencia de manifestaciones hidrotermales (se considera manifestación hidrotermal cuando la temperatura del fluido supera en 5°C a la del ambiente y roca o suelo donde aflora), el volcán Rincón de la Vieja no es la excepción. En las cercanías del Campo Geotérmico Borinquen, se han identificado varias manifestaciones hidrotermales, las cuales tienen temperaturas que varían desde 36 °C hasta la temperatura de ebullición, ver el Cuadro No. 5.1.15.

Después del respectivo análisis hidro-geoquímico, basado en la concentración relativa de los aniones HCO₃, SO₄ y Cl, han sido clasificadas las manifestaciones hidrotermales en tres grupos, ver la Figura No. 5.1.17.

Agua bicarbonatada: está constituida por acuíferos someros con poco tiempo de residencia en el subsuelo, son las más comunes. Están conformadas por agua meteórica, calentada o mezclada con vapor condensado.

26 Cuadro No. 5.1.15 Características de las manifestaciones hidrotermales

Código	Coordenadas		Tipo	Altura m s.n.m	Clasificación geoquímica	pH	Temp °C
	Longitud	Latitud					
SBV	310,150	382,600	Naciente	630	HCO ₃	6,94	47
HB1	310,400	381,700	Fumarola	560	SO ₄	3,25	98
BNC1	311,283	377,750	Naciente	405	HCO ₃	6,06	36
BNC2	310,711	377,050	Naciente	315	HCO ₃	6,32	39
SN2	309,300	375,500	Naciente	260	Cl	6.11	73
HB3	310,100	382,000	Naciente	580	SO ₄	6,28	71
QGT1	312,050	383,450	Fumarola	880	SO ₄	4,02	92

Agua sulfatada: Presenta temperaturas hasta 98 °C, y pH bajos, se observan como fumarolas en las cercanías del Hotel Borinquen. Son el resultado de la interacción de agua subterránea con alto contenido de oxígeno disponible que reacciona con H₂S de origen magmático, que al oxidarse genera el SO₄. Durante este proceso la roca es altamente lixiviada formando acuífugos.

Agua sodio clorurada: este tipo de agua constituye el reservorio geotérmico, son aguas maduras, con un pH neutro, ya que han tenido el tiempo suficiente para reaccionar con la roca y obtener un equilibrio fluido roca. Muestras de este tipo de agua en el área de proyecto se ha obtenido del yacimiento geotérmico por medio del pozo PGB 01, proveniente de una profundidad de 2000 m (270 °C) y en superficie, se ha muestreado en la naciente Salitral Norte (73 °C), naciente ubicada en las faldas del Cerro Fortuna, 6.7 km al oeste del PGB 01, fuera del área de proyecto, Figura No. 5.1.17, correspondiendo con una salida del reservorio geotérmico, posiblemente en correspondencia con una estructura geológica que facilita el ascenso de los fluidos del yacimiento geotérmico.

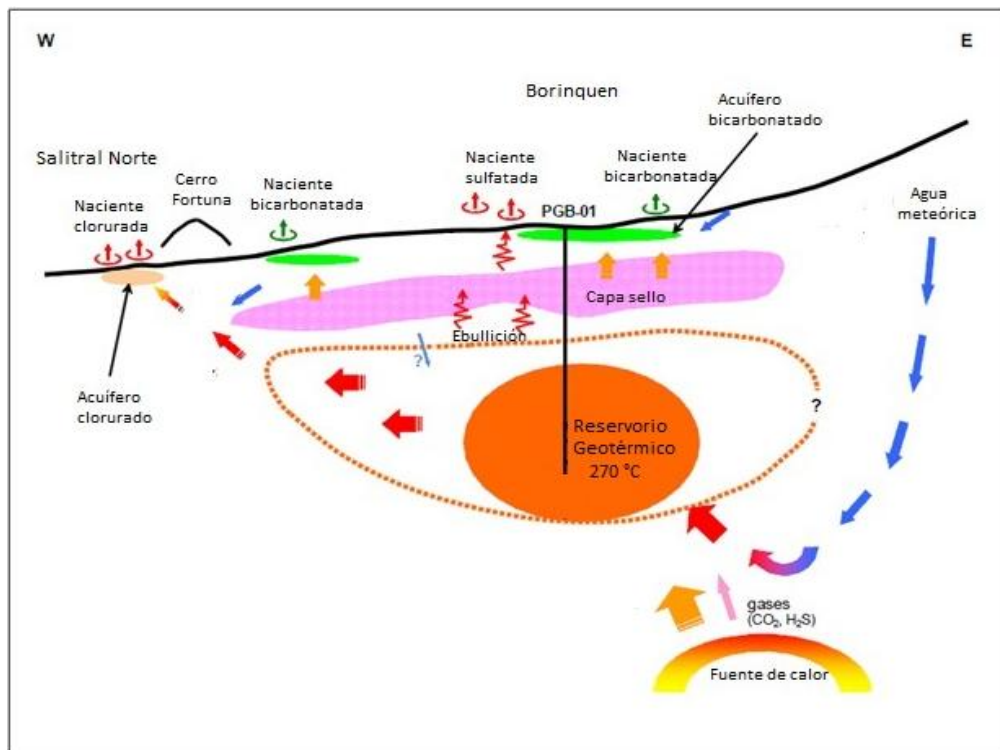
5.1.2.4.5 Conclusiones y recomendaciones

Los yacimientos geotérmicos de alta entalpia relacionados con intrusiones magmáticas, como el del Campo Geotérmico Borinquen, se originan a partir de agua de origen magmático que se mezcla con agua meteórica, que se infiltra a grandes profundidades, la composición química y las altas temperaturas de estos fluidos generan reacciones fluido roca, proceso que provoca la neutralización del

fluido y alteración de la roca, que forma una capa sello creando un acuífero confinado, en la Figura No. 5.1.17.

El reservorio del Campo Geotérmico Borinquen se ha localizado a una profundidad cercana a los 2000 m por medio de la perforación PGB 01. Lo que ha permitido caracterizarlo como: un reservorio de fluido dominante, de composición sodio clorurada, con temperaturas que alcanzan 270 °C, presenta un pH neutro, alta salinidad y un contenido de sólidos totales disueltos alto. Para tener acceso a este recurso, es indispensable realizar perforaciones superiores a los 1500 m, pues en el área se ha desarrollado una capa sello de gran espesor, lo que garantiza su aislamiento de los acuíferos superiores en el área del proyecto, permitiendo el ascenso de los fluidos únicamente en forma de vapor o gas, que posteriormente interactúan con aguas más someras, lo que ha condicionado la composición química, temperatura y distribución de las manifestaciones termales y acuíferos superficiales. Por lo que su explotación no debería representar ninguna amenaza de interferencia con los acuíferos superiores. No obstante, por ser las manifestaciones termales, gran parte del atractivo turístico en la zona, se debe llevar un control de las características: térmicas, químicas y espacial, durante la explotación del Campo Geotérmico Borinquen, con el fin de monitorear la existencia de algún cambio, con el fin de tomar las medidas correctivas del caso en su respectivo momento.

33 Figura No. 5.1.17 Esquema del reservorio del Campo Geotérmico Borinquen, que muestra su origen y confinamiento, así como la relación con el agua meteórica, acuíferos más superficiales y manifestaciones hidrotermales (modificado de WES JEC 2012).



5.1.3 Recursos Geológicos

5.1.3.1 Aspectos geológicos locales

La información utilizada en esta sección ha sido extraída de los estudios geológicos realizados por Molina et al., (2002) y Chavarría & Mora (2007). En ellos, se describen las unidades litoestratigráficas, que se caracterizaron tanto en superficie como en perforaciones, lo que ha permitido tener buen control geológico en el sector de Borinquen y alrededores.

La mayor parte del área está cubierta por materiales piroclásticos y lavas provenientes del macizo volcánico Rincón de la Vieja, ver la Figura No. 5.1.18. A continuación se describen las unidades identificadas, de la más antigua a la más reciente:

Formación Cañas Dulces

En el área de estudio aflora únicamente el domo Fortuna, desde el punto de vista petrográfico y químico, es de composición dacítica. Se presenta como un cerro aislado con forma de cúpula, que descolla 180 m sobre el nivel medio del terreno.

Este domo se presenta como coladas lajeadas que originan pseudoestratificación (centimétrica) y pseudocolumnas. Muestra superficies meteorizadas, de tonalidad blanquecina y gris claro, en las cuales macroscópicamente se reconocen fenocristales de plagioclasas y hornblendas.

En microscopia las lavas presentan: textura porfírica-glomeroporfírica (glómeros de plagioclasas, hornblendas y ortopiroxenos), matriz vítrea hialopílica, hasta hipocristalina, ver Fotografía No. 5.1.1. Contiene fenocristales de plagioclasas (15-20%), hornblenda parda (5%), ortopiroxenos (1-2%) y minerales opacos (<1%).

En el pozo de gradiente térmico PBr-5, ubicado en las faldas del cerro Fortuna, se presentan secuencias de lavas dacíticas (con hornblenda verde) que se asocian con los productos del Domo Fortuna. Estas se ubican entre los 25-220 m de profundidad, para un espesor medido de 375 m.

7 Fotografía No. 5.1.1. Fenocristales de hornblenda parda (centro) y plagioclasa (parte superior), en matriz desvitrificada. Lava del cerro Fortuna (nícoles cruzados).



Conglomerado Salitral

Aflora en los alrededores del Cerro Fortuna, está constituido por conglomerados que tiene soporte por clasto y consiste en bloques y guijarros de lavas andesíticas y andesíticas basálticas, bien redondeadas pero de bajo sorteo, inmersos en una matriz de arena y grava. Estos fueron depositados en sistemas fluviales de alta energía, con estructuras de imbricación que indican una fuente ubicada al este, hacia el volcán Rincón de la Vieja. El depósito varía de 2 m hasta más de 15 m de espesor en el río Ahogados. Los bloques son principalmente andesitas con dos piroxenos, con 25-40% de fenocristales de plagioclasas, clinopiroxeno, ortopiroxeno, minerales opacos y escaso olivino.

La posición estratigráfica, composición, y la proximidad de estos depósitos al Rincón de la Vieja, claramente los vincula con éste. Al parecer se desarrollaron como depósitos fluviales de alta energía generados durante el desarrollo temprano del actual edificio volcánico. El alto grado de consolidación de los conglomerados, y su posición estratigráfica por debajo de lavas viejas del Rincón de la Vieja, soportan esta interpretación (Kempter, 1997).

Productos del Volcán Rincón de la Vieja

Incluye una serie de coladas basálticas, andesítico-basálticas, andesíticas y depósitos piroclásticos de caída (erupciones plinianas de lapilli y ceniza).

Lavas basálticas y andesítico basálticas

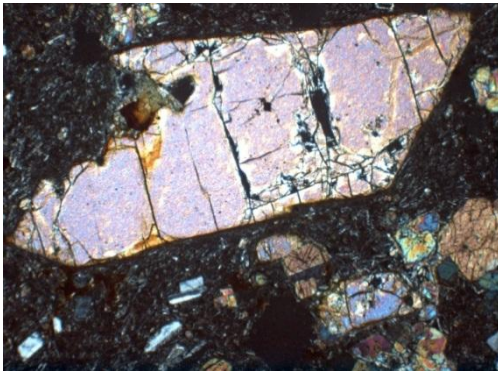
Se trata de flujos de lavas basálticas y andesíticas basálticas de poco espesor. Superficialmente se extienden desde la Cuesta Diablo hasta los alrededores del cerro Fortuna. Se localizan aproximadamente bajo la cota de los 500 m s.n.m., con espesores menores a 50 m. Estas lavas han sido cortadas en algunos pozos de gradiente térmico: PBr-2, PBr-11, PBr-9, PBr-7 y PBr-8.

Al nivel de afloramiento, los basaltos presentan moderado fracturamiento y fuerte meteorización (en algunos casos esferoidal muy marcada, ej. Cuesta Diablo); las andesitas basálticas se observan como bloques aislados en la superficie del terreno (en el camino que comunica Pital con el cerro Fortuna), en ocasiones afloran con hábito pseudolajeado, con moderado fracturamiento y baja meteorización.

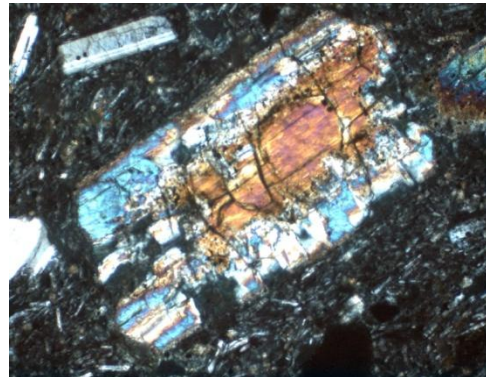
Microscópicamente se hace la diferencia entre basalto y andesítica basáltica básicamente por el contenido de olivino, designándose como basaltos aquellas muestras con porcentajes $\geq 5\%$, y andesitas basálticas las que presentan un contenido $< 5\%$ de olivino.

Estas lavas exhiben textura porfirítica-glomeroporfirítica, poco vesicular, intersertal, matriz hipocristalina microlítica, intersertal intergranular hasta poco pilotaxítica. Se compone de fenocristales hídrico e hipidiomórficos de plagioclasas (5-15%, algunas con inclusiones de piroxenos), clinopiroxeno (4-5%), olivino (1-7%), ver Fotografía No. 5.1.2, ortopiroxeno (1-6%) y minerales opacos, dispuestos en una matriz microlítica formada de plagioclasas y piroxenos.

Son frecuentes las acumulaciones de fenocristales y texturas coroníticas (fenocristales de ortopiroxeno rodeado de pequeños cristales de clinopiroxeno), ver Fotografía No. 5.1.3.



8 Fotografía No. 5.1.2. Fenocristal euhédrico de olivino (parcialmente alterado a óxidos de hierro) y piroxenos en lava basáltica de Volcán Rincón de la Vieja.



9 Fotografía No. 5.1.3. Fenocristal de ortopiroxeno rodeado de clinopiroxeno (textura coronítica). Muestra de lava basáltica.

Domo Andesítico

Aproximadamente 1.5 km al este del Hotel Borinquen (coordenadas 310,0 N y 383,5 E), se observa una estructura cómica, la cual presenta una altura máxima de 948 m s.n.m. Se encuentra parcialmente cubierta y rodeada por lavas provenientes del actual cráter. La composición de las lavas superiores de este domo son similares a las del actual Rincón de la Vieja (lavas andesíticas); sin embargo, se requiere un muestreo más detallado a fin de determinar con certeza si se trata del mismo tipo litológico.

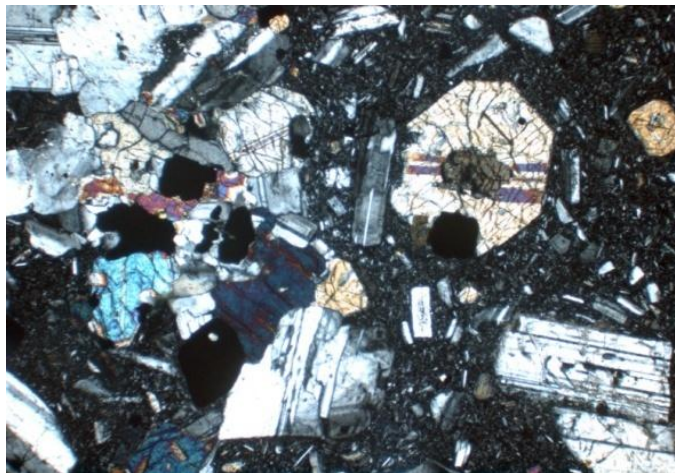
Lavas andesíticas

Afloran en gran parte del área de estudio; además, han sido cortadas en varios pozos de gradiente térmico, por lo general sobreyaciendo a los basaltos y andesitas basálticas.

En algunos sectores, hacia la base se observa una brecha andesítica consolidada, formada por bloques andesíticos sanos de variables texturas (porfírica, escoriácea y fluidal), en su mayoría angulares con diámetros de 5- 80 cm; presentan fenocristales de plagioclasas, clinopiroxeno y ortopiroxeno. La matriz es compacta y constituida por ceniza, microfragmentos líticos andesíticos y cristales quebrados de plagioclasas, clinopiroxeno y ortopiroxeno.

Las coladas de lava, son andesitas piroxénicas, con textura porfírica a glomeroporfírica, ver Fotografía No. 5.1.4, matriz hipocristalina. Se compone de fenocristales de plagioclasas (20-25%), frecuentemente con inclusiones de augita y minerales opacos, clinopiroxeno (5-8%), ortopiroxeno (4-7%) y opacos (1-3%). La matriz es hipocristalina, formada por microlitos de plagioclasas, vidrio, ortopiroxeno, clinopiroxeno y opacos.

10 Fotografía No. 5.1.4. Textura glomeroporfírica en lavas andesíticas del Volcán Rincón de la Vieja.



Piroclastos de caída del Rincón de la Vieja

Consiste principalmente en capas inconsolidadas de pómez (erupciones plinianas), con cenizas compactas en forma subordinada. Kempter (1997), se refiere a estos materiales como depósitos de Tefra del Río Blanco, e infiere por la morfología, espesor y tamaño de los fragmentos el cráter activo del Volcán Rincón de la Vieja como punto de origen. Barahona et al. (2001), hacen mención a estos depósitos como Unidad Capa de Caída Pliniana y Melson (1988), los fecha en 3490 +- 105 Años A.P.

Durante el trabajo de campo, se midieron espesores entre 5 cm y 2 m, ver la Fotografía No. 5.1.5. Están afectados moderadamente por la erosión superficial. De acuerdo a Kempter (1997), la unidad puede alcanzar espesores mayores a 20 m cerca de la fuente. Los pómez presentan color crema-blancuecino en superficie sana y alteran a tonos amarillentos; tienen formas subangulares, de estructura fibrosa, constituidos por cristales de: plagioclasas, ortopiroxeno, clinopiroxeno y opacos. Algunos, además, contienen hornblenda verde, esta no es característica de todo el depósito.

Análisis químicos de roca total indican que los pómez son dacíticos ($\text{SiO}_2 \approx 66.4\%$). No obstante, existe un componente máfico juvenil, de composición andesítica ($\text{SiO}_2 \approx 57.5\%$), lo que sugiere, que se generó una mezcla de magmas, que según Kempter (1997) posiblemente disparó la erupción.

11 Fotografía No. 5.1.5. Sucesión de capas de pómez de caída en los alrededores del Hotel Borinquen.



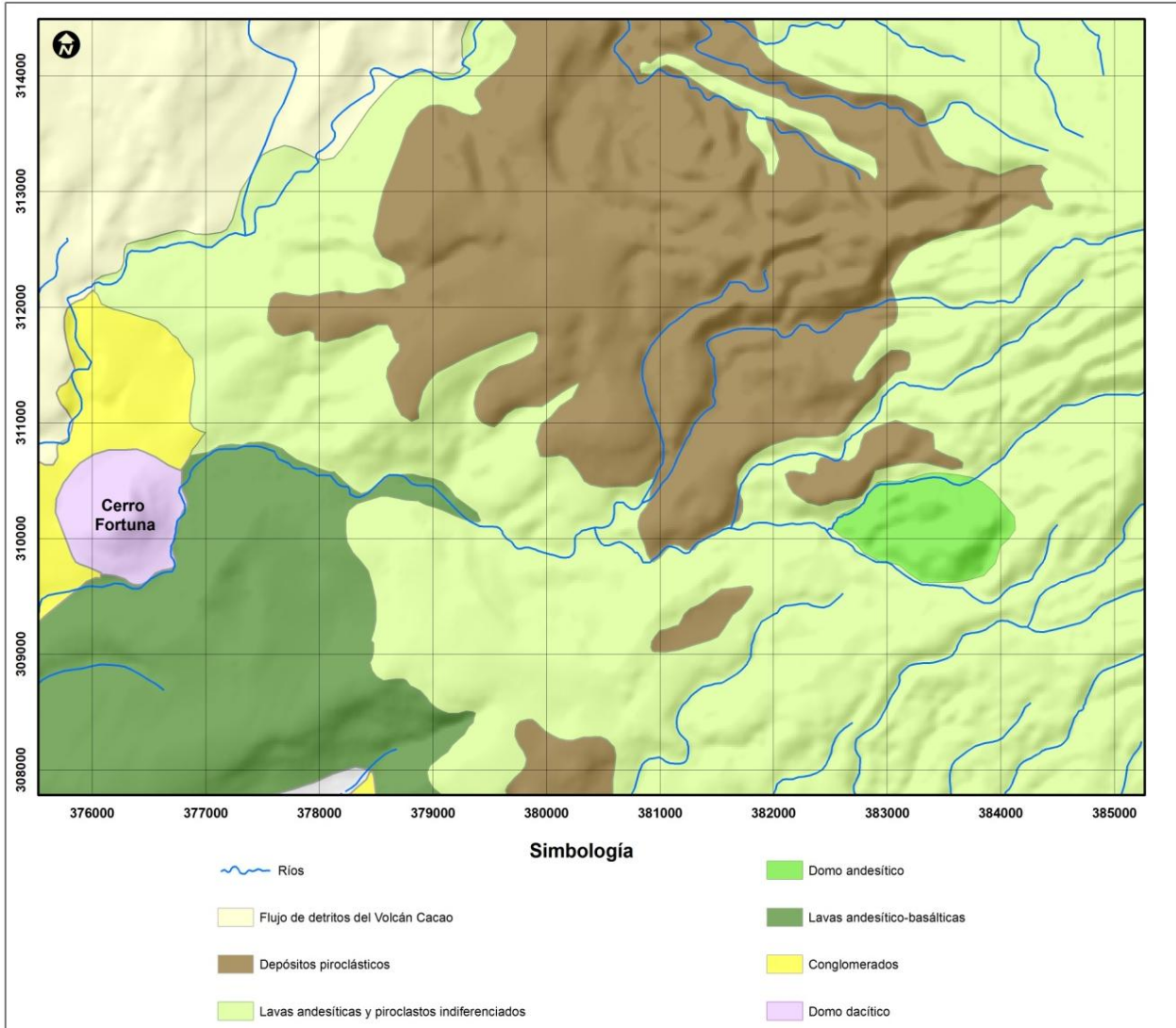
Flujo de detritos del Volcán Cacao

Se originó en el volcán Cacao, 25 km al noroeste del Rincón de la Vieja. Aflora en el sector noroeste del área de estudio y cubre un área cercana a los 50 km² (Kempter, 1997). Fue observado en algunos afloramientos en el cauce del río Ahogados y cerca del poblado de Las Lilas.

El depósito es extremadamente mal sorteado, tamaño de grano grueso, e incluye bloques de lava andesítica de varios metros de diámetro. Es el resultado de una erupción tipo Bezymianny, hace aproximadamente 6000 años (Melson, 1985 en Kempter, 1997) y exhibe una topografía hummocky característica de muchos flujos detríticos (debris avalanche y lahares).

5.1.3.2 Mapa geológico del AP

34 Figura No. 5.1.18. Mapa geológico del área de estudio de impacto ambiental del Proyecto Geotérmico Borinquen.



5.1.3.3 Análisis geoespacial para identificar sitios viables para ser utilizados para escombreras

5.1.3.3.1 Introducción

El campo geotérmica Borinquen, se ubica en la vertiente pacífica del volcán Rincón de la Vieja, Liberia, Guanacaste; a 240 km al noroeste de San José. En esta área se pretende explotar el recurso geotérmico por medio de la instalación de 2 plantas de generación eléctrica de 55 MWe cada una. Para lo cual, es necesario construir obras civiles que conllevan la realización de movimientos de

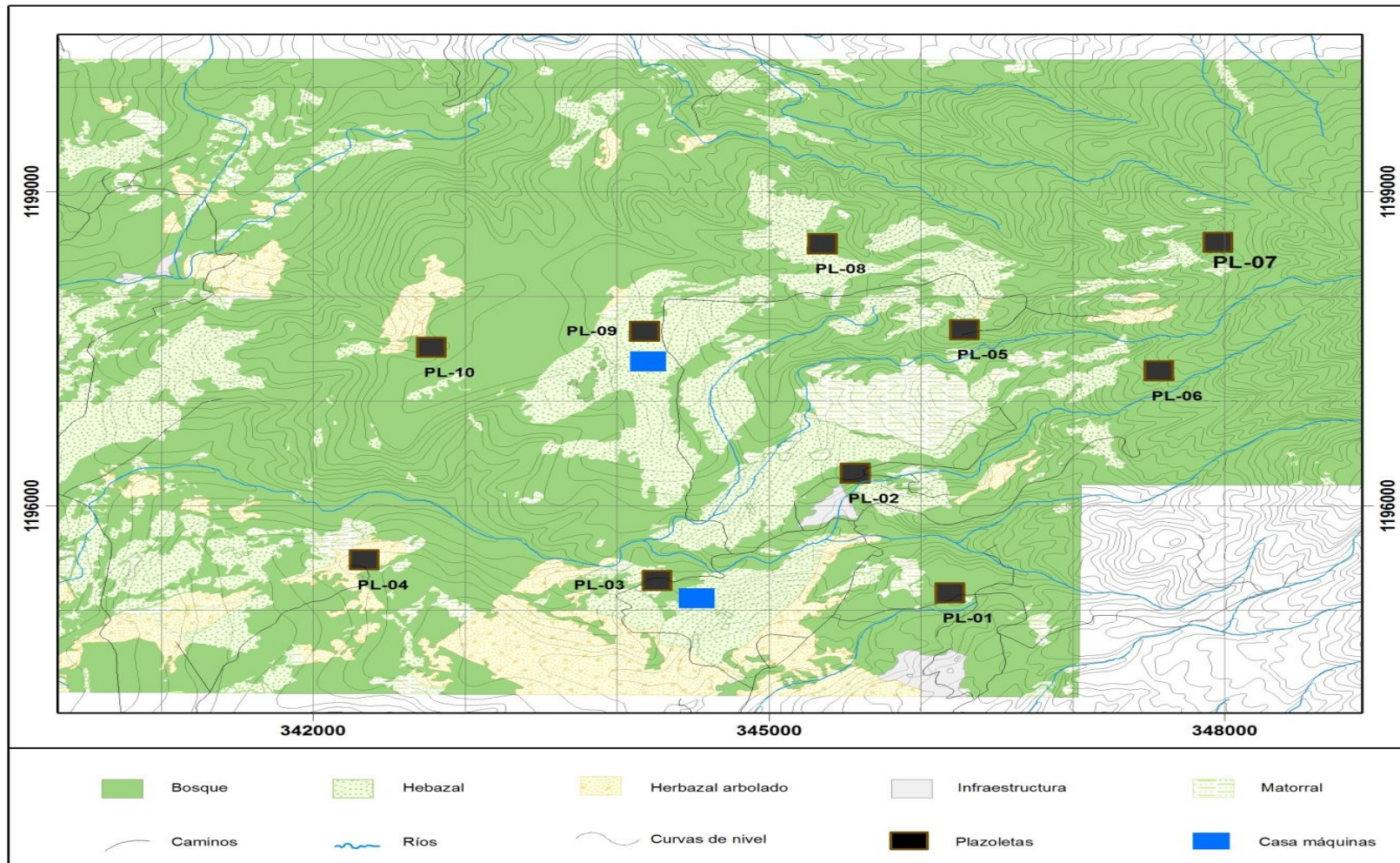
escombros productos de las excavaciones superficiales; volumen de desechos que por medio de cálculos preliminares se ha estimado en 1 000 000 m³.

Por consiguiente, con el fin de dar un manejo adecuado y depositar los materiales de desecho (suelo, roca sana o alterada, fragmento de concreto o mezcla de ellos) en forma apropiada, en sitios que generen el menor impacto posible desde el punto de vista: ambiental, y costo; se aplica un modelo de aptitud simple; análisis que se utiliza para encontrar la mejor ubicación para desarrollar una actividad determinada. En este caso, seleccionar áreas que podrían ser utilizadas como escombreras durante la construcción del Proyecto Geotérmico Borinquen.

Variables analizadas

Con el afán de evitar en la medida de lo posible, interferir con las actividades desarrolladas en la zona donde se pretende desarrollar el proyecto geotérmico (ganadería y turismo), es de suma importancia ubicar los sitios para depositar los escombros en sectores donde: el impacto visual sea mínimo, se protejan las zonas dedicadas al pastoreo y bosque, el tránsito durante el acarreo sea reducido y prever la amenaza a la cual estarían expuestas por contaminación las quebradas y ríos. Es por tanto que, se utiliza como variables: uso del suelo, topografía, ríos, quebradas, distancias de acarreo y accesibilidad, ver la Figura No. 5.1.19.

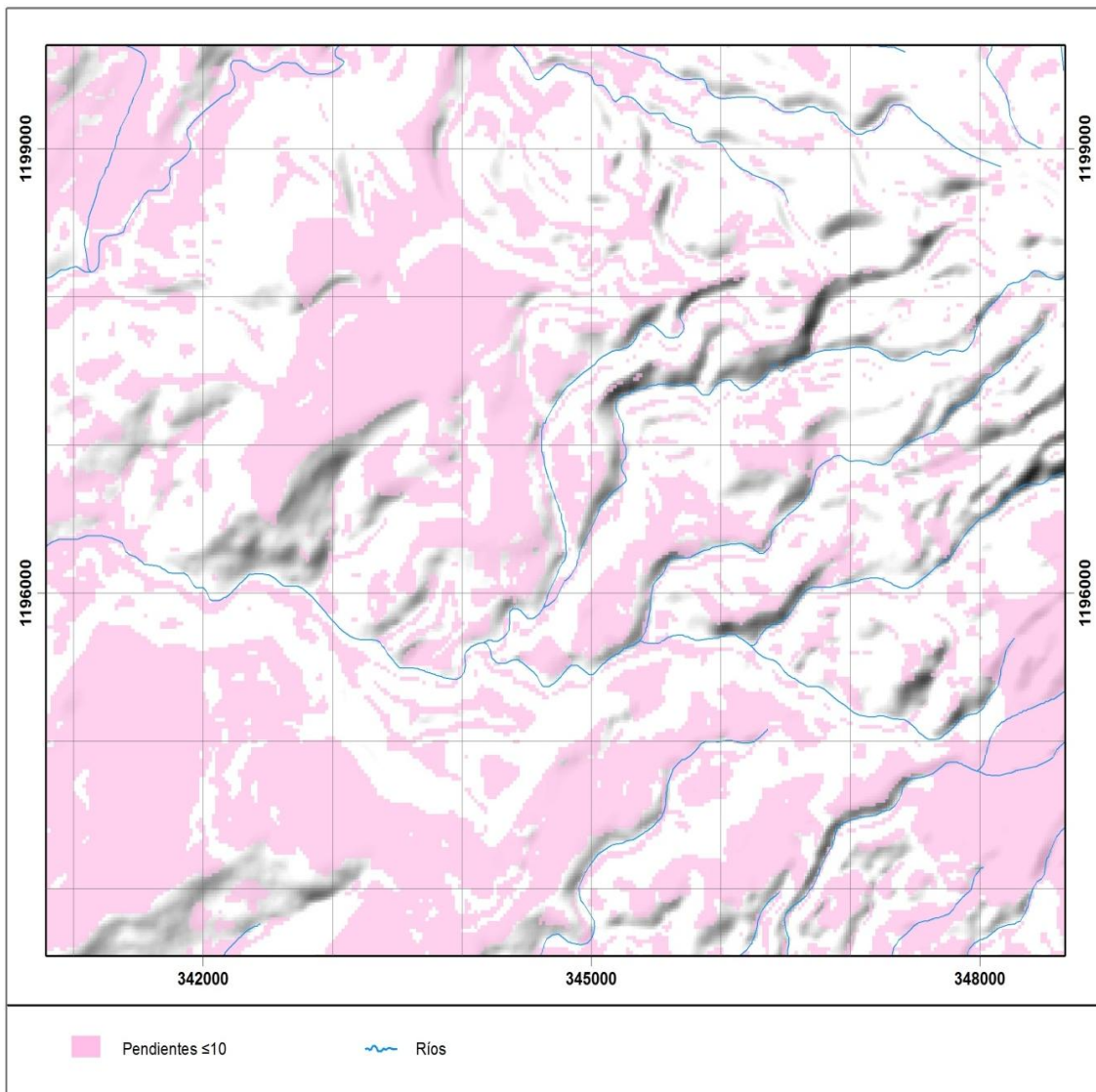
35 Figura No. 5.1.19 Área del proyecto geotérmico Borinquen, donde se muestra: uso del suelo, curvas de nivel, caminos, sitios de casas de máquinas, plataformas, quebradas y ríos.



5.1.3.3.2 Topografía

Es la primera variable considerada en el análisis. Al estar ubicado el proyecto en los flancos de un volcán, la morfología del terreno es irregular, las áreas planas son reducidas, y utilizadas actualmente para pastoreo. Como punto de partida, se confeccionó un mapa binario, en el que se establece como umbral 10° (grados) de pendiente. Las áreas donde las pendientes son iguales o menor a valor mencionado se integra en el estudio, ver la Figura No. 5.1.20, las demás se excluyen. Lo anterior permite disminuir la amenaza de inestabilidad de laderas, que pudieran en un futuro presentar problemas de deslizamiento y evitar la realización de obras de contención o refuerzo.

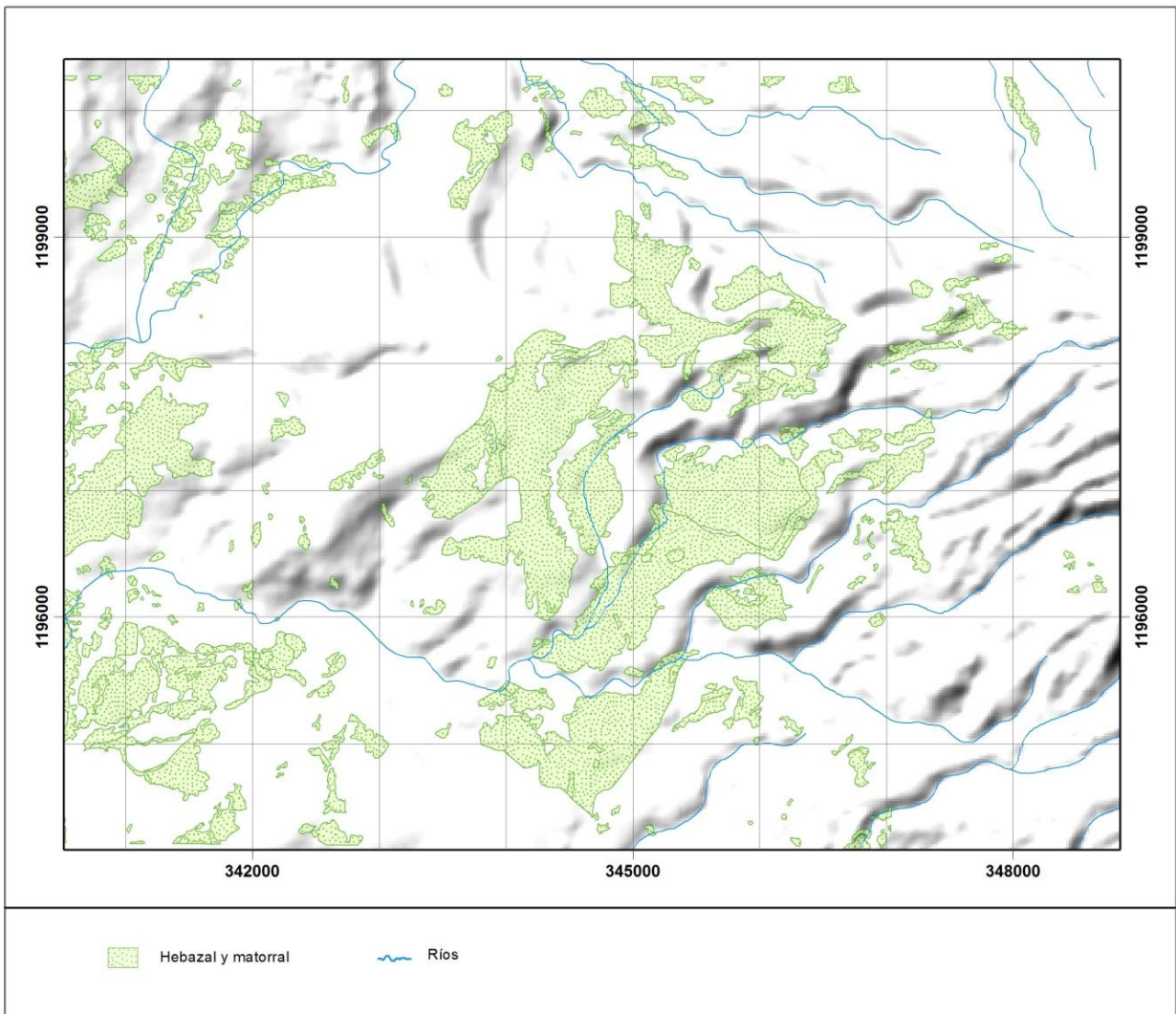
36 Figura No. 5.1.20 Mapa que muestra las áreas con pendientes menores o igual a 10



5.1.3.3.3 Uso del suelo

Los principales usos del suelo a los que están dedicados los terrenos son: bosque, herbazal arboleado, herbazal, matorral, infraestructura, ver la Figura No. 5.1.21. La mayor cantidad de terreno está cubierto por bosque. Con el fin de evitar la tala de árboles se eliminan del análisis las áreas que presenten árboles (bosque y herbazal arboleado) y se utilizan las áreas dedicadas a matorral y herbazal, Figura No. 5.1.21.

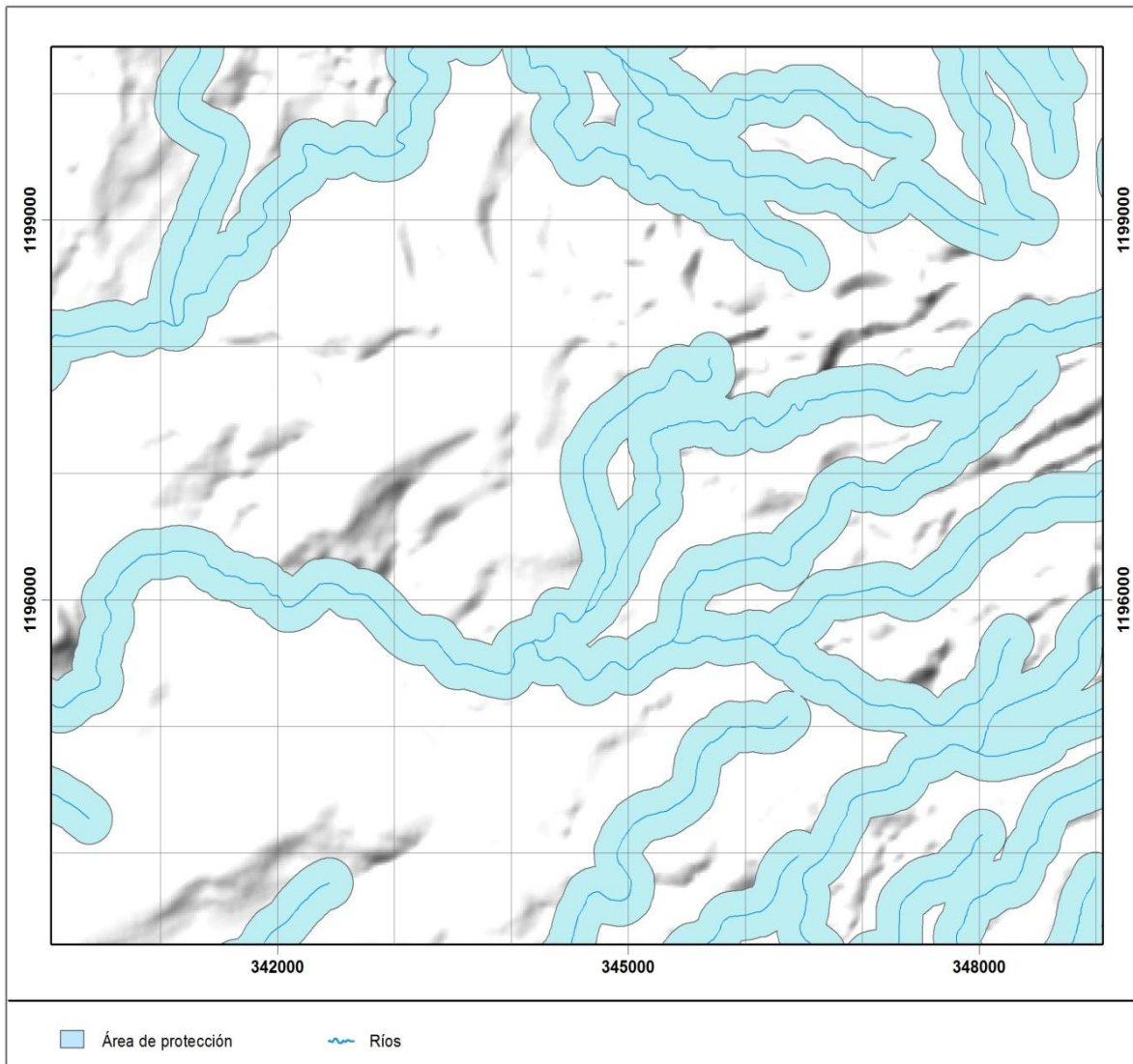
37 Figura No. 5.1.21 Mapa que exhibe las áreas seleccionadas de uso de la tierra dedicadas a matorral y herbazal.



5.1.3.3.4 Ríos y quebradas

Para mitigar la amenaza de contaminación por el arrastre de escombros y sedimentos al agua superficial, se ha definido una distancia buffer de 200 m a ambas márgenes de los cauces, área que es excluida del análisis, lo que garantiza que los sitios seleccionados para ser utilizados como escombreras, se ubicarán a una distancia mínima de 200 m de los ríos y quebradas, ver la Figura No. 5.1.22.

38 Figura No. 5.1.22 Mapa que muestra el área de protección que se ha estimado en 200 m alrededor de ambas márgenes de los ríos y quebradas



5.1.3.3.5 Distancia y accesibilidad

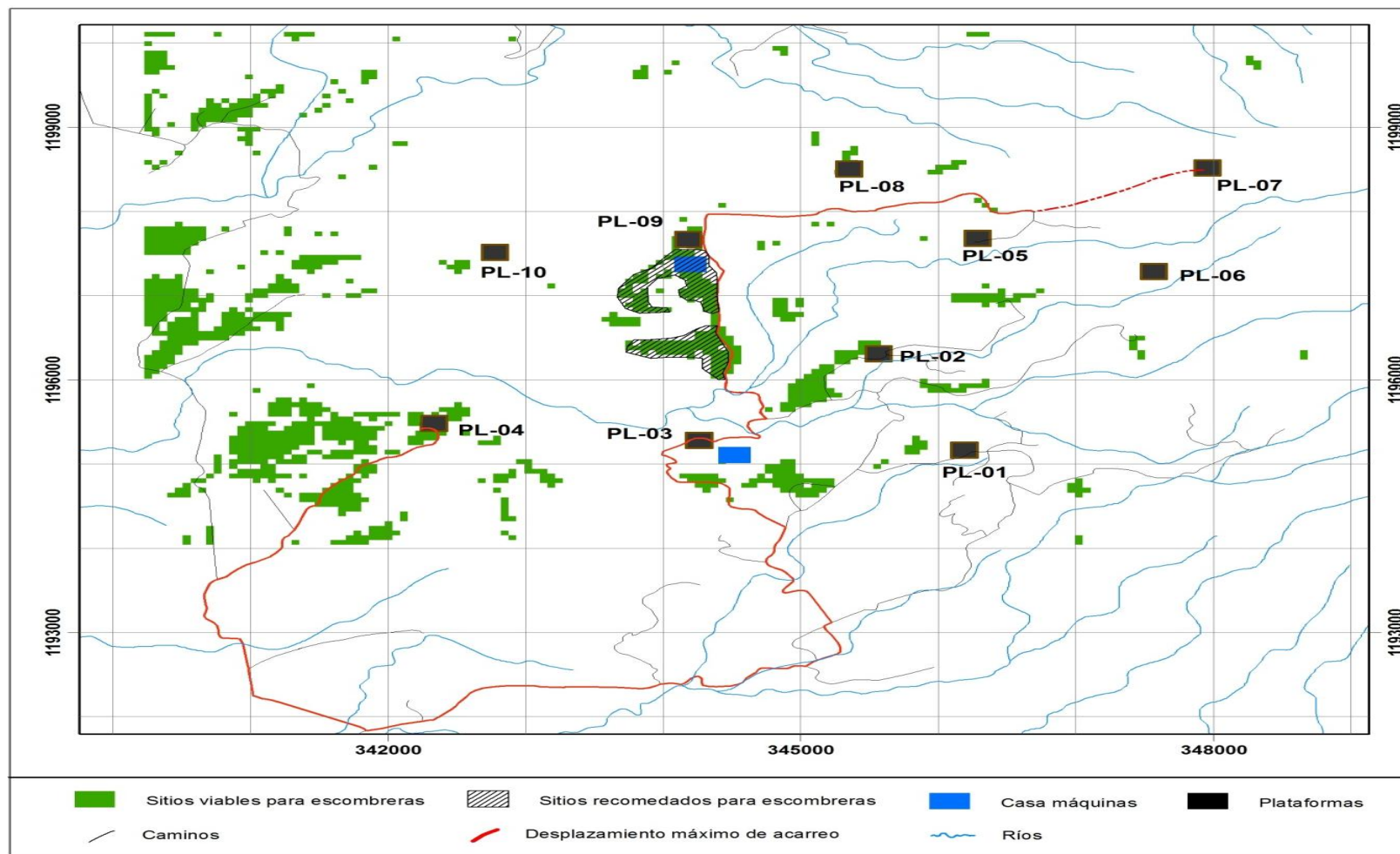
Por medio de un análisis de costo, se toma como referencia las distancias de acarreo y accesibilidad. Para evaluar la primera variable, se otorga la ponderación más alta a las áreas donde se realizarán la mayor cantidad de obras civiles, pues, serán los sectores en que se efectuara más movimientos de tierra. La segunda variable evaluada, la accesibilidad, está directamente relacionada con la cercanía a los caminos existentes.

5.1.3.3.6 Conclusiones

Después de realizar el análisis geoespaciales, se determina que los sitios viables para dedicarlos a la acumulación de escombros son los que han cumplido todos los criterios aplicados, estos se presentan de color verde en la Figura No. 5.1.23. No obstante, al integrar el análisis de costo para considerar la distancia de acarreo y accesibilidad, se estima que los sitios factibles para utilizarlos como escombreras serán los que se encuentren más cerca de los sectores propuestos para construir las casas de máquinas y además, colindan con algún camino. Por lo tanto, se recomiendan los que se ubican al sur de la plataforma PL- 09, ver Figura No. 5.1.23.

En este caso, las obras más alejadas a los sitios recomendados para depositar los escombros serán las plazoletas: PL-04, localizada a una distancia de 16 km y la PL-07 ubicada a 6 km, la cual debe ser construida y realizar la última parte del camino.

39 Figura No. 5.1.23 Mapa con los sitios recomendados para utilizarlos como escombreras y la ruta que comunica las obras más alejadas.



5.1.3.4 Caracterización geotécnica de los terrenos del AP

5.1.3.4.1 Introducción

El área de proyecto (AP) destinada al desarrollo del Proyecto Geotérmico Borinquen, se localiza en el distrito 02° Cañas Dulces, cantón 01° Liberia, provincia 05° Guanacaste.

En el área del proyecto se van a desarrollar obras tales como: construcción de caminos de acceso, pozos de explotación y reinyección, tuberías de conducción, lagunas, conformación de escombreras para depositar el material de las excavaciones y construcción de obras civiles en general.

Desde el punto de vista geotécnico y con base en lo que se observó durante las visitas realizadas, se puede decir que los sitios donde se van a perforar los pozos, son adecuados ya que no poseen elementos que representen un riesgo para la estabilidad de las obras, a excepción del sitio donde se tiene programado perforar el pozo 7, que tiene problemas en el acceso al sitio.

Los taludes de corte producto de la construcción de caminos, son estables y están conformados por materiales de origen volcánico, bastante competentes pero susceptibles a la erosión.

En éste informe se describen los sitios en los que se debe tener especial cuidado para evitar que con el paso del tiempo, el problema evolucione.

5.1.3.4.2 Metodología

La metodología aplicada para realizar este trabajo, consistió en lo siguiente:

- Recorrido, reconocimiento e identificación de todos los caminos dentro del AP.
- Estudio de las características superficiales de cada sitio: topografía y aspectos geotécnicos.
- Reconocimiento, identificación y caracterización de los sitios inestables.
- Elaboración del modelo conceptual de los mecanismos de falla para cada sitio indicado en este informe.

5.1.3.4.3 Descripción de los sitios

A continuación se hace una descripción de los sitios en los que se encontró algún problema geotécnico o que eventualmente podría llegar a presentar problemas, si no se toman medidas adecuadas.

Sitio #1

El deslizamiento está ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344495, E1194564

Descripción de los materiales

Los materiales que afloran en este sitio son cenizas de color café muy oscuro, provenientes del volcán Rincón de La Vieja, que se depositaron luego de un evento. En algunas zonas se encontraron intercalaciones de toba lapílica de poco espesor (menos de 10 cm) de color anaranjado.

Mecanismo del deslizamiento

La formación de este deslizamiento puede estar relacionada con la construcción del camino, debido a que durante ésta etapa, se removió material al pie del talud. Esta remoción de material alteró el equilibrio en el que se encontraba la masa de suelo.

La desestabilización de la masa de suelo se manifestó por medio de la formación de pequeñas cárcavas que progresivamente se fueron haciendo más anchas y profundas. En la Fotografía No. 5.1.6, se muestra la zona del deslizamiento y de los materiales que se identificaron.

La topografía en la zona del deslizamiento hace que se forme un paso preferencial de agua, que recolecta el agua que discurre por los terrenos que están ubicados en la parte posterior. Debido a la pendiente del terreno, toda esa agua llega hasta la zona del deslizamiento, se introduce en la masa de suelo a través de las cárcavas y satura los materiales.

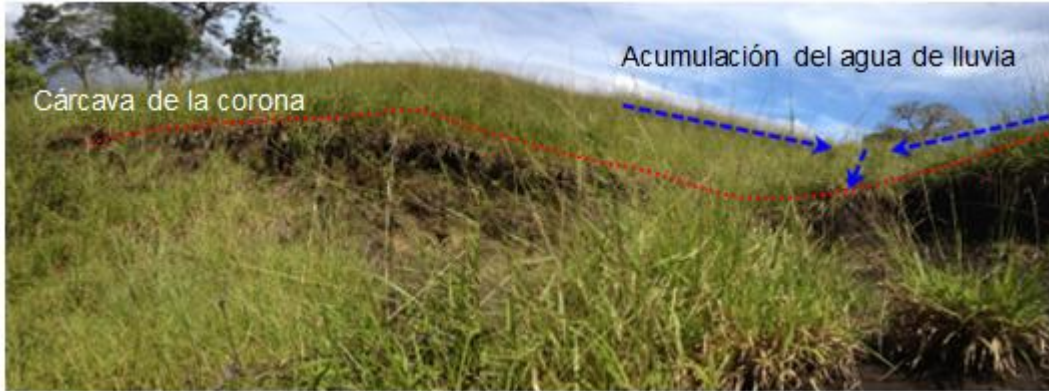
12 Fotografía No. 5.1.6 Deslizamiento ubicado en la margen del camino de acceso.



Con el paso del tiempo el problema fue creciendo hasta que la masa de suelo delimitada por una gran cárcava ubicada en la corona del deslizamiento, se movilizó.

En la Fotografía No. 5.1.7 se muestra una fotografía de la parte superior del deslizamiento, se indica hacia donde se conduce el agua que discurre por los terrenos cercanos y se señala la ubicación de la cárcava en la corona del deslizamiento.

13 Fotografía No. 5.1.7. Problema provocado por acumulación de agua



Sitio #2

Este deslizamiento está ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344542, E1195347.

Descripción de los materiales

En las Fotografías No. 5.1.8, No. 5.1.9 y No. 5.1.10 se muestran las 6 unidades geotécnicas que se identificaron en el sitio y su respectiva descripción:

Unidad geotécnica 1

- Capa superficial de cenizas.
- Se considera que ésta capa de cenizas fue la primera que se movilizó, debido a la consistencia de los materiales y la poca consolidación.

Unidad geotécnica 2

- Cenizas con bloques de roca pequeños, aproximadamente de 10 cm de tamaño máximo.

Unidad geotécnica 3

- Estrato rocoso, poco fracturado

Unidad geotécnica 4

- Estrato de limos arenosos de color café claro.
- Consistencia firme.

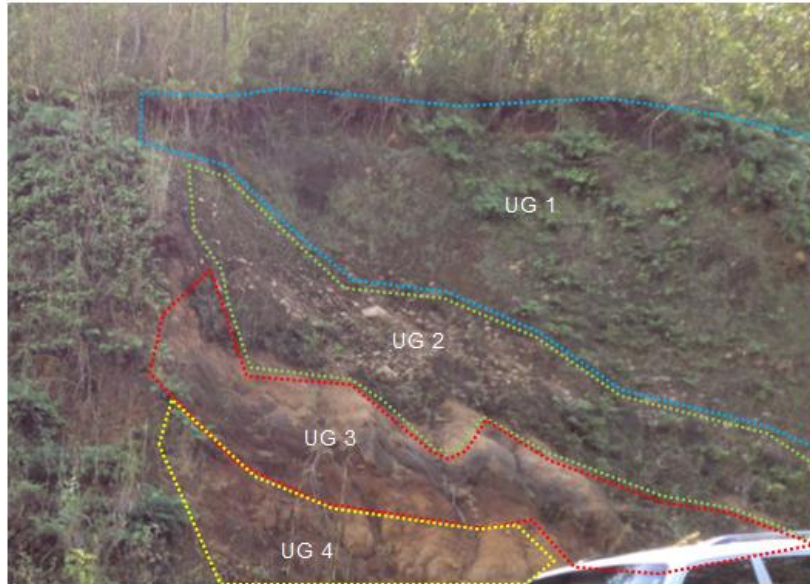
Unidad geotécnica 5

- Estrato de toba pumítica de color blancuzco, muy susceptible a la erosión.

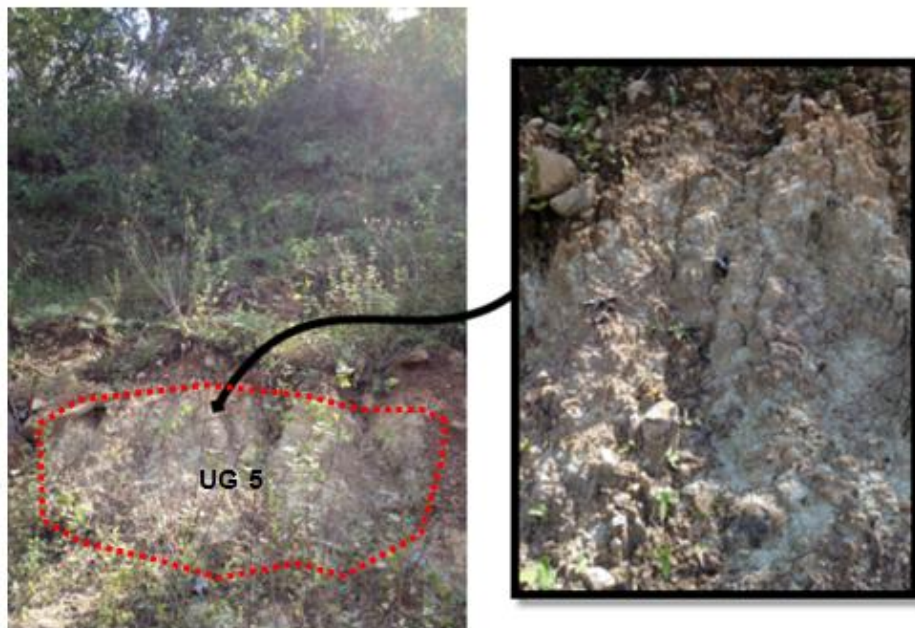
Unidad geotécnica 6

- Se encontró un lente de un material blancuzco, saturado y muy plástico, que puede ser el responsable del movimiento de la masa de material, ya que aflora en la base del talud

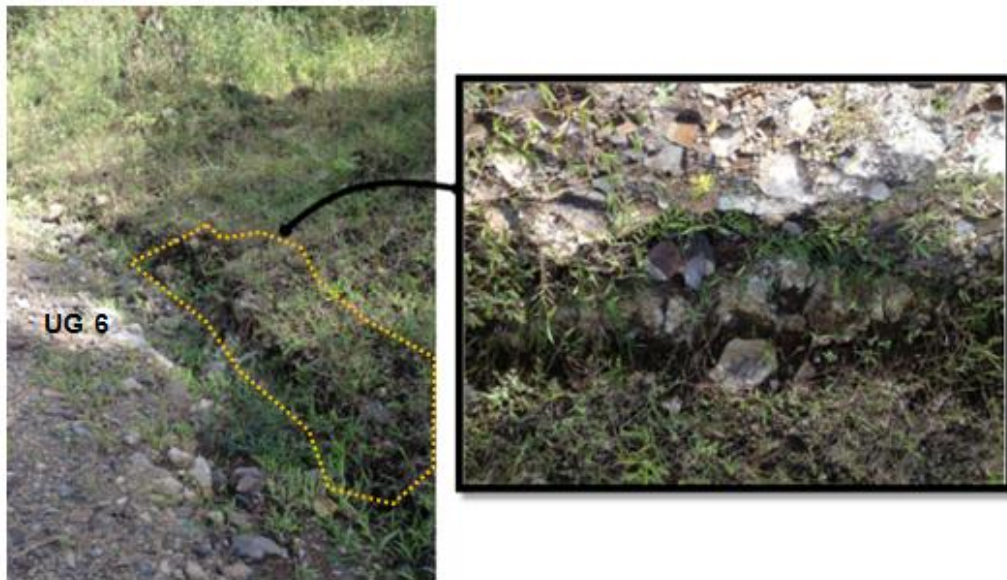
14 Fotografía No. 5.1.8 Unidades geotécnicas que se observan en el talud con problemas de inestabilidad



15 Fotografía No. 5.1.9 Unidad geotécnica 5.



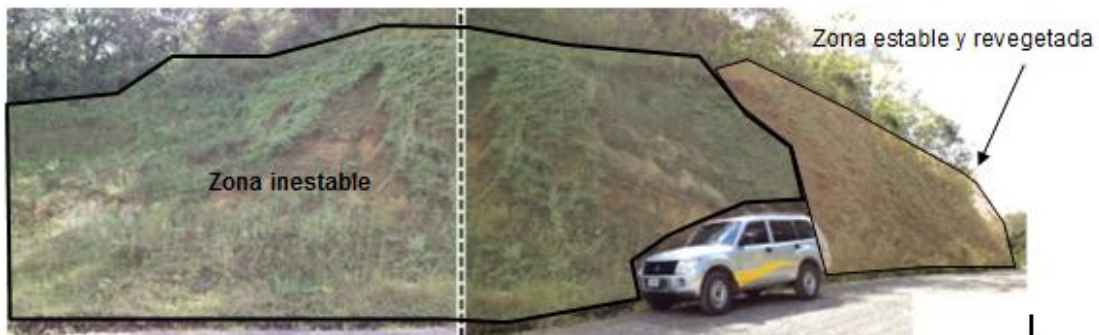
16 Fotografía No. 5.1.10 Unidad geotécnica 6 - Lente de material arcilloso que aparece en la base del talud



3.2.2. Mecanismo del deslizamiento

Cuando se realizó el recorrido se observó que una parte del talud posee una pendiente aproximada de 0,5H: 1V, y no presenta problemas de inestabilidad. Además se observó que se ha ido revegetando de forma natural. Sin embargo, otra parte de este talud, ubicada cerca de la quebrada, si presenta problemas de inestabilidad. En la Fotografía No. 5.1.11 se muestran las fotografías de la zona del talud donde se ha presentado inestabilidad.

17 Fotografía No. 5.1.11 Deslizamiento ubicado en el camino.



En la Fotografía No. 5.1.11 se señala la zona estable del talud y la zona donde se han presentado problemas de inestabilidad. Según lo observado en el sitio, se asume que el deslizamiento de material en esa parte del talud, se ha generado por

la presencia de un lente de material de alta plasticidad, en la base del talud, que al saturarse cambia de comportamiento y propicia el movimiento.

Según la evaluación realizada en el sitio, se puede decir que todo el material cuyo estado de equilibrio fue modificado, se desprendió. En el sitio del deslizamiento no se observaron zonas con alto potencial de falla, por lo tanto se puede decir que la zona está en un equilibrio precario, ya que cualquier cambio en el estado de esfuerzos (lluvia, sobrecargas, remoción de material en el pie, etc.) puede generar nuevas zonas de inestabilidad.

Además, los materiales que se encuentran en el talud, son susceptibles a la erosión, principalmente los materiales que conforman las unidad geotécnica 5.

Recomendaciones

Para evitar que se produzca una mayor afectación en la zona, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se deben construir cunetas revestidas en el borde del camino, principalmente en el pie del talud, ya que en esta zona aflora el material que al saturarse podría generar el movimiento de la masa de material.
- En caso de que se requiera construir alguna obra cerca de la corona del talud, se debe tener en cuenta que:
 - Es necesario realizar un estudio geotécnico más específico, en el sitio donde se va a construir la obra. En dicho estudio se incluiría el análisis del retiro o la distancia requerida con respecto al borde del talud, que permita alcanzar una condición estable.
- Se debe remover el material inestable que se encontró en el talud y darle una nueva pendiente a los taludes (pendiente recomendada: 1H: IV). Además si es necesario, se puede conformar una berma intermedia.
- Si el problema persiste se puede construir un pedraplén en el pie del talud para evitar que el problema persista

Sitio #3

Este sitio está ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344661, E1195877

18 Fotografía No. 5.1.12 Talud de corte en la margen del camino



Descripción de los materiales

En el talud de corte se encontraron 3 unidades geotécnicas. En las Fotografías No. 5.1.13, No. 5.1.14 y No. 5.1.15 se muestran los materiales de cada unidad geotécnica y a continuación se realiza una descripción cualitativa:

Unidad geotécnica 1

- Material conformado por un 70% de matriz limo arenosa de color café con un 30% de bloques de roca de diferente tamaño (tamaño máximo 20 cm) inmersos en ella.

Unidad geotécnica 2

- Corresponde a un material con un 20% de matriz limosa y un 80% de bloques de roca (tamaño máximo 30 cm).

Unidad geotécnica 3

- Esta unidad está conformada por capas de piroclastos que se depositaron durante eventos volcánicos. En este caso, el perfil de terreno muestra cerca de la superficie una capa de cenizas de espesor variable (aproximadamente 30 cm), luego una capa de pómez y finalmente un estrato de matriz limosa con bloques de roca de diferentes tamaños (tamaño máximo 20 cm).

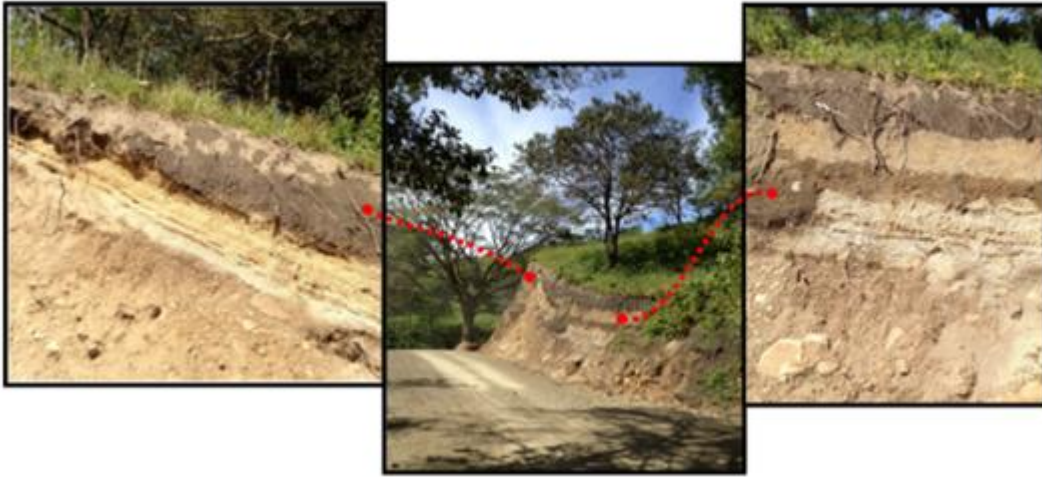
19 Fotografía No. 5.1.13 Unidad geotécnica 1.



20 Fotografía No. 5.1.14 Unidad geotécnica 2.



21 Fotografía No. 5.1.15 Unidad geotécnica 3.



Recomendaciones

Para evitar que el talud se erosione, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

Se deben construir cunetas revestidas en el borde del camino, principalmente en el pie del talud. También se recomienda construir cunetas en la parte superior del talud, tal y como se indica en la Fotografía No. 5.1.16. El agua que se colecte por medio de las cunetas se puede conducir hasta la quebrada.

Para proteger la superficie del talud de la erosión, se proponen las siguientes opciones:

Concreto lanzado:

10 cm de espesor

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Malla electrosoldada #4 cada 15 cm

Drenaje con tubo PVC de diámetro 5 cm @ 2 m

Geomanta biodegradable para control de erosión: se puede colocar una geomanta biodegradable de duración máxima un año. Se pueden utilizar geomantas con semillas o hidrosiembra para revegetar la superficie del talud.

22 Fotografía No. 5.1.16 Manejo de aguas que se debe realizar en el sitio.



Sitio #4

Este talud está ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344468, E1195905

Descripción de los materiales

En este sitio se pueden apreciar las mismas unidades geotécnicas que en el sitio anterior.

Mecanismo del deslizamiento

Este talud de corte de aproximadamente 1,80 m de altura y no presenta problemas de inestabilidad, sin embargo, los materiales que lo conforman son muy erodables.

Recomendaciones

Para prevenir el efecto de la erosión, se recomienda utilizar cualquiera de las dos soluciones:

Concreto lanzado:

10 cm de espesor

$f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Malla electrosoldada #4 cada 15 cm

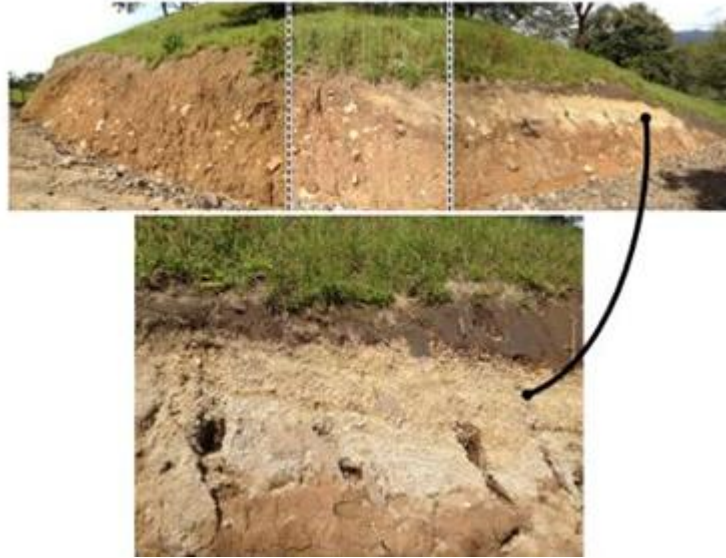
Drenaje con tubo PVC de diámetro 5 cm @ 2 m

Geomanta biodegradable para control de erosión: se puede colocar una geomanta biodegradable de duración máxima un año. Se pueden utilizar

geomantas con semillas o hidrosiembra para revegetar la superficie del talud.

Además es importante que se construyan cunetas en el borde del camino, al pie del talud.

23 Fotografía No. 5.1.17 Materiales encontrados en el talud del sitio 4.



Sitio #5

Este sitio está ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344406, E1197368

Al lado izquierdo del camino, se encontró un talud de poca altura que presenta serios problemas de erosión debido al mal manejo de aguas. En la Fotografía No. 5.1.18 se muestra el camino de acceso y la zona con problemas de erosión se da a ambos lados del camino.

24 Fotografía No. 5.1.18 Taludes de corte afectados por el problema de erosión, en la base.



En la Fotografía No. 5.1.19 se muestra la trayectoria del flujo de agua que ha ido generando la cárcava. Los materiales de esa zona son susceptibles a la erosión y este sitio es un claro ejemplo de lo que puede suceder si no se realiza un adecuado manejo de aguas

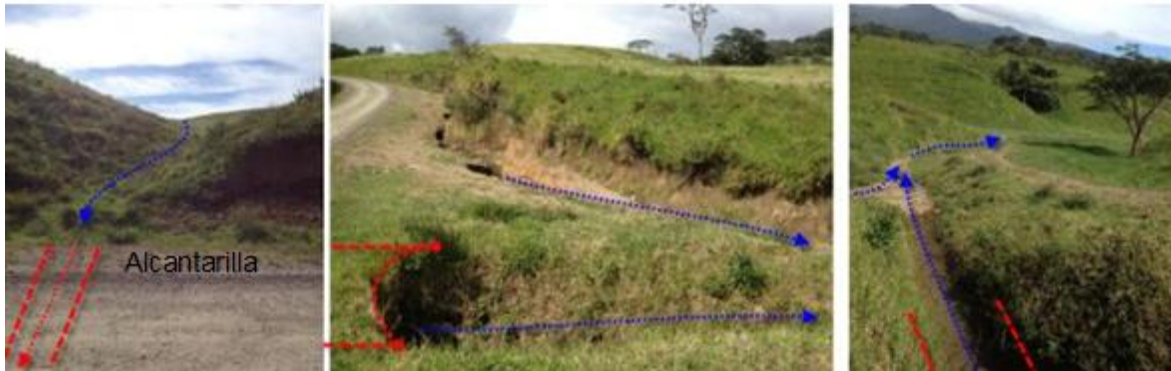
25 Fotografía No. 5.1.19 Trayectoria del flujo de agua que ha afectado la condición del talud.



El flujo de agua bordea el camino y llega hasta un lote donde no hay una conducción adecuada. Además, por la topografía de los terrenos cercanos, llega

un aporte importante de agua, tal y como se muestra en la Fotografía No. 5.1.20 al lado izquierda. Por debajo del camino cruza una alcantarilla que conduce el agua al otro lado del camino. En la Fotografía No. 5.1.20, en la Fotografía del centro, se observa la zona donde se unen las aguas, y en la Fotografía de la derecha, se muestra la trayectoria del flujo.

26 Fotografía No. 5.1.20 Trayectoria del flujo de agua que ha afectado la condición del talud.



Recomendaciones

Debido a que el problema se ha generado por el mal manejo de las aguas, la solución que se propone es construir cunetas en ambos lados del camino y diseñar un canal de desfogue, con el objetivo de llevar el agua hacia una quebrada o un río.

Camino de acceso al pozo 7 – Primera propuesta de ubicación

El sitio donde se encontraron más problemas, desde el punto de vista geotécnico, es el camino de acceso al sitio donde se va a perforar el pozo 7. A lo largo de este camino, en varios puntos, se identificaron zonas de deslizamiento, en su mayoría bastante importantes. Este camino posee una gran limitación, ya que si se requiere ampliar para facilitar el paso de la plataforma, se debe cortar al pie de los taludes y esto puede generar más inestabilidad, ya que de lado contrario está la ladera que posee una pendiente importante hacia el cauce del río.

En el recorrido que se realizó a lo largo de este camino, se identificaron 3 deslizamientos importantes, que se describen a continuación.

27 Fotografía No. 5.1.21 Ubicación del pozo 7 y camino de acceso.



Para la construcción de los caminos de acceso a los pozos, fue necesario realizar cortes en el terreno y de esto surgieron algunos taludes de corte. En dicho caso, se produce una relajación de los esfuerzos de confinamiento y el material se expone al medio ambiente, modificando la condición de equilibrio por una de deterioro acelerado.

El resultado del deterioro de la condición del talud, es una disminución en la resistencia al cortante del material, falla progresiva por expansión o fisuración, deformación al cortante, inclinación, desmoronamiento, etc. Igualmente se puede producir descomposición por desecación, reducción de la cohesión, lavado y remoción de los cementantes, disolución, erosión interna o sifonamiento.

Primer deslizamiento

Este deslizamiento se encontró en el primer tramo de ascenso del camino hacia el pozo 7. Se observó que el deslizamiento es producto de la construcción del camino y de la remoción de material al pie del talud.

**28 Fotografía No. 5.1.22 Primer deslizamiento que se encontró en el camino hacia el pozo 7
Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347305, E1198202**



Segundo deslizamiento

Uno de los problemas que posee este camino de acceso, es el poco espacio disponible, ya que la única forma de ampliar el camino y facilitar el paso de las plataformas, es cortar el material al pie de los taludes de la montaña. Sin embargo, esa parte posee abundante vegetación y una pendiente importante, y al cortar el terreno, se va a producir una inestabilidad a lo largo del camino, tal y como se muestra en las Fotografías No. 5.1.23, No. 5.1.24 y No. 5.1.25.

29 Fotografía No. 5.1.23 Camino de acceso al pozo 7.



30 Fotografía No. 5.1.24 Camino de acceso al pozo 7.



Tercer deslizamiento

Este deslizamiento se generó como consecuencia de la construcción del camino de acceso al pozo, en el cual se deslizó una capa superficial de material.

La parte superior del deslizamiento corresponde a una fila de montaña que presenta evidencias del movimiento. Se encontraron grietas con aberturas de 5 a 15 cm de ancho.

31 Fotografía No. 5.1.25 Camino de acceso al pozo 7. Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347427, E1198197.



En la Fotografía No. 5.1.26 se muestran un conjunto de fotografías en las cuales se puede observar que se trata de una zona muy susceptible e inestable, y deja en evidencia que cualquier modificación que se realice, principalmente en la topografía, puede generar serios problemas, tales como los deslizamientos que se han observado.

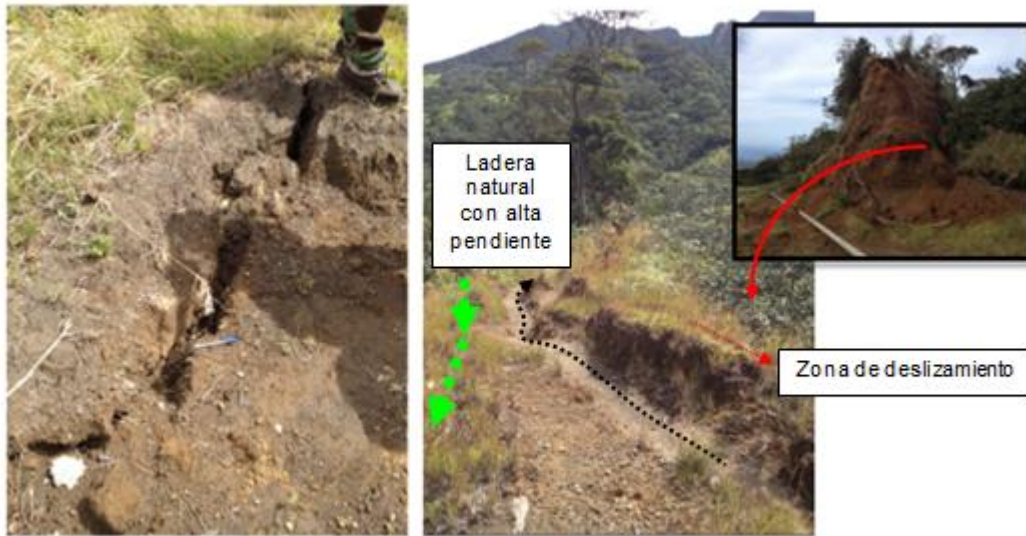
32 Fotografía No. 5.1.26 Camino de acceso al pozo 7 y pozo 7b. Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347499, E1198272.



En la Fotografía No. 5.1.26 se puede observar que a ambos lados de la fila de montaña se han generado problemas importantes de inestabilidad. Se observaron grietas en la parte superior de la fila, que evidencia la posibilidad de que el movimiento evolucione, principalmente durante la época lluviosa.

En la Fotografía No. 5.1.27 se muestran las grietas que se encontraron en la parte superior de la fila de montaña. En algunas partes, la grieta tiene aproximadamente 15 cm de ancho. En la Fotografía No. 5.1.28 se muestra la parte superior de la fila de montaña y se indica que se observó movimiento hacia ambos lados, principalmente hacia el talud que da al camino.

33 Fotografía No. 5.1.27 Evidencias de inestabilidad encontrada en la parte superior de la montaña, ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198517



34 Fotografía No. 5.1.28 Deslizamiento en ambos lados de la fila de montaña.



En la Fotografía No. 5.1.29 se muestra otro deslizamiento que se encontró en el camino que lleva hacia el sitio que se propuso inicialmente para el pozo 7. En la Fotografía No. 5.1.30 se muestra una fotografía que trata de demostrar la magnitud del deslizamiento. Con base en lo observado, se puede decir que el acceso al sitio propuesto para el pozo 7, es complicado debido a la serie de deslizamientos que se observaron a lo largo del camino.

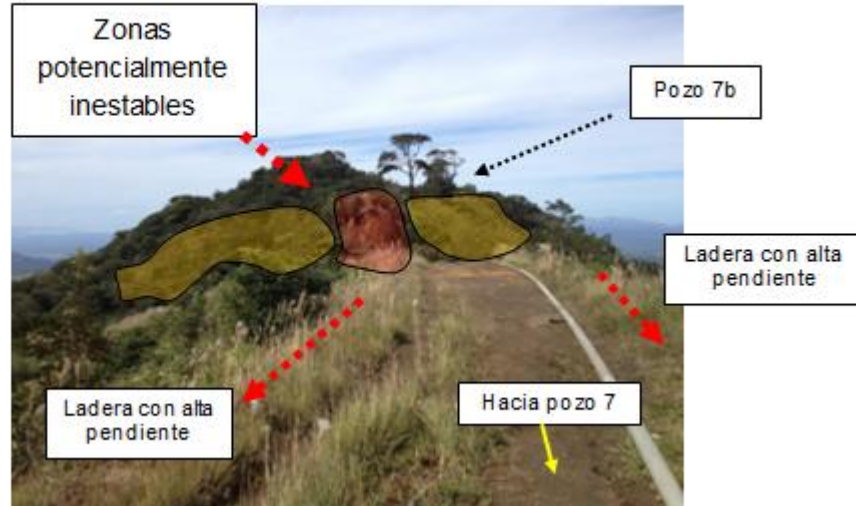
35 Fotografía No. 5.1.29 Deslizamiento en el camino hacia el pozo 7, Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198488



36 Fotografía No. 5.1.30 Deslizamiento en el camino hacia el pozo 7 Ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347739, E1198488



37 Fotografía No. 5.1.31 Acceso al pozo 7, ubicado en las coordenadas CRTM 05: N347499, E1198272.



Camino de acceso al pozo 7 – Segunda propuesta de ubicación

Según lo que se observó en la visita, se puede decir que el sitio donde se planea perforar el pozo 7, es adecuado. Sin embargo, el acceso a ese sitio es bastante complicado, ya que se observaron deslizamientos importantes a lo largo del camino y zonas con grietas profundas y más de 15 cm de ancho que evidencian la inestabilidad de la zona.

El recorrido se realizó por las zonas que pueden servir como acceso para maquinaria y las plataformas. Con base en lo que se observó, se puede decir que la zona no es apta y que difícilmente pueda cumplir con el objetivo que se busca. El espacio disponible es muy limitado y no existe la posibilidad de ampliar el camino, debido a las condiciones topográficas.

38 Fotografía No. 5.1.32 Imagen satelital del sitio donde se va a perforar el pozo 7.



En la Fotografía No. 5.1.33 se muestra uno de los deslizamientos en uno de los caminos de acceso al sitio del pozo 7. Se puede observar que el movimiento es bastante grande y que las grietas están muy abiertas, aproximadamente de 20 a 30 cm, en esa zona. Esta parte del camino de acceso al sitio, es una fila de montaña con un ancho de cresta bastante angosto.

39 Fotografía No. 5.1.33 Deslizamiento en el camino de acceso al sitio donde se planea construir el pozo 7.



En la Fotografía No. 5.1.34 se muestran las fotografías de grietas que se encontraron en diferentes partes del camino de acceso al sitio. Esto evidencia la vulnerabilidad del sitio y refleja los problemas que se pueden presentar si se altera el equilibrio actual.

En la Fotografía No. 5.1.35 se muestra el sitio donde se va a perforar el pozo 7. El sitio está ubicado en una planicie bastante amplia, en donde se pueden colocar todos los equipos y contenedores requeridos. Sin embargo, el problema del sitio está en el acceso y en la vulnerabilidad de la zona.

40 Fotografía No. 5.1.34 Evidencia del movimiento que se ha dado en diferentes zonas.



41 Fotografía No. 5.1.35 Sitio donde se planea construir el pozo 7.



Escombreras

Como parte del desarrollo del proyecto, se tienen previstos 2 sitios en donde se van a conformar las escombreras.

Para garantizar que las escombreras funcionen de forma adecuada, se recomienda que el diseño de las escombreras sea realizado por personal del área de ingeniería geotécnica (IGT), con el objetivo de garantizar la estabilidad de la obra a lo largo del tiempo.

Las escombreras son obras que se conforman con material producto de las excavaciones requeridas para la construcción de las obras del proyecto. Los materiales que se pueden depositar son tipo suelo, roca alterada, fragmentos de concreto o una mezcla de los anteriores. Por ningún motivo se depositará materia o basura orgánica de ningún tipo: tal como madera, troncos, material de cobertura boscosa o cualquier otro tipo de basura. El suelo vegetal se podrá utilizar

posteriormente en zonas de revegetación, para tratamiento y recuperación, por lo que debe ser colocado en un sitio específico.

Se recomienda limpiar el sitio donde se va a conformar la escombrera, eliminar toda la capa vegetal o materia orgánica antes de colocar los materiales de escombros. Se debe verificar la superficie de contacto entre el relleno de escombros y el terreno.

Se deberán identificar y caracterizar los materiales de escombros, estimar el volumen generado de cada uno, definir la zonificación y por último colocar los materiales. En la escombrera todos los materiales se deben disponer en forma ordenada mediante capas compactadas adecuadamente con equipo mecánico definido de acuerdo al material, además la escombrera debe poseer una geometría que garantice su estabilidad.

La colocación y compactación de los escombros, deberá ser realizada de acuerdo a especificaciones técnicas. La selección de los equipos se debe realizar con base en las características de compactación de los materiales a colocar en la escombrera. Este proceso es muy importante ya que mediante la densificación de los materiales, es que se alcanza una adecuada resistencia al corte y por ende, la estabilidad en el terreno.

El diseño de la escombrera debe incluir obras para el manejo de agua de escorrentía superficial, que permita la evacuación de las aguas pluviales de manera segura hasta sitios de escorrentía natural o adecuadamente dispuestos en el terreno: cunetas, contracunetas, canales, cajas de registro, alcantarillas, cabezales, disipadores de energía, delantales. La ejecución de las obras para el manejo y control del agua de escorrentía (cunetas, contracunetas, alcantarillas y cabezales), deben ser construidas conforme el avance de la colocación del escombros o antes del inicio de la colocación del mismo, en ningún caso quedará su ejecución para el final de la obra.

Existen medidas complementarias para evitar o subsanar los problemas de erosión, por ejemplo, en etapas iniciales, utilizar geomantas biodegradables para brindar control temporal de la erosión y evitar problemas de inestabilidad, hasta que la vegetación quede establecida. Se recomienda hacer uso de una geomanta orgánica en el área afectada por la escorrentía. Se deberá limpiar y conformar la zona afectada y extenderse al menos 2 o 3 m hacia cada lado fuera de esa zona.

Se deberán remover antes de la colocación de la geomanta los bloques y el material suelto, y realizar la limpieza del talud. La geomanta deberá estar compuesta por fibras ya sea de paja, heno, yute o coco. Además pueden llevar una mezcla de semillas en la parte posterior. La vida útil de la geomanta debe ser al menos de 1,5 años. La geomanta debe colocarse con grapas a fin de que estén en completo contacto con la superficie a tratar.

Se debe llevar un control de calidad minucioso para el seguimiento de la ejecución de las obras, en caso de ser necesario se harán modificaciones a las estructuras o diseño propuesto.

Una vez que la escombrera alcance su máxima capacidad, deberá cerrarse la escombrera y poner en práctica las obras de recuperación ambiental y revegetación, así como la definición del mantenimiento requerido para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Escombrera #1

Se realizó una visita a los dos sitios donde se propone construir las escombreras y se observó que el sitio #1 es bastante adecuado debido a las condiciones topográficas.

42 Fotografía No. 5.1.36 Sitio de escombrera #1 ubicado en las coordenadas CRTM 05: N344409, E1197988



La inclinación de los árboles se debe a la intensidad del viento en esa zona, y no está relacionado con el movimiento de la masa de terreno.

Escombrera #2

Se recomienda que en el sitio se construya un sistema de drenaje que sustituya el drenaje natural del terreno por esa zona de la escombrera y se deben seguir las recomendaciones que se indicaron en el apartado de recomendaciones de esta Sección.

43 Fotografía No. 5.1.37 Sitio de escombrera #2



El terreno es bastante regular por lo que la escombrera deberá conformarse según lo que se indica, principalmente en cuanto a drenaje, compactación de los materiales y pendientes de los taludes.

Pozo 4

En la Fotografía No. 5.1.38 se muestra la terraza del pozo 4, se puede observar en la Fotografía No. 5.1.38 que el talud de corte ubicado en la parte posterior no presenta ninguna evidencia de inestabilidad, solamente zonas erosionadas.

44 Fotografía No. 5.1.38 Taludes de la terraza del pozo 4



Los taludes de la terraza del pozo 4, no presenta problemas de inestabilidad, solamente erosión leve en algunas partes de la superficie del talud.

45 Fotografía No. 5.1.39 Materiales de los taludes de la terraza



5.1.3.4.4 Conclusiones

- En el área del proyecto se desarrolla la construcción de los caminos de acceso, pozos de explotación y reinyección, construcción de tuberías de conducción, lagunas, conformación de escombreras para depositar el material de las excavaciones y la construcción de otras obras civiles.
- Los materiales que afloran en la mayor parte del AP son cenizas de color café muy oscuro provenientes del volcán Rincón de La Vieja y depositadas durante algún evento. En algunas zonas se pueden encontrar intercalaciones de toba lapílica de poco espesor de color naranja débil.
- Algunos de los problemas que se observaron a lo largo del camino de acceso, son generados por la modificación en la topografía, producto de la conformación de caminos y mal manejo del agua de lluvia.
- Se visitaron los sitios donde se van a perforar los pozos y se determinó que los sitios son adecuados y que no presentan ningún problema. Sin embargo, el sitio en el que van a perforar el pozo 7 es adecuado, sin embargo el problema está en los accesos. Producto de la construcción del camino se han generado una serie de deslizamientos, algunos de magnitud importante.
- En la zona cercana al pozo 7 se han observado grietas que demuestran que el movimiento de la masa de terreno y el desprendimiento de material, se va a seguirse dando, hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio.

- Debido a las condiciones topográficas del sitio, no hay posibilidad de ampliar el camino de acceso al pozo 7.

Recomendaciones

Se deben construir cunetas revestidas a los lados del camino, principalmente en el pie de los taludes, ya que en esta zona aflora el material que al saturarse podría generar el movimiento de la masa de material.

En caso de que se requiera construir alguna obra cerca de la corona del talud, es necesario realizar un estudio geotécnico más específico, en el sitio donde se va a construir la obra. En dicho estudio se determinará el retiro o distancia a la cual, se debe construir la obra, con respecto al borde del talud, hasta encontrar una condición estable.

En taludes en los que se haya dado un deslizamiento importante de material, se debe remover el material inestable que se encontró en el talud y darle una nueva pendiente a los taludes. Además si es posible, se puede conformar una berma intermedia, dependiendo de la magnitud del deslizamiento.

Se pueden estabilizar los taludes por medio de la construcción de pedraplenes en el pie del talud, en los casos en los que se determine que es una solución adecuada.

Para proteger la superficie del talud de la erosión, se proponen las siguientes opciones:

Concreto lanzado:

- 10 cm de espesor
- $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Malla electrosoldada #4 cada 15 cm
- Drenaje con tubo PVC de diámetro 5 cm @ 2 m

Geomanta biodegradable para control de erosión: se puede colocar una geomanta biodegradable de duración máxima un año. Se pueden utilizar geomantas con semillas o hidrosiembra para revegetar la superficie del talud.

5.1.4 Geomorfología

5.1.4.1 Geomorfología regional

El Proyecto Geotérmico (PG) Borinquen se encuentra situado sobre la cordillera Volcánica Guanacaste, localizado a unos 20 km al noroeste de la ciudad Liberia sobre las faldas suroestes del volcán Rincón de la Vieja, entre las coordenadas medias 344372 F.E y 1197270 F.N del sistema de proyección Costa Rica Transversal Mercator 2005 (CRTM05), ubicadas en las hojas topográficas Curubandé y Cacao a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

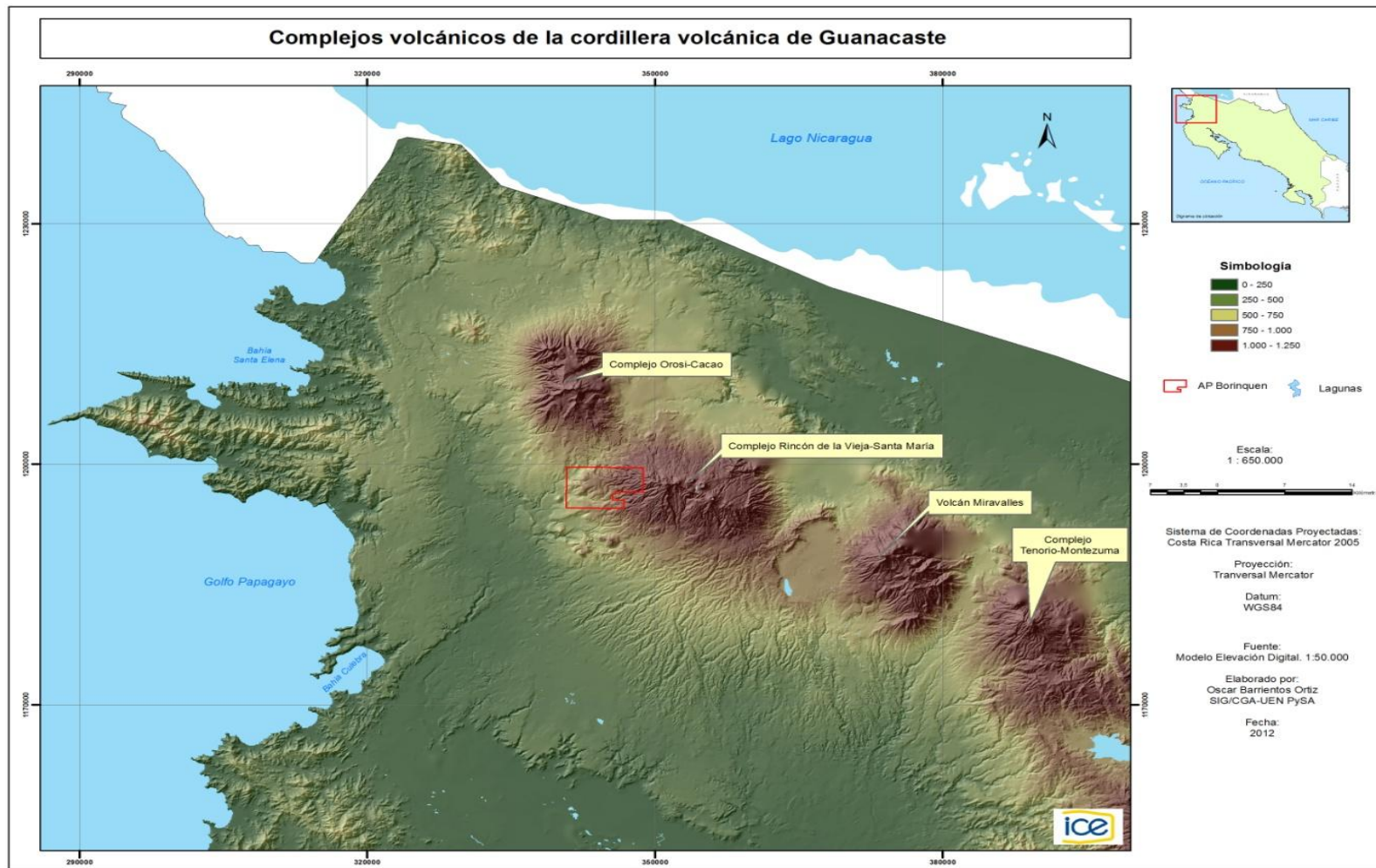
Ubicada entre la frontera de Nicaragua y el poblado de Tilarán, la cordillera Volcánica Guanacaste constituye el segmento noroeste del arco volcánico de Costa Rica. Dicho segmento posee una longitud aproximada de 100 km, y se encuentra en una disposición paralela a la Fosa Mesoamericana, en donde convergen la placa Cocos y Caribe.

De esta cordillera sobresalen cuatro complejas estructuras volcánicas recientes denominadas "estratovolcanes": complejo volcánico Orosi-Cacao, complejo Rincón de la Vieja-Santa María, complejo Paleo-Guayabo-Miravalles y complejo Tenorio-Montezuma, Figura No. 5.1.24.

Es probable que los actuales edificios volcánicos reposen sobre estructuras volcánicas más antiguas. Todos estos volcanes están en posición de horst, puesto que por un lado, al noreste están en el límite del borde sur del Graben de Nicaragua y por otro lado, al suroeste, están bordeados por la falla inversa de Costa Rica, oculta bajo los depósitos más jóvenes de ignimbritas (Bergoeing, 2007).

Dicho eje montañoso está compuesto de rocas de los períodos Plioceno a Cuaternario que yacen sobre un basamento de sedimentos volcánicos y marinos.

40 Figura No. 5.1.24 Complejos volcánicos de la cordillera volcánica de Guanacaste



Este basamento está compuesto por rocas peridotitas y basaltos del complejo Nicoya (Cretácico Superior) (Barahona, y otros. 2001).

Este mismo basamento se encuentra cubierto por depósitos marinos de areniscas, lutitas y arrecifes calizos asociados a la formación Barra Honda y Brito. Un posterior incremento de la actividad volcánica produjo un cambio en la composición del magma, pasando de lavas basálticas a andesíticas. Se encuentran también tobas y flujos piroclásticos asociados a la formación Aguacate, flujos ignimbríticos con una intercalación de depósitos fluviales y fluvio-lacustres durante el Paleoceno-Mioceno (Barahona, y otros. 2001).

Sobre la parte cuspidal del complejo volcánico Rincón de la Vieja-Santa María, es posible identificar nueve cráteres con una alineación NO-SE, paralelo a la Fosa Mesoamericana, por lo que algunos autores (Paniagua, Salazar, Kussmaul, Monge y Obando. 1996) definen esta estructura como un "rift", el cual mide aproximadamente 10 km de largo y 1,5 km de ancho, en donde se encuentran alineados los nueve cráteres de este complejo volcánico. Según estos autores, este rift es una zona de debilidad cortical y estructural en donde es propenso la formación de cráteres o domos y un posible surgimiento de coladas de lava.

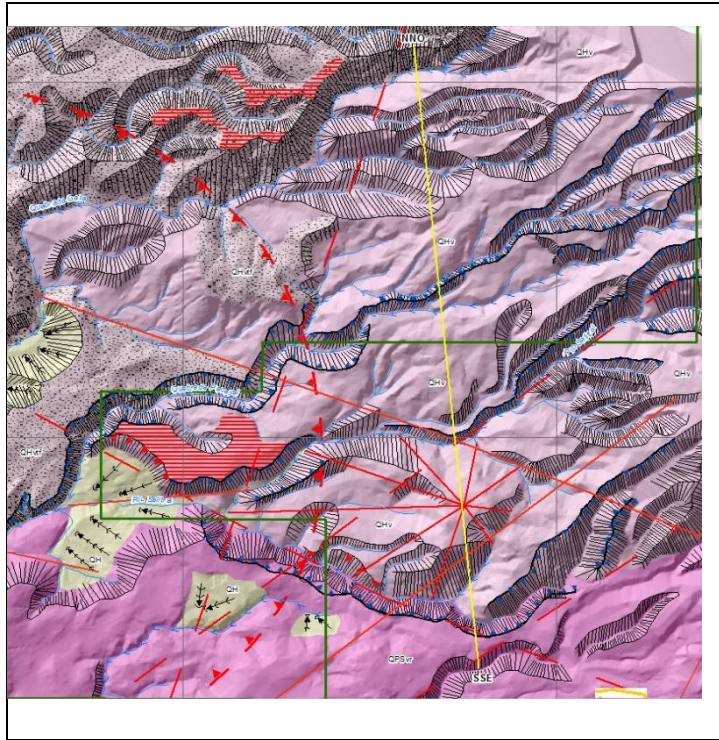
5.1.4.2 Geomorfología Local

5.1.4.2.1 Relieve multifacético

El modelado multifacético cubre gran parte de los sectores montañosos, lugar donde los ríos entallan profundamente la roca, cavando poderosos talwegs y modelando las vertientes en facetas de tipo triangular (Bergoeing, 2007).

Este tipo de relieve lo encontramos en el sector oeste del P.G. Borinquen, sobre faldas del volcán Rincón de la Vieja, entre los 1000-1900 m.s.n.m, sobre las coladas recientes de Cuaternario Volcánico Holoceno (QHv), ver la Figura No. 5.1.25, y corresponde a un modelado con formas más o menos bien conservadas de las lavas andesíticas que conforman este sector.

41 Figura No. 5.1.25 Contexto geomorfológico del relieve multifacético.

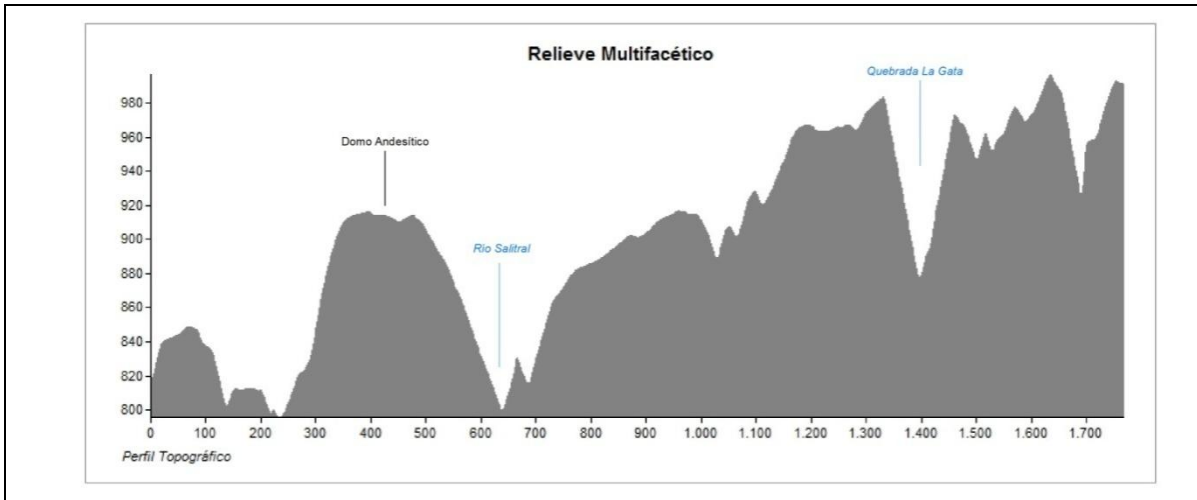


Fuente: Mapa Geomorfológico del PG Borinquen

En esta se muestran formas agudas y angulosas, fuertes pendientes, valles en V, cañones profundos, divisorias de agua en forma de aristas, ver la Figura No. 5.1.26, lo que supone un fuerte control hidrológico, una mayor energía de los ríos y por ende un mayor poder erosivo y de transporte de materiales desde la parte alta hasta los sectores de piedemonte, en donde los ríos comienzan a perder competencia disminuyendo así la erosión, y aumentando la sedimentación y acumulación de material.

El modelado multifacético responde a lo joven y vigoroso relieve de este sector, el cual se encuentra protegido en gran parte por el bosque del área protegida del volcán Rincón de la Vieja.

42 Figura No. 5.1.26 Perfil topográfico del modelado multiconvexo



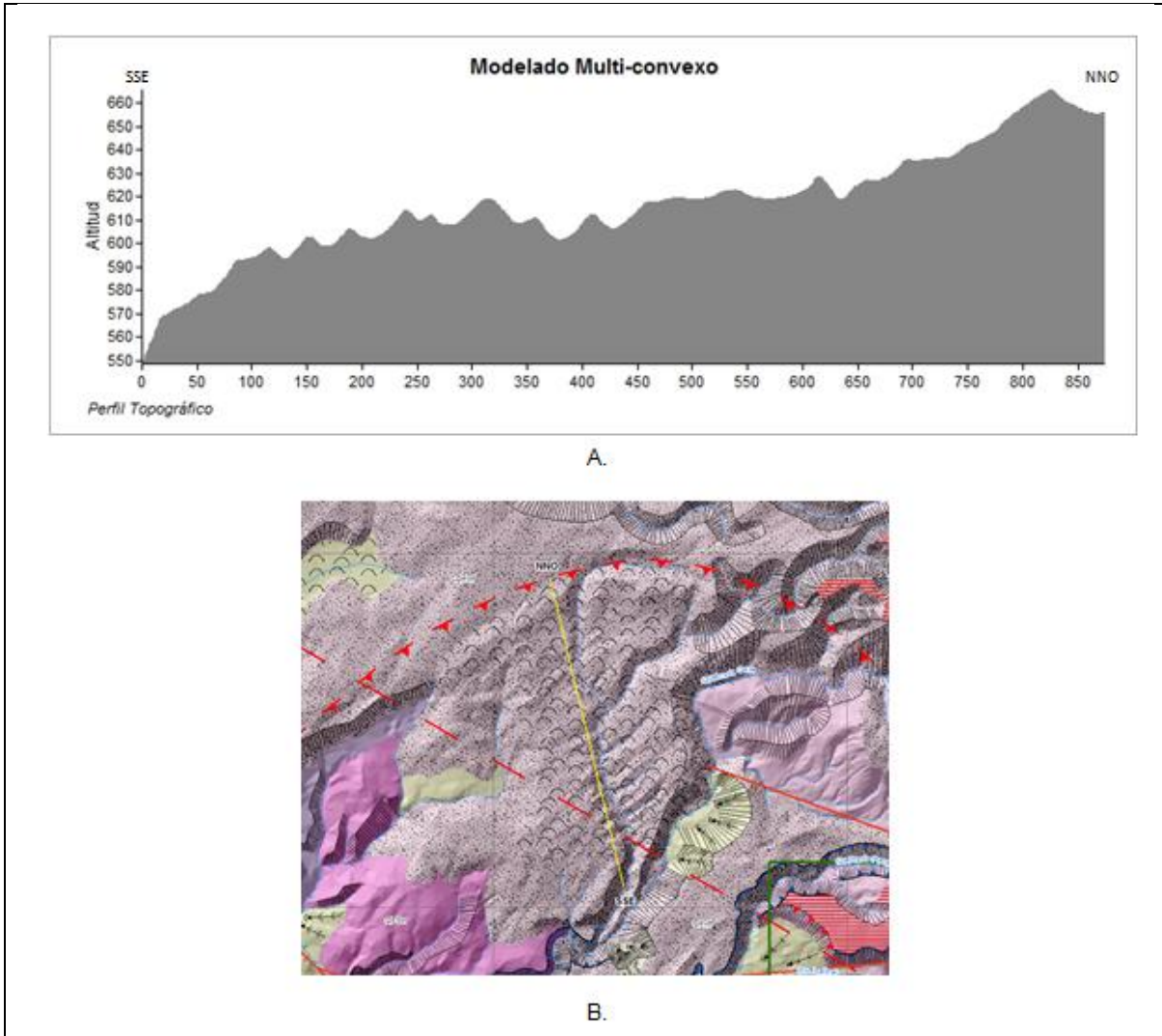
Fuente: Modelo Elevación Digital. Escala 1:10.000

5.1.4.2.2 Relieve multiconvexo

Este tipo de relieve es producto de un modelado típico de las áreas tropicales húmedas, alternando con el modelado multifacético que es posible identificar en pisos altitudinales superiores, más cercanos al cráter principal.

El modelado multiconvexo se encuentra en el sector medio de las laderas del volcán Rincón de la Vieja, en donde es posible observar un paisaje de colinas redondeadas y formas cóncavas conocidas como "media naranja", como consecuencia de la alteración de las lavas preexistentes y del posterior depósito de tefras de caída producto de erupciones volcánicas violentas, que vinieron a rellenar y suavizar la topografía antes existente, presentando como característica un suelo muy desarrollado. La siguiente Figura No. 5.1.27 muestra el perfil que se observa en el camino que conduce hacia la plataforma N°9, producto del modelado que se desarrolló en este sector.

43 Figura No. 5.1.27 Perfil topográfico del modelado multiconvexo. B. Contexto geomorfológico del relieve multi-convexo



Fuente: Mapa Geomorfológico del PG Borinquen

5.1.4.2.3 Unidad "Debris Avalanche"

Consiste en el deslizamiento o colapso de una ladera o parte del edificio volcánico del volcán Cacao ubicado aproximadamente a unos 13 km al noroeste del PG Borinquen, esto debido a las altas presiones internas de gases y magma.

El flujo principal de este deslizamiento se desplazó hacia el sur-sureste del edificio volcánico alcanzando distancias de hasta 13 km de longitud, llegando incluso hasta los alrededores del poblado Las Lilas, ver la Fotografía No. 5.1.40.

46 Fotografía No. 5.1.40 Contacto entre la unidad "debris avalanche" y el aluvión del río Ahogados.



Fuente: Barrientos, O. 07/11/12

El límite de este flujo lo marca el río Ahogados, el cual discurre por una zona de debilidad o falla, la cual marca contacto con las lavas del volcán Rincón de la Vieja, ver la fotografía No. 5.1.41.

47 Fotografía No. 5.1.41 "Pseudo-lapiaces" originados por la acción fluvial del río Ahogados sobre una formación de tobas



Fuente: Barrientos, O. 07/11/12

5.1.4.2.4 Hidro termalismo

Las manifestaciones hidrotermales más importantes que existen dentro del PG Borinquen, son probablemente las que se encuentran a lo largo de las márgenes del río Salitral. Dicho Río nace en las faldas suroestes del volcán Rincón de la Vieja y discurre a través de una zona de debilidad cortical lo que ha favorecido el entallamiento de su valle y su característica forma rectilínea.

La siguiente Fotografía No. 5.1.42 muestra el hidrotermalismo de esta zona, el cual consiste en aguas ácidas y sulfatadas cercanas al punto de ebullición, generando una importante nube de vapor y gas sulfúrico. Producto de la composición química del agua y la temperatura de esta, provocan una alteración química y física de la roca convirtiéndolas en arcilla del tipo 1:1, es decir, Caolinita, ver Fotografía No. 5.1.43.

48 Fotografía No. 5.1.42 Manifestación hidrotermal. Alteración química y física de la roca



Fuente: Barrientos, O. 07/11/12

49 Fotografía No. 5.1.43 Depósitos de arcilla resultado de la alteración química y física

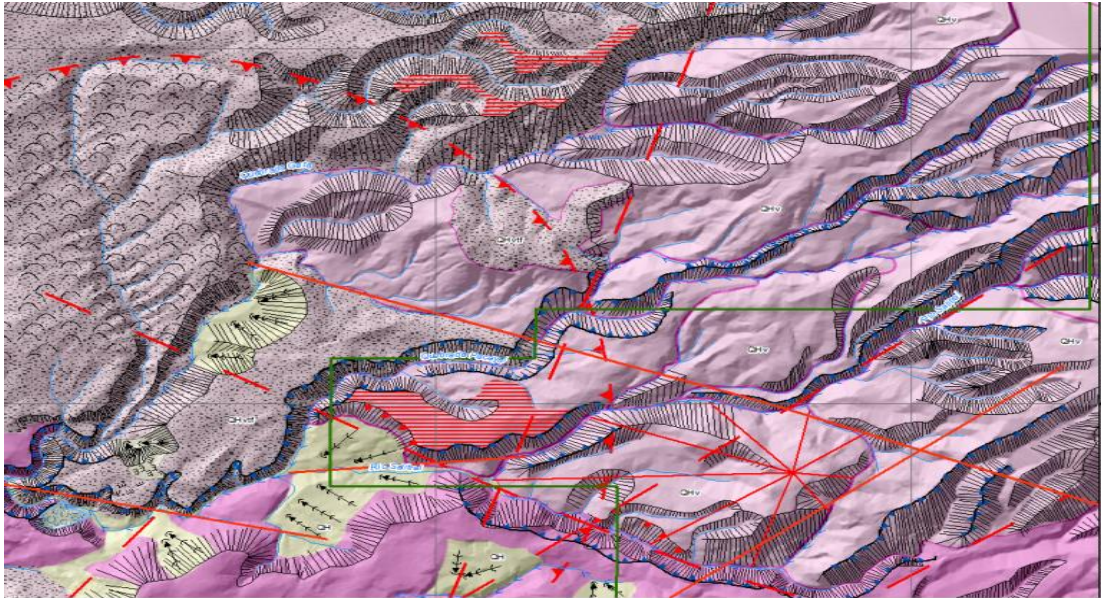


La Caolinita es un mineral muy común que se forma debido a la meteorización y a la alteración hidrotermal de silicatos de aluminio, principalmente feldespato. Esta arcilla se reconoce principalmente por sus colores blanco y blanco-amarillento, y además por su particular comportamiento plástico debido a su alto contenido de agua, tal como lo muestra la Fotografía anterior No. 5.1.43.

5.1.4.3 Geoformas

Coladas de lava recientes: como su nombre lo indica está compuesta por materiales volcánicos complejos y recientes, en forma de flujos de coladas de lava producto de distintos períodos eruptivos del volcán Rincón de la Vieja, los cuales se depositaron en el sector noreste del PG Borinquen, Figura No. 5.1.28, y conformar la unidad del Cuaternario Volcánico Holoceno (QHv, por sus siglas en ingles).

44 Figura No. 5.1.28 Detalle de la ubicación de la unidad QHv del PG Borinquen



Fuente: Mapa Geomorfológico del PG Borinquen

En esta unidad es posible encontrar flujos de lava de composición andesítica y tobas recientes, de estructura masiva, las cuales se encuentran hasta en un radio de 8 km con respecto al cráter principal.

Se propone la existencia de un cono parásito del volcán Rincón de la Vieja, en el sector oeste, a una distancia aproximada de 8km con respecto al cráter principal, del cual se explica la presencia de los flujos lávicos andesíticos que se muestran en la siguiente Fotografía No. 5.1.44.

50 Fotografía No. 5.1.44 Flujos de lava andesíticos, cercanías de la plataforma N°5



Fuente: Barrientos, O. 07/11/12

5.1.4.3.1 Tefras de caída

Kempton, citado por Soto, Alvarado, Goold y Climent (2003), denominó esta unidad como el "Depósito de Tefra de Río Blanco" en el cual es posible identificar los depósitos de ceniza, tefra y pómez más recientes del volcán Rincón de la Vieja, estimada en unos 3490 +/-105 años, período eruptivo en el que se originaron varias explosiones de tipo subpliniano (>10km<30km).

Estas explosiones arrojaron de manera violenta grandes volúmenes de este tipo de materiales a la atmósfera, en donde los más gruesos se depositaron en las cercanías del foco eruptivo mientras que los más finos fueron depositados a mayores distancias, lo cual originó un modelado multiconvexo, el cual es posible identificar en el camino que comunica la plataforma N°9 con la N°3, ver Fotografía No. 5.1.45.

51 Fotografía No. 5.1.45 Depósito de tefra y pómez de caída a orillas del camino



Fuente: Barrientos, O. 19/12/12

Según Soto, Alvarado, Goold y Climent (2003), este depósito está compuesto en su mayoría de "pómez beige, escorias negras, piroclastos bandeados y muy pocos líticos

5.1.4.3.2 Flujo lahárico

Los flujos laháricos tienen un efecto modelador en el relieve, ya que puede formar quebradas y valles profundos debido a la acción erosiva, producto de la gran velocidad con que bajan estos flujos por las pendientes más fuertes del volcán. A medida que la pendiente disminuye este pierde energía disminuyendo la velocidad provocando que el material arrastrado se deposite formando capas de varios metros de espesor.

La siguiente Fotografía No. 5.1.46, muestra un flujo lahárico caracterizado por contener generalmente bloques angulosos de roca en ocasiones mayores a los 30

cm y en menor medida menores del metro, envueltos en una matriz volcánica que en este caso mide aproximadamente 3,5m de espesor, la cual generalmente presenta una estructura más gruesa que el lodo. Sobre este depósito yace una capa más reciente llamada "tefra de caída" descrita anteriormente

52 Fotografía No. 5.1.46 Detalle del perfil ubicado en el sector de la plataforma N°4, en donde se muestra la capa de tefra



Fuente: Esquivel, H. 07/11/12

5.1.4.3.3 Relictos volcánicos

Aunque no forman parte del área donde se emplaza propiamente el P.G Borinquen, los domos volcánicos son de suma importancia en el contexto geomorfológico regional de este proyecto.

En este contexto, es posible identificar fácilmente seis estructuras dómicas con una dirección NO-SE, a saber: Cerro Fortuna, San Roque (a), Cañas Dulces (b), La Torre, Góngora (c) y San Vicente, el cual según Bergoeing (1983) se considera el más reciente (<1 m.a).

Estos domos dacíticos de Cañas Dulces, son testigos de una actividad volcánica periférica al eje de los grandes volcanes actuales. Se encuentran en el extremo sur y suroeste del PG Borinquen, a unos 16-20 km al suroeste del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja.

Presentan un alineamiento que corresponde al límite o borde de una serie de antiguas calderas en nido, producto de la extrusión de ácida y desgacificada de lavas del tipo dacitas-riolitas, originando estructuras radiales de 150-450 m por encima de la meseta ignimbrítica (Soto, Alvarado, Goold y Climent. 2003), los cuales se formaron durante el Cuaternario Pleistoceno Inferior (QPiv) y en su

conjunto han sido denominadas los domos de "Cañas Dulces", ver Fotografía No. 5.1.47.

53 Fotografía No. 5.1.47 Panorámica del alineamiento de los domos dacíticos del PG Borinquen



Fuente: Méndez, J. 07/11/12

a) Cerro San Roque

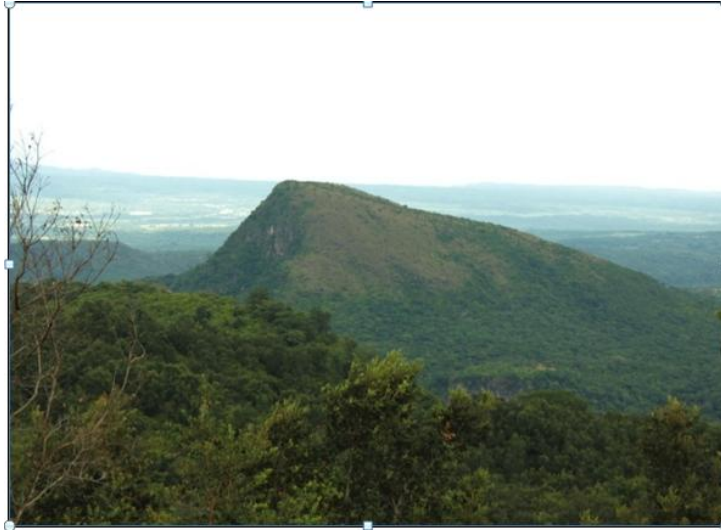
Conformado por rocas del tipo dacítico-riolítico, con una edad aproximada de 1.6m.a (Kempter. 1997), lo coloca en un vulcanismo extrusivo del período Pleistoceno Inferior (QPiv).

Dicho domo dacítico es anterior o contemporáneo a la construcción del actual cono del volcán Rincón de la Vieja y puede estar relacionado con el vulcanismo de la formación Aguacate (Bergoeing, 2007).

En el extremo suroeste del domo se presenta un sector fuertemente escarpado, originado por deslizamientos y la presencia de una falla tectónica por la cual discurre el río Tizate, el cual marca el límite sur de este domo, ver la Figura No. 5.1.48.

Esta Fotografía No. 5.1.48, muestra hacia el sector noroeste una pendiente más suave conformada por los flujos piroclásticos y de lavas que le dieron origen, las cuales se encuentran disectadas en el extremo norte debido a la presencia de un alineamiento por donde discurre un curso fluvial, afluente del río Ahogados

54 Fotografía No. 5.1.48. Vista del cerro San Roque, tomada desde el flanco este



Fuente: Méndez, J. 07/11/12

b) Cerro Cañas Dulces

Este domo presenta una disposición radial sin embargo, a pesar de presentar una base ancha su volumen es menor que el anterior, ya que su cúspide ovalada es angosta y puntiaguda, ver Fotografía No. 5.1.49.

Este domo de composición dacítico es contemporáneo al cerro San Roque, con una edad calculada de 1.6m.a (Bellon y Tournon. 1978).

55 Fotografía No. 5.1.49 Vista del cerro Cañas Dulces, tomada desde el flanco este



Fuente: Méndez, J. 07/11/12

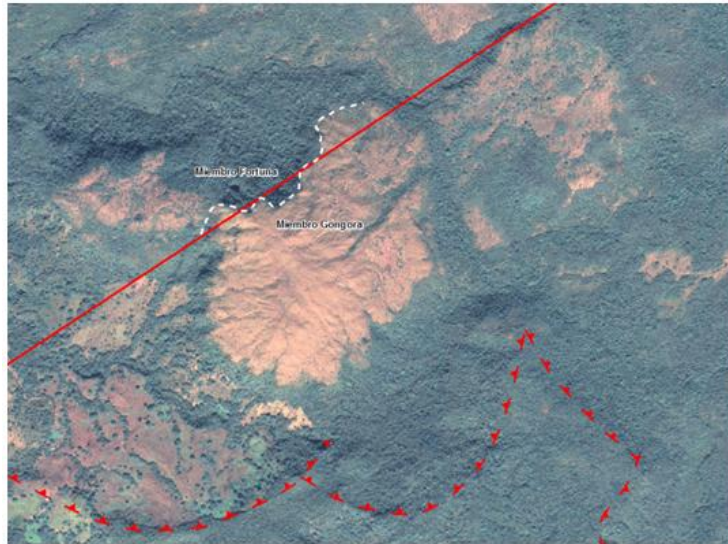
c) Cerro Góngora

Se localiza aproximadamente a 3 km del extremo sur del P.G Borinquen. Su edad se calcula en 1 m.a (Bergoeing, 2007), lo que posiciona como el más joven de estos tres domos.

Como característica principal llama la atención su escasa o nula cubierta vegetal desde su base hasta la cúspide en cualquier época del año, condición asociada a su composición edáfica imperante, la cual presenta suelos poco desarrollados, líticos y ácidos producto del material dacítico de este domo. Además es importante resaltar que este es el domo de mayor volumen con respecto a los demás.

La siguiente Fotografía No. 5.1.50, corresponde a este cerro el cual presenta una base ovalada, con fuertes y escarpadas pendientes hacia el flanco norte, zona donde se da el contacto litológico (línea blanca discontinua) entre el miembro Góngora y Fortuna, evidenciado por un alineamiento con dirección noreste-suroeste (línea roja continua), el cual atraviesa el domo en este sector.

56 Fotografía No. 5.1.50 Vista ortogonal del alineamiento y contacto en el Cerro Góngora



Fuente: Elaboración propia

Hacia el sector noreste las pendientes son moderadas, sobre estas laderas es posible observar la dirección de los flujos volcánicos que le dieron origen. Esta Fotografía No. 5.1.50, muestra además, el borde de caldera (línea roja discontinua) que marca el límite sur de la unidad de domos o relictos volcánicos de Cañas Dulces

5.1.4.3.4 Mesetas volcánicas

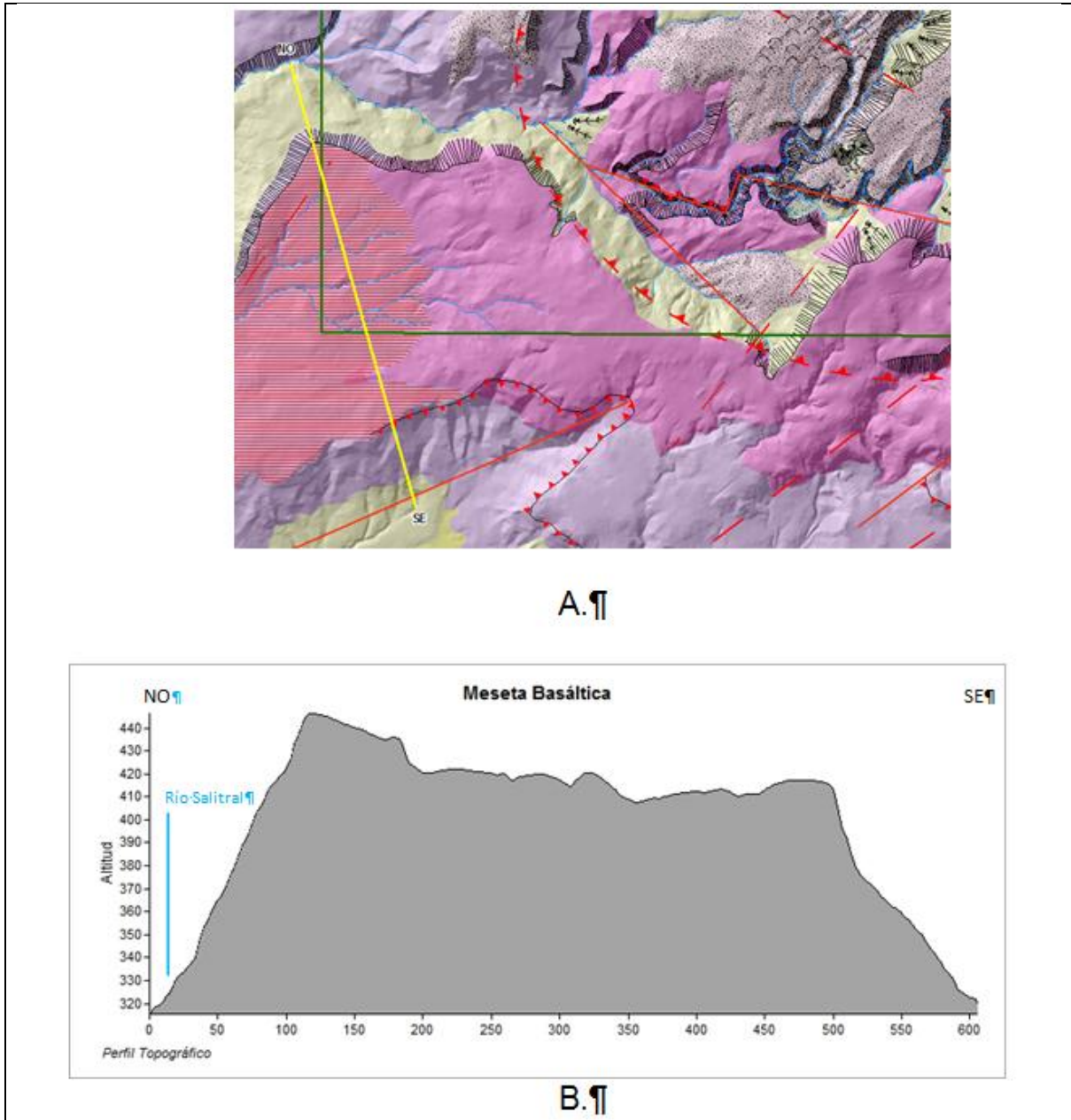
La formación de mesetas volcánicas muchas veces se produce por un derrame lávico de composición, la cual es una roca volcánica oscura y densa que sale de las grietas en la superficie de la tierra, y no de los conductos centrales del volcán.

Las características de un flujo de basalto es que son de baja viscosidad y no se enfrían rápidamente, lo que permite que la lava recorra una gran distancia desde la fisura. La acumulación repetida de flujos de lava provoca la formación de una amplia meseta.

Un ejemplo de esta se ubica en el sector suroeste del PG Borinquen, donde se encuentra construida la plataforma N°4, ver la Figura No. 5.1.29. Esta meseta de composición basáltica corresponde al período Cuaternario Pleistoceno Medio (QPMv), la cual presenta una elevación aproximada de 430 m.s.n.m y un espesor promedio de 330m sobre el terreno.

Hacia el extremo oeste de esta, la composición es netamente basáltica, sin embargo hacia el sector este de la misma, es posible encontrar diferentes materiales volcánicos más recientes, los cuales se depositaron sobre esta en forma de coladas de lava, en este caso de composición andesítica, originando formas irregulares en la superficie de esta meseta.

45 Figura No. 5.1.29 A. Contexto geomorfológico de la meseta basáltica. B. Perfil topográfico.



Fuente: Mapa Geomorfológico del PG Borinquen

5.1.4.3.5 Calderas

a) Caldera Cañas Dulces

Esta caldera marca el límite sur de los domos de Cañas Dulces, y se originó durante la cuarta y última etapa de formación de la caldera Alcántaro, correspondiente al periodo Cuaternario Pleistoceno Inferior (QPiv).

La primera consistió en la formación de la caldera "pre-Alcántaro", caracterizada por la erupción de lavas dacíticas que dando origen a la Formación del mismo nombre, y también de la ignimbrita del Miembro Colorado (Barahona, y otros. 2001).

La segunda etapa migra hacia el SE, en la cual se da la formación de los domos andesíticos de la Unidad Tibio y la ignimbrita de la Unidad Curubandé.

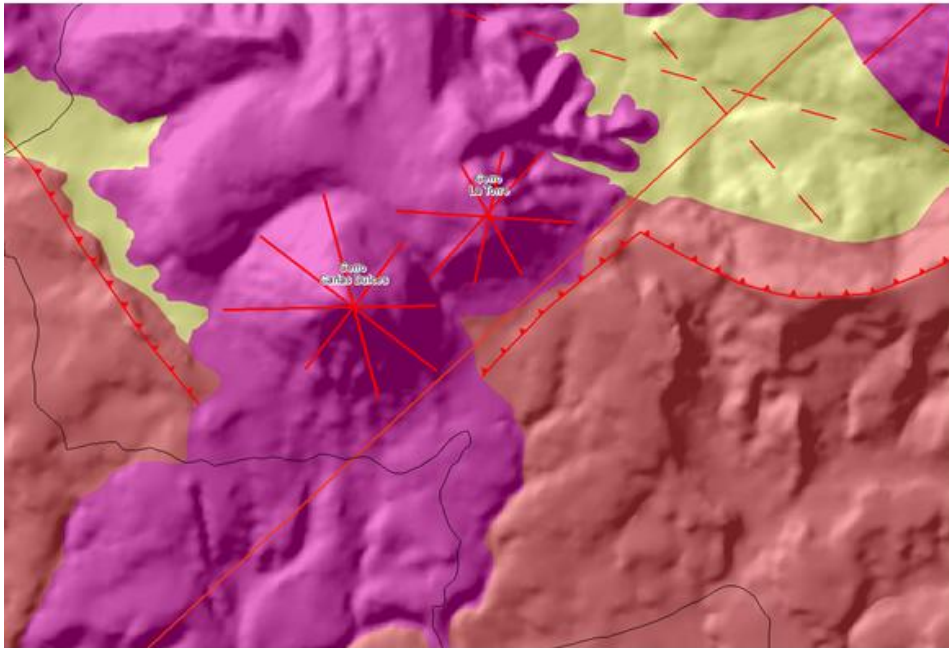
Durante la tercera etapa se da la formación de la caldera Guachipelín evidenciada por los depósitos de la unidad del mismo nombre y la Formación Río Liberia.

La cuarta etapa es donde se forma la caldera Cañas Dulces, donde la actividad que le dio origen culmina con la formación de los domos dacíticos de la Formación del mismo nombre.

Estos eventos sugieren una migración del foco eruptivo desde el Oeste hacia el Este, por esta razón encontramos evidencia de estructuras y procesos volcánicos al más antiguos hacia el Oeste (Terciario Plioceno), con forme se desplaza hacia el este el vulcanismo se vuelve más reciente hasta ubicarlo donde se encuentra en la actualidad, que es precisamente en la zona del rift del volcán Rincón de la Vieja.

En el costado sur del domo Cañas Dulces, el borde de caldera desaparece, esto debido a los flujos lávicos post-caldera provenientes de este domo, los cuales sepultaron este sector de la caldera, Figura No. 5.1.30.

46 Figura No. 5.1.30 Límite indiferenciado del borde de caldera de Cañas Dulces.



Fuente: Elaboración propia

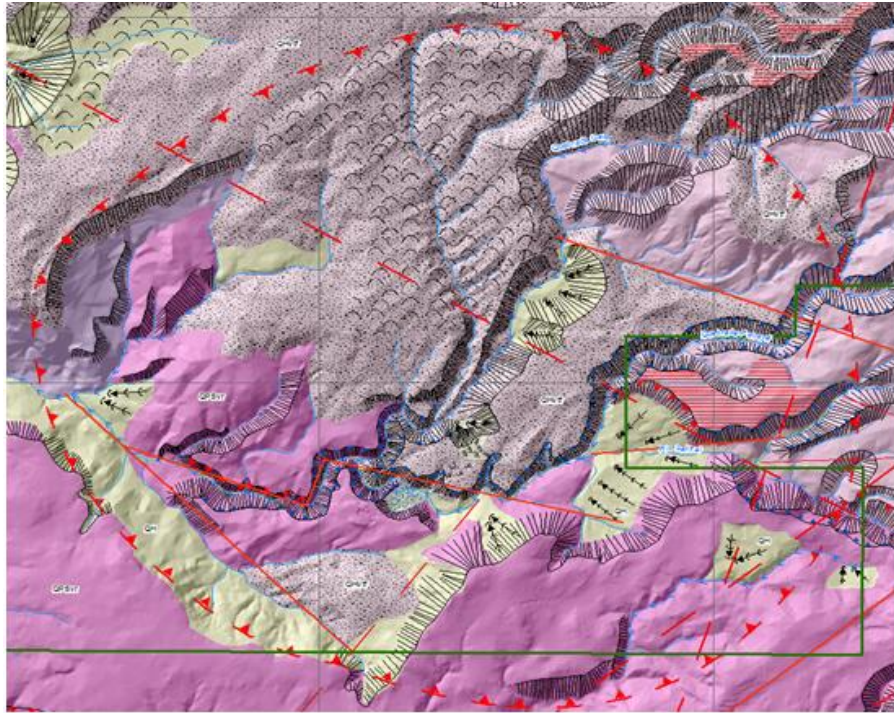
b) Caldera "Borinquen"

Se propone una la existencia de una caldera ubicada hacia el centro del P.G Borinquen con una extensión aproximada de 12 km² y un diámetro de 3,7 km, ver la Figura No. 5.1.31. La misma se deduce a partir de evidencias morfológicas en el terreno y mediante fointerpretación geomorfológica del relieve.

Morfológicamente esta caldera se formó por el colapso de una estructura volcánica precedente que se encontraba en este lugar, la cual debido a las fuerzas internas y desgacificación de la cámara magmática provocó el colapso de este volcán, dando origen a esta caldera. La formación de esta habría ocurrido hace aproximadamente unos 0.7-0.12 m.a, es decir, durante el período Cuaternario Pleistoceno Medio QPMv).

La Figura No. 5.1.31 muestra que en el extremo noroeste y sur-suroeste de la caldera, el borde o límite de esta se encuentra bien definido, lo que hace posible su interpretación y delimitación en este sector. Sin embargo el nor-noreste y sureste de esta caldera se encuentra recubierta por flujos lávicos provenientes desde el volcán Rincón de la Vieja, los cuales vinieron a rellenarla dificultando la delimitación de la caldera en este sector.

47 Figura No. 5.1.31 Límite propuesto de la caldera "Borinquen".



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.4 Tectónica

5.1.4.4.1 Alineamientos

El área del PG Borinquen está atravesada por múltiples alineamientos tectónicos que se muestran claramente en el Modelo de Elevación Digital, elaborado a partir de curvas de nivel a cada 2m.

Uno de los alineamientos más importantes lo constituye el que se encuentra en el extremo occidental del área de estudio, con una dirección NE-SO, cercano a la comunidad Las Lilas, marca el contacto entre las lavas del volcán Rincón de la Vieja y la unidad "Debris Avalanche" del volcán Congo. El río Ahogados aprovechó esta zona de debilidad en la corteza para encausar sus aguas sobre este alineamiento.

Otro alineamiento importante por sus dimensiones, es el que se encuentra en sector este del área de interés, con una dirección NNE-SSO atraviesa de norte a sur el PG Borinquen.

El otro alineamiento es importante debido a que sobre este se encuentra ubicado el Hotel Buenavista. Dicho alineamiento se encuentra en el extremo sureste del PG Borinquen y tiene una dirección NE-SO.

5.1.4.4.2 Fallas tectónicas

La principal falla tectónica que se encuentra en el PG Borinquen, la constituye el río Salitral, ya que este discurre a través de una zona de fractura y debilidad, el cual aprovechó esta condición para encauzar y entallar su valle, el cual atraviesa de Este-Oeste la zona de estudio. Su característico valle casi rectilíneo hace intuir la presencia de un alineamiento en este sector.

5.1.4.5 Procesos de remoción en masa

5.1.4.5.1 Deslizamientos

Los principales deslizamientos se pueden apreciar en las zonas altas, escarpadas y de fuertes pendientes de las laderas del flanco suroeste del volcán Rincón de la Vieja. Aunque estos se encuentran fuera del área de estudio, son importantes considerarlos ya que tienen implicación directa en el P.G Borinquen.

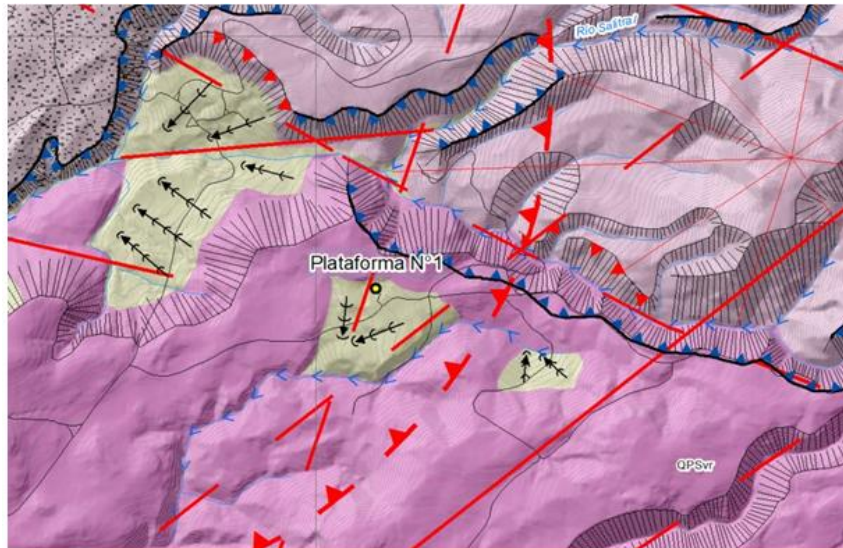
El origen de estos se asocia principalmente a la erosión fluvial aunado a la inestabilidad de las laderas producto de las fuertes precipitaciones que se producen en esta zona durante la época lluviosa, los cuales remueven más fácilmente los materiales volcánicos poco consolidados de este sector.

El material deslizado en estos sectores montañosos podría provocar represamientos en los ríos o quebradas que, ante fuertes precipitaciones desencadenarían flujos de lodos y detritos los cuales descenderían por los valles angostos y pronunciados, incrementando la energía de estos flujos, poniendo en riesgo vidas humanas, animales e infraestructura.

Sin embargo, dentro del P.G Borinquen existen varios deslizamientos identificados los cuales merecen especial importancia debido tanto a sus dimensiones como a su ubicación espacial en el contexto del proyecto.

Así por ejemplo, existe identificado un proceso de este tipo en las inmediaciones donde se encuentra construida la plataforma N°1, el cual probablemente se produjo y activó debido a un alineamiento (línea roja discontinua) que atraviesa esta plataforma en sentido NE-SO, Figura No. 5.1.32.

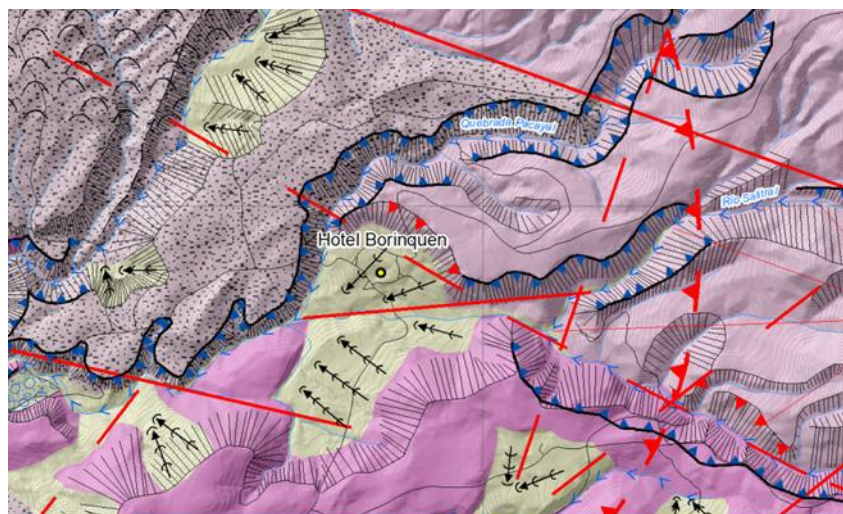
48 Figura No. 5.1.32 Deslizamiento en el sector de Plataforma N°1.



Fuente: Elaboración propia.

Otro deslizamiento importante existe en donde se encuentra construido el Hotel Borinquen. Este Hotel presenta la particularidad de que además de estar construido sobre un deslizamiento, colinda con la presencia de una importante falla (descrita anteriormente) sobre el río Salitral y además, este se encuentra al pie de un frente de colada, por lo que es de suponer que los materiales que se encuentran en este sector, son derrubios volcánicos producto de la caída por gravedad de materiales que componen este frente de colada de lava, los cuales se encuentran poco compactados y por ende más propenso a deslizar, ver la Figura No. 5.1.33.

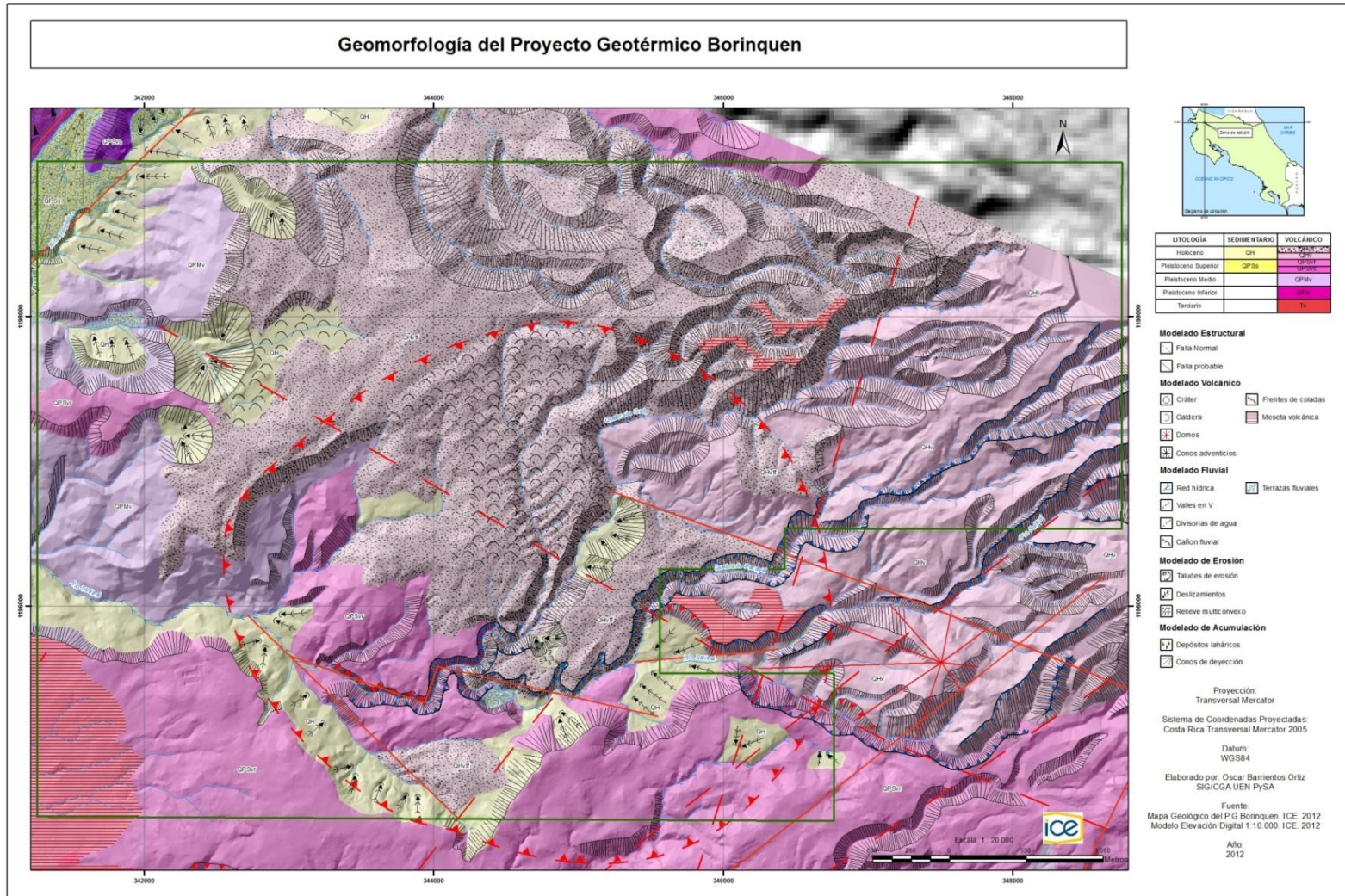
49 Figura No. 5.1.33 Deslizamiento en el sector del Hotel Borinquen.



Fuente: Elaboración propia

Mapa geomorfológico

50 Figura No. 5.1.34 Mapa Geomorfológico



5.1.5 Edafología

5.1.5.1 Introducción

El área estudiada fue cercana a los 35 km² y se localiza en el distrito 2° Cañas Dulces del cantón 1° Liberia de la Provincia de Guanacaste. El Rincón de la Vieja (25 Km al NNE de Liberia, es el único volcán activo en la Cordillera de Guanacaste (Soto 2012) y sobre una antigua caldera volcánica de diámetro aproximado a los 10 km ubicada en el flanco oeste suroeste del Rincón de la Vieja, se localiza el Campo Geotérmico Borinquen. Debido a la historia volcánica y cercanía al Macizo Rincón de la Vieja, así como la dirección predominante de los vientos en la región, la litología en el área del proyecto (AP) es eminentemente volcánica del Holoceno, compuesta por coladas de lavas andesíticas, andesítico basáltico y basáltico que fueron cubiertas por deposiciones de piroclastos (ceniza y tefra) piroclastos del Holoceno (cenizas, tefras). Los niveles promedios de precipitación poseen condiciones típicas del patrón de lluvias del Caribe, sin una estación seca bien definida; las lluvias en las partes altas de la zona de estudio son de 3200 mm y de 1400mm en las más bajas. El relieve es cóncavo/ convexo, con valles en V de fuerte pendiente y una red hidrológica que desagua al río Los Ahogados, tributario de la cuenca del río Tempisque. Las zonas de vida en el AP son Bosque húmedo tropical (bh-T) y Bosque húmedo tropical transición a Premontano (bh-TΔ) y aunque los terrenos del área están intervenidos con pastizales, existen suelos cubiertos con sucesiones vegetales tempranas y tardías, bosque de galería y núcleos de masa boscosa poco intervenida. El Área del Proyecto Borinquen (AP), incluye La Hacienda – Hotel Borinquen (cerca del 85 %) y Hotel Linda Vista, cuyas industrias giran alrededor del turismo y la ganadería.

Aunque la historia Geológica de la Cordillera Volcánica de Guanacaste se remonta al Mioceno Superior (Alvarado 2000), erupciones de cenizas volcánicas ocurridas durante el Holoceno (ICE 2007) provocan que muchos de sus suelos sean jóvenes. Edafológicamente en esta cordillera se han reportado Andisoles, Entisoles, Inceptisoles y Vertisoles (Holdrigde et al 1971; Cervantes 1977; ICE 1989; Acon y Asociados 1991; Chinchilla 2008; Chinchilla 2011). En la Cordillera de Guanacaste se han clasificado Andisoles como Oxic Dystrandeps, Typic Dystrandeps, Typic Eutrandeps, Aquic Dystrandeps, Typic Vitrandeps y Lithic Vitrandeps (Cervantes 1977; Acón y Asociados 1990); Typic Haplustands, Paralithic Haplustands, Vertisoles como Typic “Aquic” Haplusterts y Entisoles Lithic Ustortents (Chinchilla 2008); Humic Hapludands, Typic Hapludands, Hydric Melanaquands y los Entisoles Vertic Udifluents, Typic “Paralithic” Udorthents (Chinchilla 2011).

La existencia de Andisoles es el producto de la andolización por pérdida de sílice, bases y formación de alófana, una pseudoarcilla de baja cristalinidad responsable de la mayoría de las propiedades físico químicas de estos suelos. En general, los Andisoles son suelos frágiles con propiedades físico-químicas particulares y en

condiciones de intemperización más avanzada, son de alta porosidad (superior al 50%), densidades aparentes inferiores a 0.90 gr cm⁻¹, alta retención de humedad y límites líquidos altos, sufren de un secado irreversible y cuando están saturados de agua, son susceptibles a deslizarse en masa; además, poseen alta retención de fosfatos, altos contenidos de materia orgánica y presencia de complejos órgano minerales difíciles de destruir

El sistema taxonómico utilizado en Costa Rica para la clasificación de suelos es "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff 2010) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, este sistema también es utilizado por la mayoría de países de América Latina y permite clasificar los suelos en diferentes categorías, siendo el nivel de subgrupo el utilizado en esta investigación.

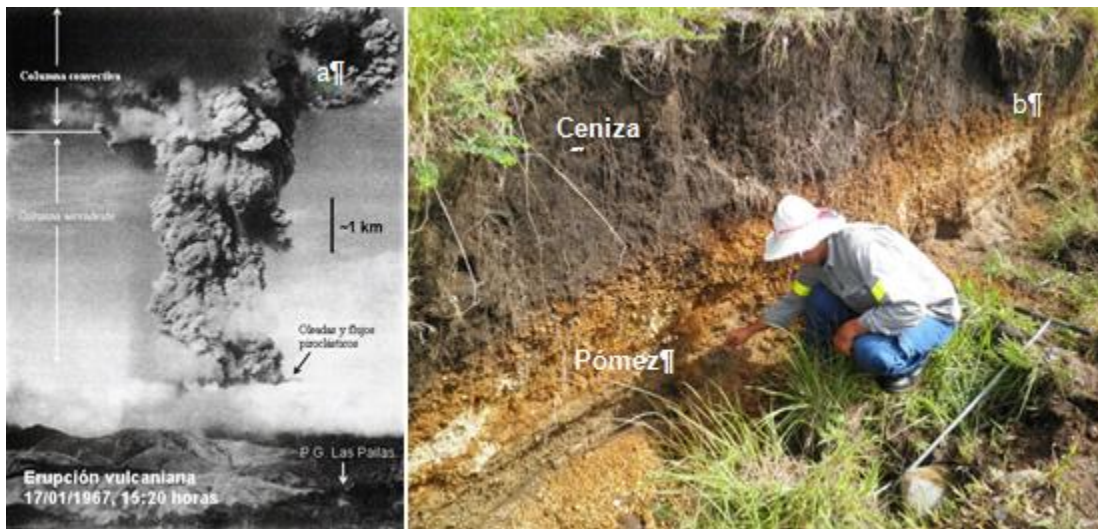
De acuerdo con Buol et al. (1989) la génesis de suelos reconoce 5 factores formadores de suelo: material parental, relieve, clima, organismos, tiempo. Estos factores formadores son agentes, condiciones o combinación de estos, que actúan sobre un material original para transformarlo en suelo. Por la interacción de sub factores del clima, por ejemplo viento, temperatura y lluvia, se determinan procesos que finalmente pueden definir propiedades para cada tipo de suelo a través de procesos conocidos como transformaciones, translocaciones, pérdidas y adiciones. El estudio de la génesis de suelos permite conocer el origen, taxonomía, morfología, propiedades fisicoquímicas, mineralógicas, grado de meteorización, litologías de donde se desarrollaron y cuál factor formador ha sido determinante en la evolución del suelo.

Material Parental

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos piroclásticos de caída con erupciones plinianas de lapilli y ceniza, ver Fotografía No. 5.1.51a, coladas de lavas basálticas y andesítico basáltico y lavas andesíticas del macizo volcánico Rincón de la Vieja. (Molina et al., 2002; Chavarría y Mora 2007).

Los depósitos de piroclastos consisten principalmente de capas inconsolidadas de pómez y cenizas, ver Fotografía No. 5.1.51b. Kempter (1997) citado por Soto et al (2003) se refiere a estos materiales como depósitos de Tefra del Río Blanco con procedencia del cráter activo del Volcán Rincón de la Vieja e indica que están constituidos por cristales de plagioclasas, ortopiroxenos, clinopiroxeno y opacos. Análisis químicos de roca total indican que los pómez son dacíticos (SiO₂ ≈66.4%) Melson (1988) en Soto et al (2003) fecha la Tefra Río Blanco en 3450 ±105 Años A.P.

57 Fotografía No. 5.1.51 a. Erupción Vulcaniana de flujos piroclásticos en el año 1967.
58 Fotografía No. 5.1.51 b. Horizontes de Cenizas sobre Pómez depositados en el AP Borinquen.



Las coladas de lavas basálticas y andesíticas basálticas se localizan bajo la cota 500 msnm, con espesores menores a 50 m y se extienden superficialmente desde la Cuesta Diablo hasta los alrededores del cerro Fortuna, ver Fotografía No. 5.1.52. Se compone de fenocristales hídrico e hipidiomórficos de plagioclasas (5-15%), clinopiroxeno (4-5%), olivino (1-7%) ortopiroxeno (1-6%) y minerales opacos.

Se hallan lavas andesíticas piroxénicas que por lo general, sobreyacen a los basaltos y andesitas basálticas. Se componen de fenocristales de plagioclasas (20-25%), frecuentes con inclusiones de augita y opacos, clinopiroxeno (5-8%), ortopiroxeno (4-7%).

59 Fotografía No. 5.1.52



Geomorfología y Pendientes de Hidrografía

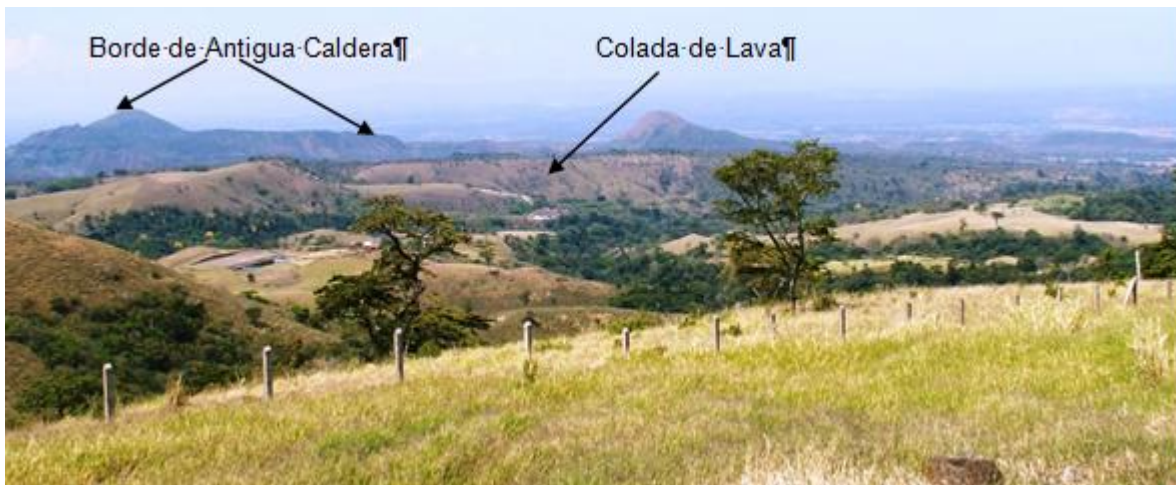
En el Área de Proyecto (AP) la geomorfología pertenece a la Sierra Volcánica de Guanacaste, constituida por los macizos volcánicos Rincón de la Vieja, Santa María y Cacao.

En el flanco oeste suroeste del macizo Rincón de la Vieja y sobre una antigua caldera volcánica de diámetro aproximado a los 10 km, se encuentra el Campo Geotérmico Borinquen, en la Fotografía No. 5.1.53. El AP se caracteriza por la existencia de laderas onduladas cóncavos convexos, laderas de pendientes fuertes; espacios interfluviales angostos; rocas andesíticas; andesíticas basáltico y basaltos; recubiertos por capas de ceniza y tefra. En el cuadro No. 5.1.16 se presentan las categorías de pendientes en función del relieve del área de estudio. Las pendientes planas y ligeramente onduladas representan el 12%, mientras que las moderadamente onduladas a onduladas (8-30%) y las fuertemente onduladas y escarpadas (30 - +%) significan respectivamente el 56% y el 31.9 % del área estudiada. De la información del cuadro No. 5.1.16 se visualiza la limitante por pendientes, ya que el 67% de los suelos en el área estudiada se ubican en categorías pendientes onduladas, fuertemente onduladas y escarpadas.

27 Cuadro No. 5.1.16. Categorías de Pendiente en función del relieve.

Pendiente		Porcentaje (%) del área
0-3%	Plano a Casi Plano	3.8
3-8 %	Ligeramente Ondulado	8.3
8-15%	Moderadamente Ondulado	20.5
15-30%	Ondulado	35.5
30-60%	Fuertemente Ondulado	29.3
60 - +%	Escarpado	2.6

60 Fotografía No. 5.1.53 Antigua Caldera donde se halla el Campo Geotérmico Borinquen



Hidrográficamente, el sistema fluvial corresponde a la Vertiente del Pacífico, al cual pertenece la cuenca del Río Tempisque. El AP está comprendido entre las subcuencas del Río Salitral y Tizate, afluentes de los ríos Ahogados y Tempisquito. El Río Tempisque surge por la unión de los Ríos Tempisquito y Ahogados; que se originan en la sierra volcánica de Guanacaste. (IFAM 2002).

Organismos

Según el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM 2002), en la época precolombina el territorio que corresponde al cantón de Liberia, formó parte de una de las provincias de los Chorotegas cuyos dominios comprendían desde la península de Nicoya hasta el lago Nicaragua. La región fue recorrida primeramente por Gil González Dávila en 1522, en su marcha hacia los dominios del cacique Nicarao (hoy Nicaragua) y posteriormente por Juan de Cavallón en 1561, que procedente de Granada, pasa por la zona en su expedición hacia el

Valle Central. En 1562 viajó por este territorio Juan Vázquez de Coronado con ganado vacuno y caballos desde León.

En relación con los usos actuales de la tierra, el AP posee un 50% de bosque y del cual solo un tercio es bosque maduro intervenido, el resto se relaciona con bosque ripario y con sucesiones vegetales tempranas y tardías. Existen también áreas de potrero, potrero arbolado y charrales, ver Fotografía No. 5.1.54.

61 Fotografía No. 5.1.54 Uso actual en el AP



Clima.

La información reportada se basa en la estación 74036 Pailas para el periodo 2002-2011 y de 2 estaciones instaladas en el 2012 cerca de las plataformas 2 y 5. El análisis climatológico es descriptivo para la zona del Proyecto Geotérmico Borinquen y su área de influencia con variables meteorológicas que exhiben características tanto del Pacífico como del Caribe.

Precipitación: Sobre la región en estudio se presentan condiciones típicas del patrón de lluvias del Caribe sin una estación seca bien definida. Para un período del año 1970 a 2002 (32 años), Fallas (2012) analiza las isoyetas medias anuales indicando que la máxima precipitación de 3600 mm ocurre sobre los volcanes Rincón de la Vieja y Santa María, por la canalización del flujo húmedo proveniente de la vertiente del Caribe. En el mismo análisis, la precipitación disminuye a 1600 en las partes bajas. Esto explica que el ingreso de humedad durante los meses de diciembre a febrero es asociado a frentes fríos, provocando que no se tenga una estación seca bien definida en la zona montañosa donde se ubica la región de estudio. De mayo a noviembre y entre las 11 y 19 horas, las lluvias hay convectivas con eventos extremos de 75 mm en una hora, siendo el mes de octubre el más lluvioso (585.7 mm). De diciembre a abril las lluvias son de tipo

estratificado (lloviznas y lluvias débiles) sin superar 20 mm en una hora entre las 18 a las 10 horas, sin embargo, de diciembre a abril hay un periodo lluvioso de importancia, con un máximo de 192.4 mm en el mes de enero. En el periodo seco, marzo es el mes de menor precipitación con 52.0 mm.

Temperatura: De marzo a abril ocurren las temperaturas máximas más altas superiores a 29°C, mientras que entre enero y febrero, se tienen temperaturas mínimas de 21°C. El comportamiento mensual promedio de la temperatura tiene un máximo en abril (25°) por la perpendicularidad de los rayos solares y un mínimo de 22.8°C en octubre y asociado al mes más lluvioso en la zona con menores horas de Sol. Las temperaturas máximas ocurren entre las 10 y las 14 horas y las mínimas en la madrugada. La temperatura media anual es de 23.7°C. **Humedad relativa:** El valor máximo de 96% ocurre en el mes de octubre y el mínimo en marzo con 66%. El medio anual de humedad relativa es de 82%. **Viento:** El análisis de viento se basa en datos de la estación 74036 Pailas para el período 2002-2011. La dirección media predominante durante el año es noreste (NE) con una velocidad media de 4 m/s.

Tiempo: Los piroclastos de caída del Rincón de la Vieja observados en el AP y compuestos principalmente de capas inconsolidadas de pómez con cenizas están fechados en 3490 +/-105 Años A.P (Melson 1988 citado por Soto 2003)

Vías de Comunicación y Comunidades

Desde la capital de Costa Rica (San José) se puede llegar al área de estudio (campo geotérmico Borinquen) vía carretera Interamericana, en sentido norte, al llegar al cantón de Liberia de la provincia de Guanacaste, se continua 11 Km siempre al Norte y luego se toma un desvío hacia el noreste por una vía secundaria, asfaltada hasta la comunidad de Cañas Dulces (4.3 km). Se continúa hacia el NE (11 Km) por carretera lastreada hasta sitio del Proyecto Geotérmico Borinquen y desde ese punto se orientan diversos ramales que se dirigen por caminos de lastre en regular estado hacia los sitios de plataformas propuestos. Entre las comunidades más cercanas se destacan: la cabecera distrital Cañas Dulces, pueblo Bella Vista, Quebrada Grande, y los caseríos El Cedro, Pital, y las Lilas, todos ellos cuentan con el acceso a los servicios públicos de red vial en buen estado, comunicación, salud, educación, agua potable y energía eléctrica.

5.1.5.2 Caracterización de los suelos

La caracterización de suelos se realiza mediante el muestreo de perfiles modales según lo recomendado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff 2010). Los pendones descritos y analizados son representativos de paisajes existentes y en cada perfil se anota el espesor, profundidad, color (Munsell 2000) y textura por horizonte. Las muestras de suelo estudiado son enviadas a un laboratorio de suelos especializado. Los análisis químicos solicitados fueron pH en relación suelo – agua de 1:2,5. Contenido de bases

extraíbles (Ca, Mg, K, Na) y la capacidad de Intercambio catiónico (CIC) con acetato de amonio 1 M (pH 7), determinados por absorción atómica y expresados en cmol (+). Kg-1 de suelo. El Fe y Al amorfos mediante oxalato de amonio 0,2 M (pH 3,5) mediante absorción atómica. El contenido de materia orgánica con Walkley-Black (1938) digestión húmeda en ácido sulfúrico y K₂Cr₂O₇, determinando el dicromato de potasio no oxidado, por titulación con sulfato amónico ferroso; la retención de fosfatos con el método Blakemore et al. (1987). La textura del suelo por el método de Bouyoucos (Forsythe 1985), la densidad aparente a través de muestra volumétrica (Blacke 1965 en Forsythe 1985), la densidad de partículas con el método del Picnómetro (Blacke 1965 en Forsythe 1985), la retención de humedad con ollas de presión de Richards (1941) y la conductividad hidráulica con el método de cilindro de metal (Henríquez et al. 1999). Con lo anterior, se realizó la clasificación taxonómica de los suelos a nivel de subgrupo (Soil Survey Staff 2010) y se interpreta la fertilidad del suelo (Bertsch 1998).

Para el análisis de arenas se recuperó la porción arenosa para el análisis mineralógico con secciones delgadas. Cada muestra de arena se impregna con resina Epóxica (casa Buhler Ltda). Estas impregnaciones fueron adheridas al vidrio del portaobjetos utilizando cemento termoplástico. Con un proceso de pulido utilizando abrasivos de diferente granulometría, se preparó una sección delgada para su análisis en el microscopio metalúrgico de luz natural y polarizada.

5.1.5.2.1 Resultados

Generalidades: Los suelos del PG Borinquen se sitúan en el flanco W-SW del Macizo Rincón de la Vieja y su génesis es esencialmente a partir de materiales volcánicos cuaternarios (cenizas, tefras, lavas). Topográficamente, se ubican en relieves desde casi planos a fuertemente ondulados y escarpados. En la génesis de algunos de estos suelos hay un fuerte grado de erosión sufrida, perdiéndose gran parte del horizonte A superficial derivado de cenizas volcánicas recientes. Los suelos son recientes, presentan texturas moderadamente gruesas y lavado de bases; además tienen escasa formación de alófana. En general son frágiles y erodables, no están secos por más de 90 días consecutivos y poseen una cobertura vegetal de potreros, charrales, sucesiones vegetales, bosques secundarios y primarios, con evidencias de erosión por el desmonte y el pastoreo de áreas en conflicto de uso de las tierras localizadas sobre relieves de fuertes pendientes de vocación forestal y protección.

Clasificación: En la zona del Campo Geotérmico Borinquen, los Andisoles estudiados alrededor de los sitios de plataformas están débilmente intemperizados y fueron agrupados en dos subórdenes: **Vitrands y Udands**. A nivel de gran grupo clasifican como **Udivitrands y Hapludands**. Los Subgrupos encontrados son **Thaptic, Vitric y Typic** (Keys to Soil Taxonomy 2010). Suelos incluidos en el área son clasificados como **Ultic Hapludands y Typic "Andic" Udorthents**. Ver Fotografía No. 5.1.55.

Morfología: Los Andisoles estudiados son moderadamente profundos a profundos, con secuencia de horizontes A/Ab/AC/C/2Ab/2C/2Bt; A/Ab/C. El horizonte A varía desde los 50 a los 120 cm, con colores negros, pardos muy oscuros, pardo grisáceo muy oscuro y pardo; matiz 10 YR, 7.5 YR, 2.5 Y, valúe dominante entre 1 y 2 y croma de 1 a 2. La capa de pómez tiene espesores entre 4 y 70 cm, matiz 10 YR-7.5 YR-2.5 Y, valúe de 5 a 8 y croma dominante de 6 a 8. El horizonte Bt alcanza espesores de 17 a 50 cm, de matiz predominante 7.5 YR - 5 YR-2.5 YR, valor 2.5 a 3 y croma de 2 a 4, ver la Fotografía No. 5.1.55 y el Cuadro No. 5.1.17. El color oscuro de los horizontes superficiales tiene relación con el contenido de materia orgánica y presencia de minerales máficos en la fracción arena (magnetita, piroxenos, anfíboles); Los colores claros del estrado de pómez se atribuyen al estado de alteración incipiente de la tefra y los rojos-amarillos en el subsuelo, a los contenidos de óxidos de hierro en diferente estado de hidratación.

62 Fotografía No. 5.1.55 Suelos desarrollados sobre piroclastos (ceniza, tefra) y lavas en el área del campo geotérmico Borinquen. (a) Perfil 1 Thaptic Udivitrands. (b) Perfil 2 Vitric Hapludands. (c) Perfil 3 Thaptic Hapludands. Suelos incluidos (d) Ultic Hapludands (e) Typic "Andic" Udorthents.



28 Cuadro No. 5.1.17. Características Morfológicas de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.

Suelo	Taxonomía	Horizonte	Prof. (cm)	Color (húmedo)
Perfil 1	Thapic Udivitrands	A	0 -10	10 YR 1/1
		Ab2	10 - 33	10 YR 1/1
		A3	33 - 50	10 YR 1/1
		AC	50 - 74	10 YR 1/1 (95%) 7.5YR 5/8 (5%)
		C	74 - 124	7.5 YR 5/8 (25%) 10YR 6/6 (25%) 10 YR 6/4 (25%) 10YR 4/6 (25%)
		2Ab	124 - 147	10YR 1/1
		2C	147 - 181	2.5YR 3/0
		2Bt	181 - 200	7.5 YR 3/4
Perfil 2	Vitric "Thapic" Hapludands	A	0 -10	10 YR 2/1
		A2	10 - 45/47	2.5 Y 2.5/1
		Ab3	45/47 - 58	10 YR 1/1
		Ab4	58 - 83/85	10 YR 2/1
		A5	83/85 - 108	2.5 Y 2/1
		A6	108 - 134	10 YR 2/1
		C	134 - 156	10 YR 3/6 (33%) 10 YR 8/6 (33%) 2.5 Y 8/6 (33%)
Perfil 3	Thapic Hapludands	A	0 - 11	10 YR 2/1
		A2	11 - 32	10 YR 2/2
		Ab3	32 - 54	10 YR2/1
		A4	54 - 120	10 YR 2/2
Micro calicata 1	Typic Hapludands	A	0 - 20	10 YR 1/1
		A2	20 - 38	10 YR 1/1
		A3	38 - 50	10 YR 2/1
Micro calicata 2	Typic Hapludands	A	0 - 10	10YR 2/1
		A2	10 - 50.	10 YR 2/2

Características Químicas

Reacción del suelo (pH en H₂O, y NaF): No se observa una diferencia importante en los datos de pH obtenidos de los Andisoles muestreados, sin embargo los valores de pH más bajos se encuentran en sitios de potrero. En general, la reacción del suelo en todos los suelos analizados osciló de 5,5 y 6,7, valores considerados como medianamente ácidos (5,5) a neutros (6,7) con un promedio general de pH ligeramente ácido (6,1). Cuadro No.51.18. El pH en fluoruro de sodio (pH NaF) de 9.4 o más es un fuerte indicador de minerales de rango corto que dominan en el complejo de intercambio del suelo (Keys to Soil Taxonomy 2010). El valor de pH en NaF en el perfil 1 Thapic Udivitrands osciló entre 10,0 y 10,6, ver el Cuadro No. 5.1.19.

29 Cuadro No. 5.1.18 Fertilidad de los suelos en el PG Borinquen

Material Parental	Clasificación Taxonómica y Uso de suelo	Horizonte	Prof. (cm)	pH H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	% SA	mg L ⁻¹				
											P	Zn	Cu	Fe	Mn
Cenizas Volcánicas y Pómez sobre Lavas	Udivitrands con uso de Potrero 1	Ap	0 -10	6.6	0.14	7.57	1.01	0.6	9.32	2	ND	1.9	25	162	3
		A2	10 - 33	5.8	0.13	8.34	1.36	0.27	10.1	1	4	7.8	14	94	3
	Hapludands con uso de Bosque secundario 2	A	0 -10	6.3	0.27	16.15	1.73	0.2	18.35	1	8	6.1	5	57	12
		A2	10 - 45/47	6.7	0.25	3.72	0.41	0.08	4.46	6	6	2.2	31	95	2
	Hapludands con uso de Potrero 3	Ap	0 - 20	5.5	0.32	2.06	0.35	0.08	2.81	11	2	5	16	114	ND
	Hapludands con uso de Potrero 4	Ap	0 - 11	5.7	0.35	1.92	0.34	0.09	2.7	13	2	4.1	16	180	1
		A2	11 - 32	6.1	0.16	2.2	0.28	0.08	2.72	6	ND	1.8	27	80	ND
	Hapludands con uso de Potrero 5	Ap	0 - 22	6.1	0.18	4.23	0.34	0.1	4.85	4	ND	1.3	17	71	ND
	Hapludands con uso de Charral 6	Ap	0 - 20	6.2	0.15	3.29	0.42	0.07	3.93	4	ND	0.3	6	42	ND
	Udivitrands con uso de Charral 7	Ap	0 - 28	5.8	0.18	2.95	0.41	0.07	3.61	5	ND	0.9	11	40	ND
	Hapludands con uso de Bosque secundario 8	Ap	0 - 10	6.5	0.11	14.42	1.94	0.18	16.65	0.7	4	3.6	1	37	ND

30 Cuadro No. 5.1.19 Características Químicas de tres perfiles estudiados en el PG Borinquen

Material Parental	Clasificación Taxonómica y Uso de suelo	Horizonte	Prof. (cm)				BASES EN ACETATO DE AMONIO						Oxalato		Blakemore	NaF	
				C	N	C/N	Ca	Mg	K	Na	BASES	SB	CIC	Al	Fe	Ret_P	p H
				%			cmol(+) kg ⁻¹					%	cmol(+) kg ⁻¹		%	%	
Cenizas Volcánicas y Pómex sobre Lavas	Thapic Udivitrands con uso de suelo Potrero 1	Ap	0 -10	2.97	0.28	10.61	6.02	0.82	0.68	0.04	7.56	25.39	29.77	1.47	0.58	70.1	10.6
		Ab2	10 - 33	4.15	0.44	9.43	7.46	1.23	0.33	0.05	9.07	34.38	26.38	0.76	0.45	45.9	10.4
		A3	33 - 50	2.41	0.28	8.61	4.32	0.55	0.29	0.01	5.17	23.22	22.27	0.93	0.47	56.6	10.6
		AC	50 - 74	1.94	0.19	10.21	4.22	0.42	0.28	0.01	4.93	19.59	25.16	nd	nd	nd	10.0
		C	74 - 124	0.33	0.06	5.50	1.44	0.15	0.15	0.02	1.76	14.89	11.82	nd	nd	nd	
		2Ab	124 - 147	0.84	0.10	8.40	5.40	0.60	0.99	0.04	7.03	29.34	23.96	nd	nd	nd	
		2C	147 - 181	0.73	0.08	9.13	3.30	0.38	0.48	0.04	4.20	18.47	22.74	nd	nd	nd	
		2Bt	181 - 200	0.57	0.10	5.70	9.03	1.49	2.79	0.17	13.48	32.19	41.88	nd	nd	nd	
	Vitric Hapludands con uso de suelo Bosque secundario 2	A	0 -10	9.37	0.84	11.20	19.92	2.01	0.40	0.17	22.50	48.00	46.53	0.58	0.31	44.70	
		A2	10 - 45/47	1.87	0.18	10.40	3.24	0.30	0.09	0.05	3.68	27.00	13.82	0.87	0.54	49.90	
		Ab3	45/47 - 58	3.19	0.28	11.40	6.80	0.80	0.22	0.01	7.83	24.00	32.75	1.77	0.76	87.50	
		A4	58 - 83/85	2.74	0.24	11.40	4.64	0.59	0.22	0.00	5.45	17.00	32.72	nd	nd	nd	
		A5	83/85 - 108	1.87	0.16	11.70	2.52	0.36	0.10	0.01	2.99	11.00	26.33	nd	nd	nd	
		A6	108 - 134	1.29	0.10	12.90	1.79	0.26	0.11	ND	2.16	10.00	21.34	nd	nd	nd	
C		134 - 156	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
Thapic Hapludands con uso de suelo Potrero 4	Ap	0 - 11	3.50	0.34	10.29	2.32	0.59	0.15	0.38	3.44	15.37	22.38	nd	nd	nd		
	A2	11 - 32	2.21	0.25	8.84	2.48	0.35	0.11	0.16	3.10	14.41	21.51	nd	nd	nd		
	Ab3	32 - 54	2.81	0.29	9.69	5.46	0.51	0.17	0.10	6.24	19.15	32.59	nd	nd	nd		
	A4	54 - 120	1.31	0.14	9.36	2.54	0.20	0.08	0.11	2.93	21.78	13.45	nd	nd	nd		

31 Cuadro No. 5.1.20 Características Químicas de tres perfiles estudiados en el PG Borinquen

Material Parental	Clasificación Taxonómica y Uso de suelo	Horizonte	Prof. (cm)	BASES EN ACETATO DE AMONIO										Oxalato		Blakemore	NaF
				C	N	C/N	Ca	Mg	K	Na	BASES	SB	CIC	Al	Fe	Ret_P	pH
				%			cmol(+) kg ⁻¹					%	cmol(+) kg ⁻¹		%		
Cenizas Volcánicas y Pómex sobre Lavas	Typic Hapludands con uso de suelo Charral 6	Ap	0 - 20	3.74	0.34	11.00	3.88	0.51	0.12	0.16	4.67	17.72	26.35	nd	nd	nd	
		A2	20 - 50	3.21	0.22	14.59	5.79	0.45	0.19	0.16	6.59	16.42	40.14	nd	nd	nd	
Cenizas Volcánicas y Pómex sobre Lavas	Typic Hapludands con uso de suelo Bosque secundario 8	Ap	0 - 10	7.44	0.65	11.45	25.16	3.24	0.38	0.18	28.96	60.28	48.04	nd	nd	nd	
		A2	10 - 50.	2.69	0.28	9.61	13.70	0.70	0.08	0.13	14.61	57.43	25.44	nd	nd	nd	

Capacidad de Intercambio de cationes (CIC) y Carbón Orgánico (CO): Los valores de CIC dependen del contenido de materia orgánica y del tipo y cantidad de arcilla. El promedio de CIC de los perfiles estudiados es de 29 cmol (+) kg⁻¹. Los valores de CIC más bajos encontrados están en el horizonte de pómez sepultado con mantos de cenizas volcánicas (11.82 cmol (+) kg⁻¹), mientras que el horizonte 2Bt presento una CIC de 41.88 cmol (+) kg⁻¹. En relación con el Carbón Orgánico, hay un decrecimiento irregular con la profundidad en el perfil de suelo, con aumentos y decrecimientos a mayor profundidad, ver el Cuadro No. 5.1.20.

En el Cuadro No. 5.1.21 se presenta la variación de los valores de CIC y de CO encontrados en los horizontes A de suelos con uso actual de potrero limpio, potrero sucio y bosque.

32 Cuadro No. 5.1.21 CIC y CO en Horizontes A de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.

Perfil	Uso de la Tierra	Horizonte	CIC cmol (+) Kg ⁻¹	Carbón Orgánico (%)
Perfil 2	Bosque	A	46	9.37
Micro calicata 2	Bosque	A	48	7.44
Perfil 1	Potrero limpio	A	29	2.97
Perfil 3	Potrero limpio	A	22	3.50
Micro calicata 1	Potrero sucio	A	26	3.74

Asimismo se observa que con uso de la tierra en Bosque, la CIC es de 48 y 46 cmol (+) kg⁻¹ en el horizonte A del perfil 2 y micro calicata 2 respectivamente. Estos valores se reducen a de 29 cmol (+) kg⁻¹ en perfil 1, a 22 cmol (+) kg⁻¹ en el perfil 3 y a 26 cmol (+) kg⁻¹ donde el uso es de potrero limpio y potrero sucio. El contenido de Carbón Orgánico en el horizonte A del perfil 2 y micro calicata 2, es de 9.37 y 7.44% respectivamente y se reduce a 2.97% en el perfil 1; a 3.50% en el perfil 3 y a 3.74% en la micro calicata 1. De igual forma, cuando el contenido de carbón orgánico es bajo, los valores de CIC también son bajos y que conforme aumenta su porcentaje en el horizonte A, la CIC experimenta también un aumento.

Cationes intercambiables: La suma de bases oscila entre 28.96 y 1.76 cmol (+) kg⁻¹. La menor suma de bases (1.76 cmol (+) kg⁻¹) se encontró en el horizonte C del perfil 1 y los valores más altos 28.96 cmol (+) kg⁻¹ en los horizontes A de los suelos con cobertura de bosque (Perfil 2 y Microcalicata 2). El porcentaje de saturación de bases oscila entre 10 y 60.28%, con los valores más altos en el horizonte A del perfil 2 y la Microcalicata 2 (suelos de bosque) y los menores en los horizontes A5 y A6 del Perfil 2. En todos los perfiles estudiados, el contenido de bases fue mayor cuando el suelo sostiene bosque y menor con un uso de potrero. También hay un decrecimiento e incremento irregular de los cationes intercambiables con la profundidad, revelando eventos volcánicos y lixiviación de

bases de los horizontes superiores hacia el horizonte 2Bt desarrollado de las lavas donde se acumulan las bases. En los Cuadros No. 5.1.20 y No. 5.1.22.

33 Cuadro No. 5.1.22 Bases en Acetato de Amonio de Andisoles del Campo Geotérmico Borinquen.

Usos de la Tierra: Potrero y Bosque.

Unidad	Parámetro	Potrero			Bosque		
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio
cmol (+) Kg ⁻¹	Ca	7.46	2.32	7.12	25.16	3.24	18.58
	Mg	1.23	0.35	0.92	3.24	0.30	1.95
	K	0.68	0.11	0.45	0.40	0.08	0.39
	Na	0.38	0.01	0.08	0.18	0.01	0.14
	BASES	9.07	1.76	8.56	28.96	3.68	21.07
%	SB	34.38	14.41	31.34	60.28	24.00	60.59

Porcentaje de Hierro (Fe) y Aluminio (Al) en Oxalato Ácido: Los porcentajes de Fe y Al se usan como criterios taxonómicos en la clasificación de suelos que se forman durante el intemperismo de tefras. El Soil Taxonomy (2010) indica que los materiales de suelo con propiedades ándicas incluye: 1) materiales moderadamente intemperizados, ricos en materiales de rango corto o complejos metal – humus y 2) suelos débilmente intemperizados, menos ricos en materiales de rango corto. Los porcentajes de aluminio e hierro extraídos en oxalato ácido en la relación $[Al (\%) + \frac{1}{2} Fe (\%) (Oxalato\ ácido)] \geq 2,0\%$ indican la primera condición, mientras que la relación $[Al (\%) + \frac{1}{2} Fe (\%) (Oxalato\ ácido)] \geq 0,4 \%$ o más indica la segunda condición. Los perfiles 1 y 2 en superficie valores de esta relación menores 2% pero mayores a 0,4%. El perfil 2 tiene una relación $[Al (\%) + \frac{1}{2} Fe (\%) (Oxalato\ ácido)] \geq 2,0\%$ únicamente el horizonte Ab3 subyacente indicando que estos suelos son débilmente intemperizados y menos ricos en materiales de corto rango en la estructura molecular de los minerales menores a 0.002 mm. Ver el Cuadro No.5.1.20.

Porcentaje de retención de fosfatos: De acuerdo con el Soil Taxonomy 2010, los suelos muestreados tienen una retención de fosfatos de 25% o más corroborando que se trata de suelos débilmente intemperizados, menos ricos en materiales de rango corto. Únicamente el perfil 2 tiene una retención de P superior a 85 % debido a que este horizonte contiene más cantidad de materiales moderadamente intemperizados, ricos en materiales de rango corto o complejos metal – humus, ver el Cuadro No. 5.1.20.

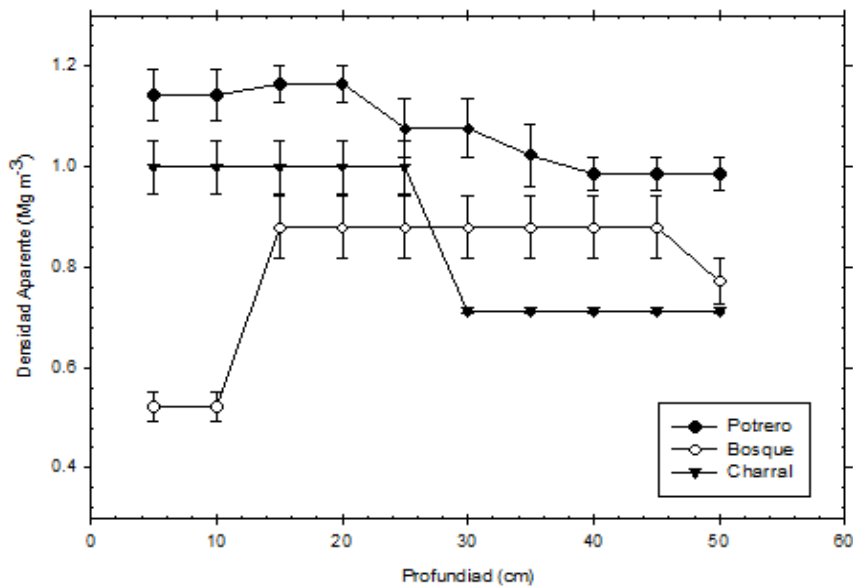
Características físicas

Las observaciones realizadas en los distintos sitios del área estudiada presentaron en los primeros 50 cm de profundidad un contenido de arena entre 44 y 85 %, presente en el Cuadro No. 5.1.20. La clasificación textural dominante del suelo fue

franco arenosa (Fa), lo que concuerda con lo indicado en Keys to Soil Taxonomy (2010) que señala para las características ándicas, un contenido mayor a 30% de la fracción del suelo con un diámetro de partícula comprendido entre 0,02 y 2 mm. Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con Zehetner et al. (2003), quienes reportan contenidos de arena entre 41 y 89 % para suelos clasificados como Typic Udivitrands.

Los valores de densidad aparente mostraron diferencias asociadas al uso del suelo, ver la Figura No. 5.1.35 y el Cuadro No. 5.1.21. En pastoreo (potrero limpio) los suelos presentaron densidades de 0.93 a 1.26 Mg m⁻³ y con uso de charral valores entre 0,71 y 0.95 Mg m⁻³. Lo anterior por un adensamiento debido al pisoteo y pastoreo de ganado. En relación con lo anterior, Kauffman y Krueger (1984) resumen el trabajo de múltiples trabajos en los cuales exponen un incremento lineal de la densidad aparente en función del aumento de la actividad ganadera. Warren et al. (1986) encontraron resultados similares. Sharrow (2007) halló un incremento del 13 % en la densidad aparente del suelo bajo un sistema silvopastoril de 11 años. Wheeler et al. (2002) exponen el efecto del pastoreo sobre este parámetro, el cual incrementa significativamente cuando el suelo se ve expuesto a sistemas pastoriles. Paripovic (2011) también encontró incrementos en la densidad aparente del suelo por efecto del pastoreo.

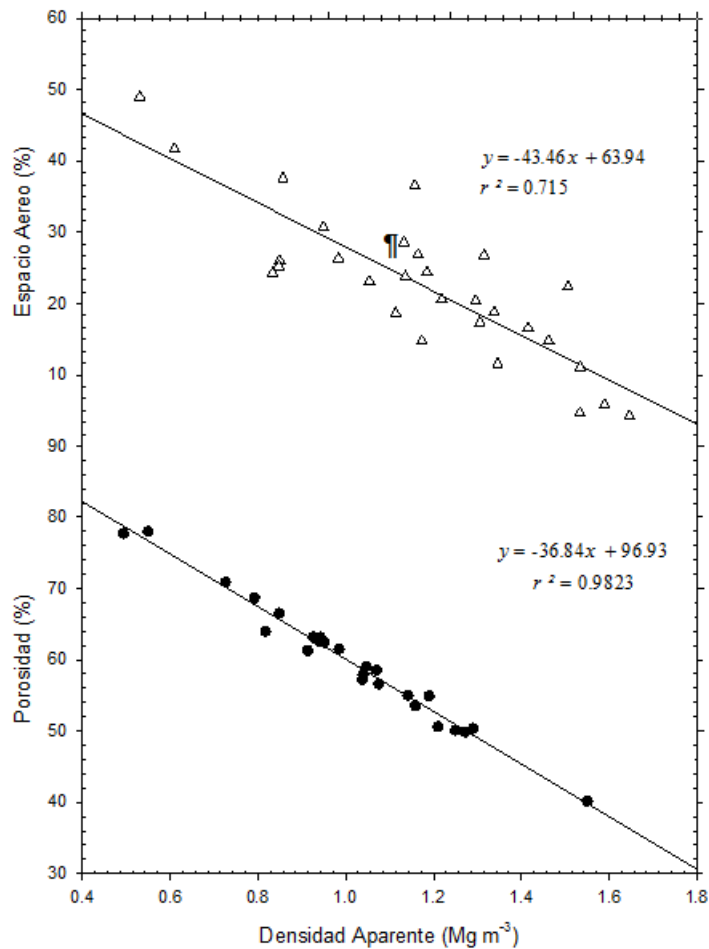
51 Figura No. 5.1.35. Efecto del uso del suelo densidad aparente en Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen



Archer y Smith (1972) determinaron la relación inversa entre la densidad aparente y la porosidad. Sparke et al. (2011) reportan incrementos en la densidad aparente relacionados con descensos en los valores de la porosidad total. En el área de estudio se encontró una correlación lineal negativa entre la densidad aparente del suelo y la porosidad del mismo expresada como porcentaje. Lo mismo para la

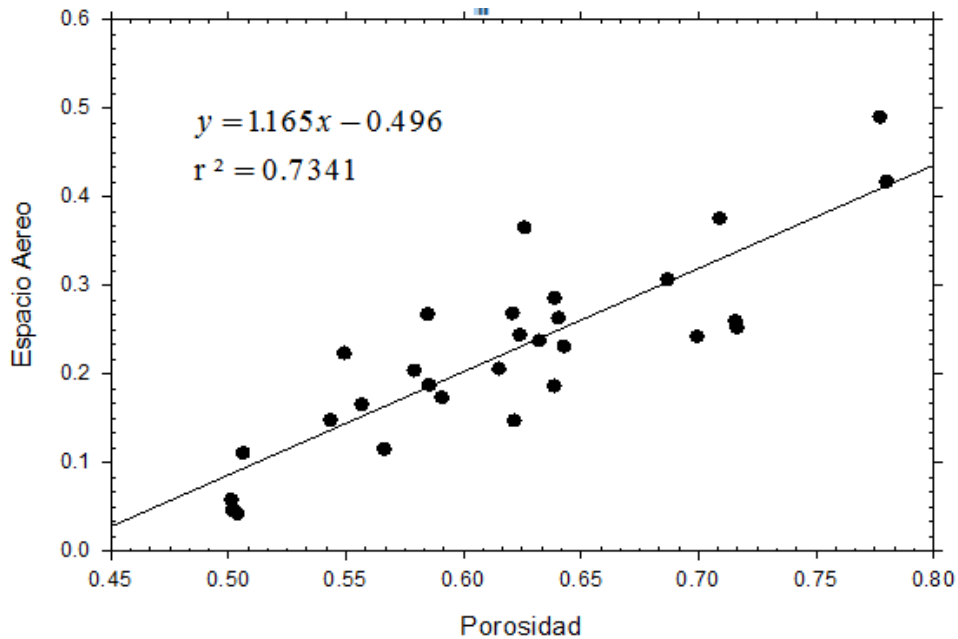
densidad aparente en relación con el espacio aéreo del suelo, en la Figura No. 5.1.36. Para el caso del espacio aéreo, la relación anteriormente mencionada tiende a ser menos precisa debido a la influencia de la humedad de la muestra, ya que el espacio aéreo es la diferencia entre la porosidad total y la humedad volumétrica del suelo. Nuevamente el contenido de agua del suelo tiene su efecto cuando se correlaciona la porosidad y el espacio aéreo, ver la Figura No. 5.1.37 y No. 5.1.38.

52 Figura No. 5.1.36. Relación de la densidad aparente entre la porosidad y el espacio aéreo en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen.



La densidad de partículas en la totalidad de los suelos, tiene un rango entre 2.21 y 2.64 Mg m⁻³. Al respecto Biellers et al. (1990) determinaron la densidad de partículas para 14 suelos derivados de materiales volcánicos en Martinica, y encontraron variación entre 2.38 y 2.72 Mg m⁻³. Explican que la desviación de los datos por debajo del valor 2,65 Mg m⁻³ que comúnmente se usa se debe a la presencia de materia orgánica.

53 Figura No. 5.1.37. Porosidad y Espacio Aéreo en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen.



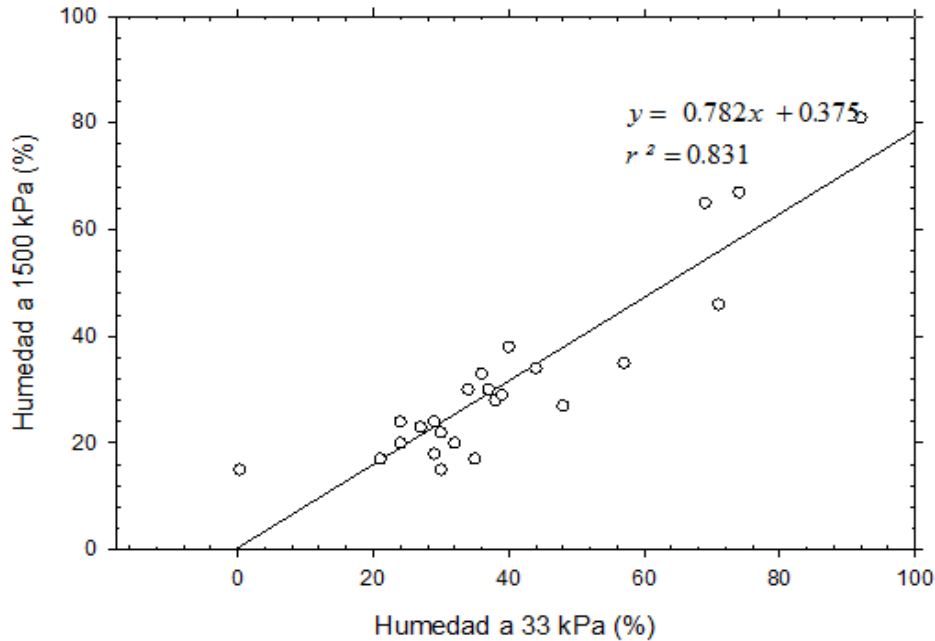
Estos suelos presentaron valores de humedad a punto de marchites permanente similares o levemente inferiores a los obtenidos a capacidad de campo, por tanto el agua disponible, la cual es la diferencia entre ambos es baja, ver la Figura No. 5.1.38. No se observó un efecto del cambio del uso de suelo sobre este parámetro.

La retención de humedad en estos suelos Andisoles suele ser alta (Shoji y Takahashi 2002), sin embargo estos suelos poseen retenciones de humedad obtenidas a 1500 kPa (15 bar) menores a 30 % en los primeros 60 cm de profundidad. Estas características permiten que se clasifiquen dentro del suborden de los Vitrandos y subgrupo Vitric, es decir Andisoles con contenidos de arena y retenciones de humedad no mayores a 30% en muestras no secas al aire (Boul et al. 2003)

34 Cuadro No. 5.1.23. Características físicas de los suelos en estudio ubicados dentro del proyecto Geotérmico Borinquen. Liberia 2012

Material Parental	Clasificación Taxonómica y Uso de suelo	Horizonte	Prof. (cm)	Textura			Clase Textural	Densidad	Densidad de	Humedad	Conductividad	Porosidad	Espacio	Retención de Humedad		
				Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		Aparente (g cm ⁻³)	Partículas (g cm ⁻³)	Gravimétrica (%)	Hidráulica (cm h ⁻¹)	(%)	Aereo (%)	1/3 bar (%)	15 bar (%)	Agua Util (%)
Cenizas Volcánicas y Pómex sobre Lavas	Udivitrands con uso de suelo Potrero 1	Ap	0 - 10	44	46	10	Fa	1.21	2.45	32.65	0.77	50.61	11.10	27.00	23.00	4.00
		A2	10 - 33	61	29	10	Fa	1.19	2.64	27.37	1.01	54.92	22.35	29.00	18.00	11.00
		A3	33 - 50	66	24	10	Fa	1.04	2.47	36.05	57.00	57.89	20.40	30.00	15.00	15.00
		AC	50 - 74	69	23	8	Fa	1.07	2.58	37.17	2.00	58.53	18.76	29.00	24.00	15.00
		C	74 - 124	85	12	3	aF	0.66	2.64	18.28	72.00	75.03	62.96	39.00	8.00	31.00
		Ab	124 - 147	55	31	14	Fa	1.55	2.59	38.29	1.50	40.15	0.00	32.00	20.00	12.00
		2C	147 - 181	68	25	6	Fa	nd	2.62	27.50	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	2Bt	181 - 200	20	40	40	A	nd	2.45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Udivitrands con uso de suelo Bosque secundario 2	A	0 - 10	53	35	12	Fa	0.49	2.21	58.19	47.70	77.71	49.00	74.00	67.00	7.00
		A2	10 - 45/47	55	35	10	Fa	0.94	2.51	27.68	21.90	62.58	36.55	44.00	34.00	10.00
		A3	45/47 - 58	60	29	11	Fa	0.73	2.49	45.88	10.10	70.89	37.57	48.00	27.00	21.00
		A4	58 - 83/85	56	33	11	Fa	0.79	2.53	47.96	4.10	68.68	30.69	38.00	28.00	10.00
		A5	83/85 - 108	68	21	11	Fa	0.98	2.56	41.56	1.50	61.50	20.59	39.00	29.00	10.00
		A6	108 - 134	59	27	14	Fa	1.29	2.60	35.76	4.60	50.37	4.24	30.00	22.00	8.00
		C	134 - 156	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Udivitrands con uso de suelo Potrero 3	Ap	0 - 20	59	31	10	Fa	1.08	2.48	41.91	0.12	56.61	11.54	21.00	17.00	3.00
		A2	20 - 50	61	28	11	Fa	0.93	2.52	42.59	17.52	63.21	23.79	37.00	30.00	6.00
	Udivitrands con uso de suelo Potrero 4	Ap	0 - 11	58	35	7	Fa	1.04	2.43	42.56	0.06	57.22	13.03	36.00	33.00	3.00
		A2	11 - 32	54	35	11	Fa	1.14	2.54	34.43	1.15	54.99	15.68	24.00	20.00	4.00
		A3	32 - 54	60	26	15	Fa	0.93	2.52	49.72	0.31	63.00	16.71	92.00	81.00	11.00
		A4	54 - 120	59	27	14	Fa	0.94	2.55	38.87	0.39	63.12	26.52	57.00	35.00	22.00
	Udivitrands con uso de suelo Potrero 5	Ap	0 - 22	59	24	17	Fa	1.25	2.50	35.42	0.16	50.11	5.85	34.00	30.00	4.00
		A2	22 - 50	69	17	14	Fa	1.05	2.56	39.87	3.75	59.08	17.35	24.00	24.00	0.00
	Udivitrands con uso de suelo Charral 6	Ap	0 - 20	59	31	10	Fa	0.95	2.49	37.21	0.97	62.08	26.87	39.00	11.00	28.00
A2		20 - 38	58	29	12	Fa	0.72	2.54	63.18	4.56	71.57	26.02	44.00	34.00	10.00	
A3		38 - 50	58	29	12	Fa	0.72	2.54	64.48	4.96	71.62	25.23	40.00	38.00	2.00	
Udivitrands con uso de suelo Charral 7	Ap	0 - 28	72	19	9	Fa	1.05	2.54	30.10	3.11	58.46	26.75	35.00	17.00	18.00	
	A2	28 - 50	64	20	16	Fa	0.71	2.36	64.65	2.17	70.04	24.36	34.00	30.00	3.00	
Udivitrands con uso de suelo Bosque secundario 8	Ap	0 - 10	57	30	13	Fa	0.55	2.50	66.01	15.01	78.00	41.72	69.00	65.00	4.00	
	A2	10 - 50.	57	29	14	Fa	0.82	2.27	46.15	16.60	64.04	26.35	71.00	46.00	25.00	

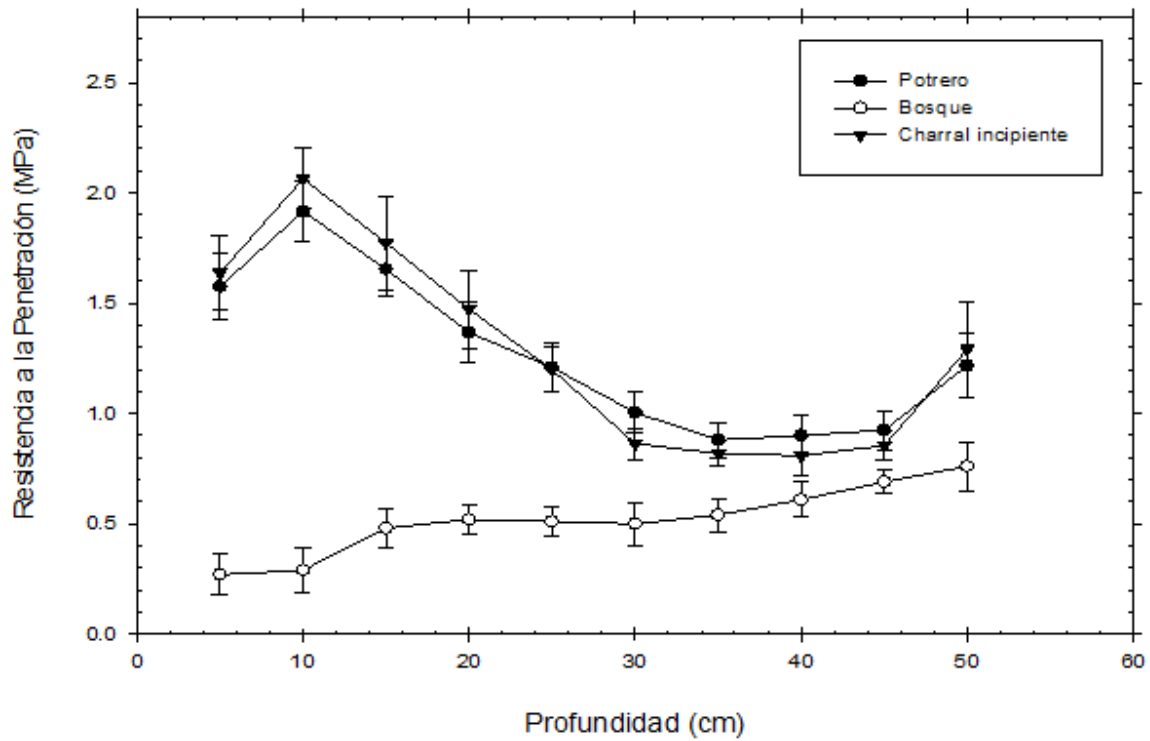
54 Figura No. 5.1.38. Contenidos de humedad de los puntos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen.



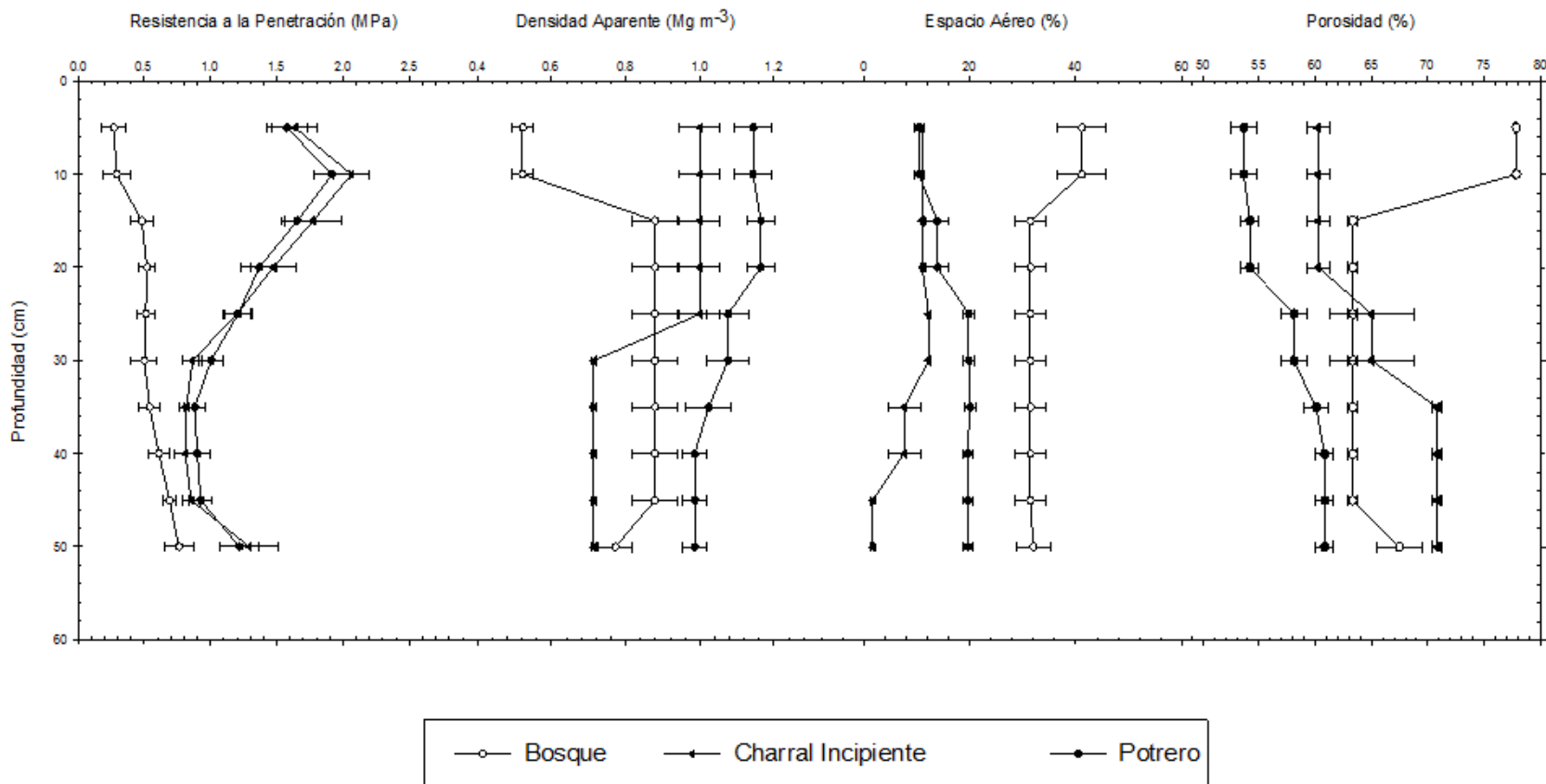
Resalta del presente estudio el efecto del uso del suelo sobre la resistencia a la penetración, Ver la Figura No. 5.1.39. Los suelos bajo el bosque obtuvieron los datos más bajos, significativamente diferentes de los obtenidos en los restantes usos del suelo. El rango de resistencia a la penetración en suelos con uso de bosque vario entre 0.27 y 0,76 MPa.

Los valores obtenidos en los suelos de Charral Incipiente y Potrero, no presentaron diferencias entre sí, estos variaron entre 0,80 y 2,06 MPa, lo que explica por el uso ganadero. Agüero y Alvarado (1983) estudiaron los suelos desarrollados sobre la toba de Liberia de la provincia de Guanacaste y encontraron diferencias en los valores de resistencia a la penetración entre suelos dedicados a la agricultura y suelos ganaderos. Estos últimos presentaron los valores más elevados. Paripovic (2011) investigo el efecto del cambio de uso de forestales a pasturas en suelos vitrands en Nueva Zelanda y reporta incremento en la resistencia a la penetración cuando los suelos pasan a de ser utilizados con plantaciones de pino a pasturas. Dec et al. (2011) y Dec et al. (2012) encontraron resultados similares, con incrementos en la resistencia a la penetración por pisoteo del ganado e influenciado por el contenido de humedad del suelo. Estos incrementos se muestran de forma irregular en el suelo, causando variación espacial en este parámetro. En la Figura No. 5.1.40 se presenta el efecto del uso del suelo sobre propiedades físicas de los suelos estudiados en el campo geotérmico Borinquen (Densidad Aparente, Espacio Aéreo, Porosidad, Resistencia a la penetración)

55 Figura No. 5.1.39 Efecto del uso del suelo sobre la resistencia a la penetración en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen.



56 Figura No. 5.1.40. Efecto del uso del suelo sobre propiedades físicas en suelos Andisoles desarrollados sobre toba de Liberia ubicados dentro del Proyecto Geotérmico Borinquen



Mineralogía de Arenas

Perfil de Suelos 1

Este perfil fue clasificado como Thaptic Udivitrands, localizado en topografía moderadamente ondulada, con una pendiente del 12%. Estos suelos están utilizados para potrero con árboles dispersos. En los alrededores del sitio de muestreo no se alcanzó el nivel friático, presentan drenaje interno moderado y ausencia de pedregosidad o rocosidad.

El análisis petrográfico de la fracción arenosa de este perfil evidencia una composición Andesita-Dacítico con presencia de fragmentos subangulares a subredondeados. Cristales de Plagioclasas, Augita, Hiperstenos, y pocos olivinos están presentes. Como minerales metálicos están presente las Magnetita. Como productos de alteración se identificaron arcillas y óxidos e hidróxidos de hierro. Los fragmentos de roca en la fracción arena corresponden con fragmentos volcánicos Porfiríticos, fragmentos volcánicos hipocristalinos, fragmentos tobáceos, fragmentos pumíceos sanos y poco alterados (Barrantes 2013). Ver el Cuadro No. 5.1.23.

Descripciones petrográficas

Se describen 2 muestras de arenas separadas de los horizontes del perfil 1, incluyéndose microfotografías macro y microscópicas que muestran detalles petrográficos sobresalientes.

Muestra C1 A2 (10-33 cm)

Ceniza de carácter andesítico a andesítico-dacítica, con predominancia de fragmentos líticos lávicos con textura porfirítica y porfirítica-hipocristalina, así como líticos muy alterados donde los principales rasgos texturales se han perdido. Macroscópicamente se pueden identificar estos abundantes fragmentos líticos, mayormente de textura porfirítica; así como cristales “sueltos” tanto de plagioclasas, piroxenos como de opacos, ver la Fotografía No. 5.1.56.

63 Fotografía No. 5.1.56 Cristales de plagioclasas y piroxeno dentro de líticos volcánicos

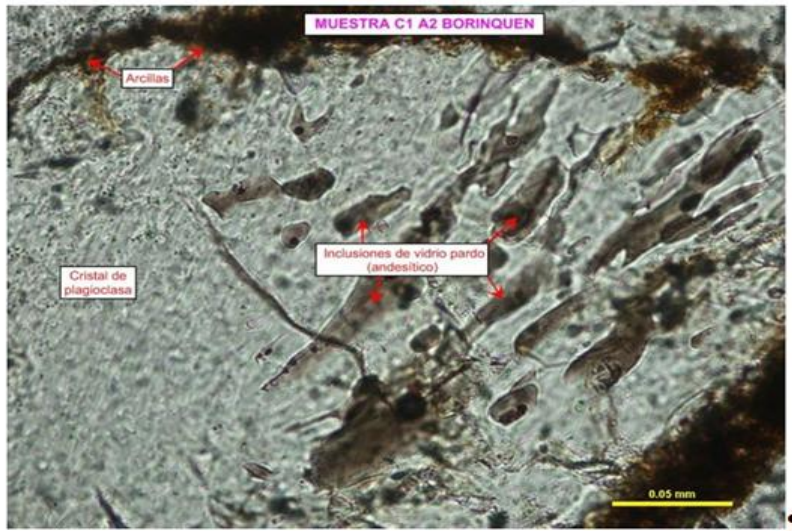


A nivel microscópico, los fragmentos líticos volcánicos de textura porfirítica hipocristalina son los más abundantes. A pesar de que su mineralogía primaria es similar a los líticos andesíticos, su naturaleza es dacítica debido al abundante vidrio en la mesostaza, ver la Fotografía No. 5.1.57, e incluso dentro de las plagioclasa, ver la Fotografía No. 5.1.58. Cristales sueltos de plagioclasas augita, hipersteno y magnetita se presentan con sus formas típicas, casi siempre sanos.

64 Fotografía No. 5.1.57 Fragmento Dacítico de textura porfirítica-hipocristalina con abundante vidrio pardo a nivel de la mesostaza.

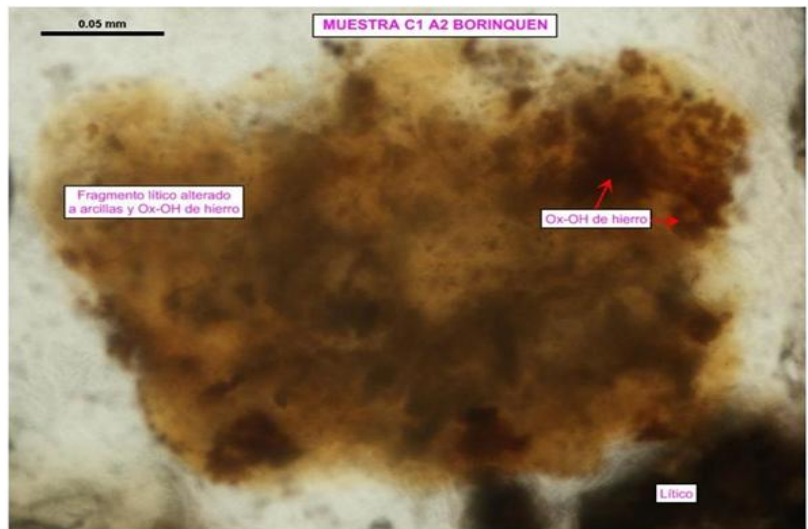


65 Fotografía No. 5.1.58 Inclusiones de vidrio pardo dentro de cristales de plagioclasa.



También se identifican líticos con diferentes grados de alteración, aunque algunos de ellos ya han perdido todo rasgo textural primario debido al reemplazo de arcillas y pocos óxidos-hidróxidos de hierro, ver la Fotografía No. 5.1.59. Es factible suponer que esta alteración es previa, y por ende, se trata de líticos provenientes del edificio volcánico.

66 Fotografía No. 5.1.59 Fragmento lítico muy alterado a arcillas y óxidos-hidróxidos con textura original muy borrada.



Muestra C1 A3 (33-50 cm)

Muestra de ceniza andesítico a andesítico-dacítica, con una predominancia de fragmentos lávicos con textura porfirítica y porfirítica-hipocristalina (con vidrio) sobre cristales y líticos alterados. En macroscopía se observan abundantes líticos porfiríticos parcialmente alterados, expuesto en la Fotografía No.5.1.60, junto a algunos pumíticos (no observados en sección delgada); además de cristales de plagioclasas, magnetita y piroxenos sanos.

67 Fotografía No. 5.1.60 Fragmentos líticos volcánicos y algunos pumíticos sanos se observan junto a cristales de plagioclasas y máficos.

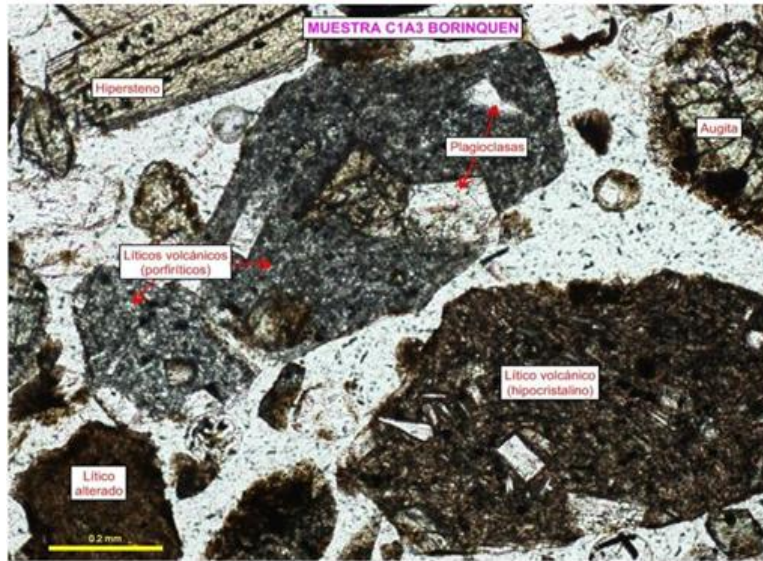


Petrográficamente, es muy similar a otras muestras descritas, con una clara predominancia de los fragmentos volcánicos de texturas porfirítica-hipocristalina y porfirítica, ver la Fotografía No. 5.1.61, sobre cristales “suelos”.

También se identifican líticos alterados con textura original muy borrada, y probablemente asociados a partes del edificio volcánico existente.

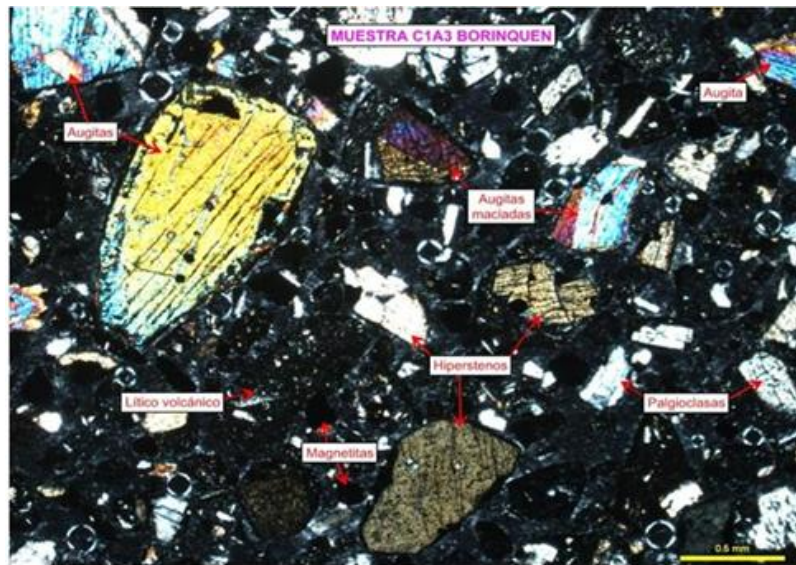
Dentro de estos cristales “suelos” se logran identificar abundantes augitas e hiperstenos predominando sobre las plagioclasas y magnetita, en la Fotografía No. 5.1.62. Además de raros cristales de olivinos hipidiomórficos y sanos en la Fotografía No. 5.1.63.

68 Fotografía No. 5.1.61 Diversidad de fragmentos volcánicos porfiríticos (andesíticos), hipocristalinos (dacíticos) y alterados (con textura borrada).

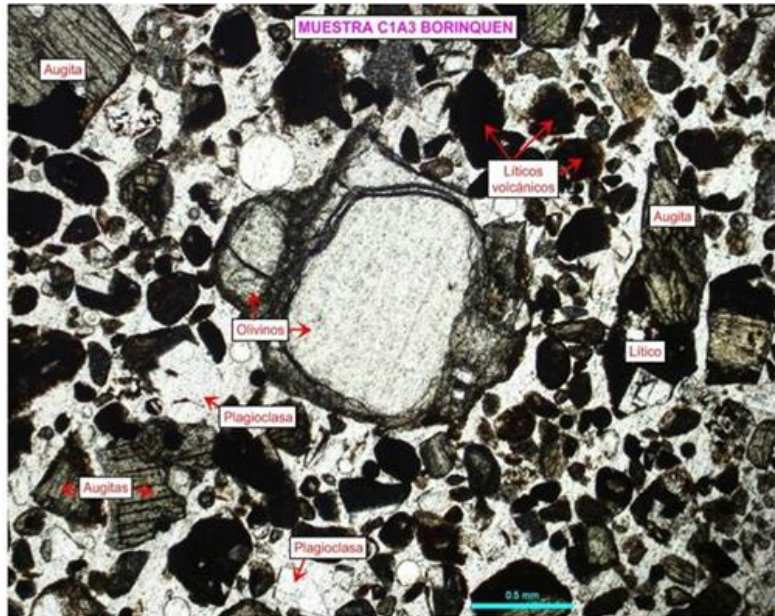


En tanto son las arcillas y escasos óxidos-hidróxidos de hierro los minerales de alteración presentes, paragénesis típica de baja temperatura (< 100°C).

69 Fotografía No. 5.1.62 Fenocristales abundantes de augita, hipersteno y opacos



70 Fotografía No. 5.1.63 Fenocristales hipidiomórficos y sanos de olivino junto a augita, opacos y líticos volcánicos.



Conclusiones

El Proyecto Geotérmico Borinquen se ubica en una región de origen eminentemente volcánico, definida por suelos del Orden de los Andisoles clasificados a nivel de subgrupo y con base en la taxonomía del departamento de agricultura de los Estados Unidos de América (USDA 2010) como Thaptic Udivitrands, Vitric Hapludands, Typic Hapludands e inclusiones de Ultic Hapludands y Typic "Andic" Udorthents.

Con el estudio realizado se comprobó que los Andisoles estudiados se formaron principalmente de las cenizas volcánicas de erupciones recientes y que en sus estratos más profundos, existen horizontes arcillosos desarrollados de coladas de lava provenientes de las erupciones volcánicas más antiguas. En el área de estudio se observan además, inclusiones de suelos del orden de los Entisoles formados sobre las coladas de lava antigua (rocas andesíticas - basálticas) y recubiertos por la ceniza volcánica reciente.

Los contenidos de aluminio e hierro en oxalatos y la composición mineralógica de las arenas (presencia de olivino), confirman que los suelos de las cenizas volcánicas son muy jóvenes, están débilmente intemperizados y tienen pocos materiales de rango corto en los horizontes superficiales.

La fracción arenosa de los suelos indica una fuente volcánica y explosiva. Es típica de la degradación de materiales volcánicos de composición Andesítico Dacítico con Pómez y está constituida por fragmentos de roca volcánicos

porfíricos, fragmentos de roca volcánica hipocrystalina, fragmentos tobáceos, fragmentos pumíceos sanos y fragmentos pumíceos poco alterados. Como cristales se identificaron plagioclasas, augitas, hiperstena y olivinos. Como minerales metálicos está presente la magnetita y como productos de alteración existen pequeños contenidos de arcillas y óxidos e hidróxidos de hierro no identificados con el análisis petrográfico. No se encontraron en las arenas evidencias de cuerpos ígneos intrusivos ni tampoco minerales de alteración hidrotermal.

En la fracción arena (<2 mm) el contenido de vidrio en los líticos proporciona a éstos una composición más dacítica que andesítica. El contenido de cristales “sueltos” es muy similar a lo observado en los líticos volcánicos, siendo el olivino el único mineral observado como suelto que no fue observado en ningún lítico. Los fragmentos silicificados en la fracción arena sugieren que pertenecían al edificio volcánico previo a su depositación final.

La composición mineralógica de las arenas propone el potencial aporte al suelo de Calcio, Magnesio, Hierro, Aluminio, Fósforo y de bajos contenidos de Sílice y Potasio. La presencia de piroxenos como la augita ($\text{Ca (Mg, Fe}^{+2}) \text{Si}_2\text{O}_6$) y el Hiperstena ($\text{(Mg, Fe)}_2 \text{(Si}_2\text{O}_6)$) admite una fuente potencial de Calcio y Magnesio, elementos indispensables para la nutrición de las especies vegetales. La presencia de olivinos ($\text{(Mg, Fe)}_2\text{(SiO}_4)$), de augitas e hiperstena, minerales altamente susceptibles a la meteorización, corrobora que los suelos desarrollados de cenizas en Borinquen, son muy jóvenes, poco intemperizados y que reciben aportes de material fresco con cierta periodicidad. Las plagioclasas o feldspatos calcosódicos son minerales que también constituyen una fuente potencial de elementos (Ca, Na) al suelo.

Desde el punto de vista físico-químico, los horizontes derivados de las cenizas volcánicas y pómez tienen una textura en superficie moderadamente gruesa (franco arenoso, arena franca) con un máximo de arena de 85% y un mínimo de 44%, en tanto que el contenido de arcilla no supera 17%. Cuando se localiza el horizonte arcilloso 2Bt, desarrollado de las lavas antiguas, el contenido de arcilla aumenta a 40%. En general, los estratos de cenizas y pómez muestran lo siguiente: el porcentaje de agua disponible para las plantas es bajo; hay baja plasticidad; escasa pegajosidad; es un suelo con secado irreversible y que se desmenuza fácilmente; el pisoteo de ganado ha provocado que la densidad aparente sea superior a 0.90 g cm⁻¹ en los suelos dedicados a pasturas y menor a 0.90 g cm⁻¹ en suelos de bosques; la porosidad oscila de 40 a 63 % en las pasturas y de 50 a 77% en los suelos con cobertura de bosque. Desde el punto de vista químico, los suelos presentan pH medianamente ácido (5.5) a neutro (6.7), acidez baja (<0.35 cmol (+) L⁻¹) y un porcentaje de saturación de acidez menor a 10% en el 82% de las muestras analizadas en el Cuadro No. 5.1.23. El porcentaje de Carbón Orgánico en los perfiles 1,2, y microcalicata 2 es mayor en los suelos con bosque y tiende a disminuir irregularmente en profundidad. El Calcio tiene valores bajos en el 55% de las muestras El magnesio es bajo en la mayoría de las muestras, el 64% son deficientes en Magnesio. El potasio es bajo

en el 73 % de las muestras analizadas para fertilidad. **La suma de bases** es mayor en la superficie de los suelos con cobertura de bosque y es menor al 5 cmol (+) L-1 en un porcentaje importante de las muestras de suelo analizadas; lo que es una limitante potencial para la nutrición de los cultivos. La capacidad de **intercambio catiónico** es media y está relacionada con la presencia de complejos organominerales entre la arcillas y la materia orgánica, esto por cuanto la capacidad de intercambio catiónico efectiva es menor a 5 cmol (+) L-1 en más de un 63 % de los suelos muestreados, es decir, la mayoría de los análisis efectuados muestran una baja capacidad nutritiva, ver el Cuadro No. 5.1.23. De acuerdo con los datos **de fijación de fosfatos**, los minerales primarios de origen volcánico que originan estos suelos se encuentran en un incipiente proceso de meteorización lo que se refleja en que el 67% de las muestras son inferior a 56% de fijación de fosforo.

La deforestación con fines agropecuarios ha conducido a cierta degradación de los Andisoles estudiados. Cuando se ha tienen condiciones de bosque, los suelos se caracterizaron por su resistencia al deterioro, pero bajo pastura, se tornan frágiles y algunas de las propiedades físicas y químicas se afectaron. Físicamente, la compactación de los suelos por el pastoreo se evidencio en los valores de la densidad aparente, porosidad y espacio aéreo. Los suelos bajo el Charral incipiente mostraron diferencias significativas respecto al suelo bajo el potrero para el parámetro de porosidad. Lo anterior se debe al lento proceso de recuperación del suelo debido al cese del pastoreo. El suelo bajo el bosque presento los mejores índices físicos, ya que presento los valores más bajos de resistencia a la penetración, así como los más elevados de espacio aéreo, los cuales fueron significativamente distintos de los otros dos usos. El agua disponible de los suelos estudiados es baja y no se observó un efecto del cambio del uso de suelo sobre este parámetro. Químicamente la Capacidad de Intercambio Catiónico, el Carbón Orgánico, contenido de Bases en Acetato de Amonio presentaron diferencias respecto al suelo bajo potrero y bosque. El contenido de Carbono, los Cationes Intercambiables (Ca, Mg, K) y la Capacidad de Intercambio Cationico presentan valores menores en los suelos de pasturas en relación con los suelos de bosque. La reducción en el contenido de Carbón se asocia al aumento de la Densidad Aparente y la disminución de la porosidad.

Los suelos que se caracterizaron con moderado drenaje interno, presentan moderada a baja fertilidad, texturas moderadamente gruesas y se desmenuzan fácilmente por lo que tienen fuertes limitaciones por riesgo de erosión y pendiente.

En cuanto a la capacidad de uso, el pedón 1 de clase **III e₁₂ s₄**, con uso actual de potrero con árboles dispersos, presenta limitaciones por **pendiente y erosión** sufrida, las cuales definen la unidad de manejo, además presentan otras limitaciones por fertilidad media a baja. Este pedón presenta uso conforme en el sitio de apertura de calicata, no obstante, en los alrededores se observan conflictos de uso. El pedón 2 **de clase II e₁₂ s₄** con limitaciones de riesgo de erosión y uso actual en bosque secundario, la cual define la unidad de manejo, además presenta otras limitaciones de fertilidad moderada, este pedón tiene uso

conforme. El pedón 3 de **clase VI e₁₂s₄** y uso actual de potrero, presenta limitaciones de **relieve ondulado**, el cual define la unidad de manejo, además presenta limitantes de erosión moderada a severa, suelo de fertilidad media, este sector presenta áreas con conflicto de uso. Con base en lo anterior, se concluye que en la zona de estudio existen algunas tierras que se están explotando de acuerdo con su capacidad de uso, sin embargo, existen sectores con divergencia de uso asociado principalmente a limitantes de pendiente, texturas y fragilidad de los suelos.

Recomendaciones

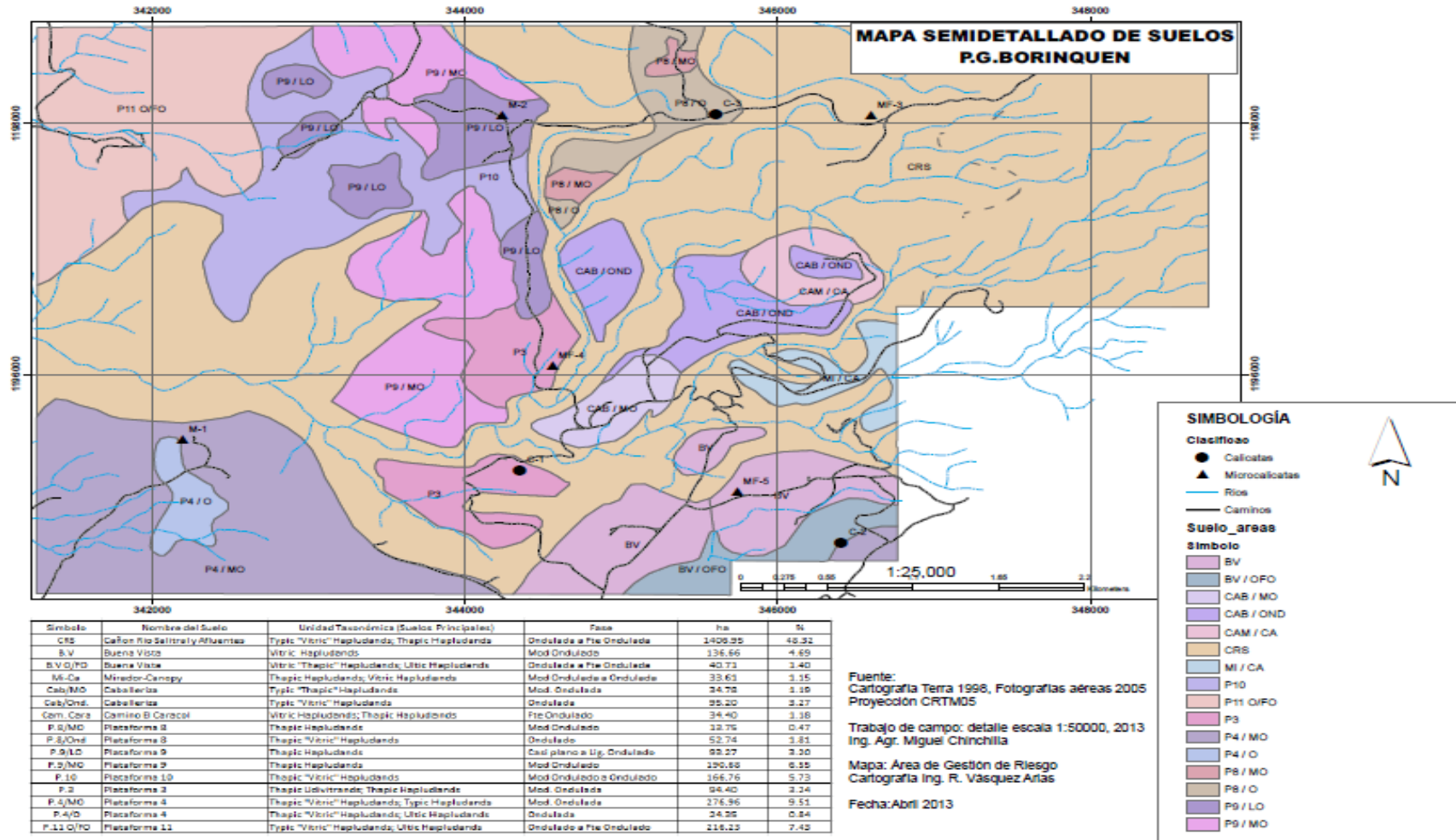
El presente estudio expone una línea base de características químicas y físicas actuales de los suelos en el campo geotérmico Borinquen, por lo que se recomienda un monitoreo posterior a la entrada de operación de la empresa de producción geotérmica. Como los análisis químicos realizados son para la caracterización y clasificación taxonómica, así como de indicadores para la fertilidad actual de los suelos, se recomienda recopilar información del estado de metales pesados en los suelos antes y después de la operación del proyecto geotérmico.

Se debe dar protección a los recursos edáficos, haciendo énfasis en que las decisiones relativas al uso del suelo, consideren pérdida de materia orgánica, sellado, compactación, erosión y deslizamientos. El término “calidad de suelo” debe ser una meta básica medioambiental ya que implica la conexión entre el suelo, el agua y los ecosistemas asociados.

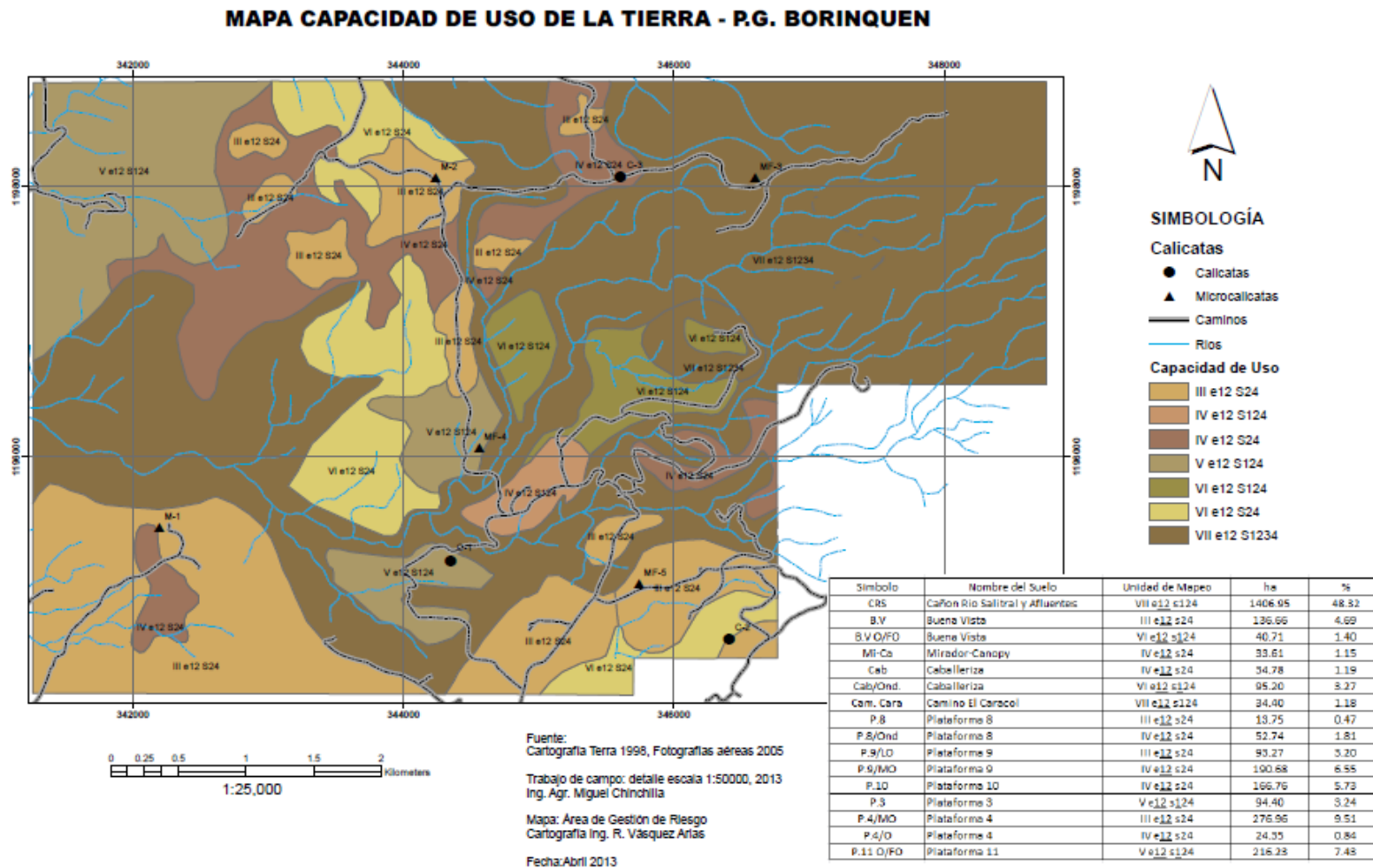
Por lo anterior, en áreas de nula aptitud para el uso agropecuario por pendiente y al hecho de que el uso ganadero ha demostrado que estos suelos tienden a ser degradados por la compactación causada por el pisoteo del ganado, lo que acelera además el proceso de erosión, se recomienda destinar las áreas con limitación de uso por pendiente a la recuperación de la vegetación boscosa.

5.1.5.3 Mapa de suelos

57 Figura No. 5.1.41 Mapa de suelos del AP del PG Borinquen



58 Figura No. 5.1.42 Mapa de capacidad de uso de la tierra .PG Borinquen



5.1.6 Amenaza natural

5.1.6.1 Amenaza sísmica

Los datos de sismicidad de La Red Sismológica Nacional (RSN) no muestran mayor actividad en el sector de Borinquen. Esto se debe principalmente a que la cobertura de la red no permitía localizar sismos de magnitudes menores a 3,0. Desde el año 1994, el ICE ha mantenido una red sismológica en los proyectos de generación eléctrica en la provincia de Guanacaste que cubría desde el volcán Arenal hasta el volcán Miravalles. Fue hasta el año 2004 que amplió la red a los sectores de Las Pailas y Borinquen, lo que ha permitido definir la amenaza sísmica por fallas locales.

5.1.6.1.1 Sismicidad histórica

La sismicidad de la región norte de Costa Rica es importante en el sector pacífico, y menos importante en el sector norte-caribe. En el Cuadro No. 5.1.24 condensa los principales sismos registrados (de subducción $M_w \geq 6$ y locales corticales $M_w \geq 5$) en la zona norte de Costa Rica desde el siglo XX, y en la Figura No. 5.1.43 se ilustran estos sismos.

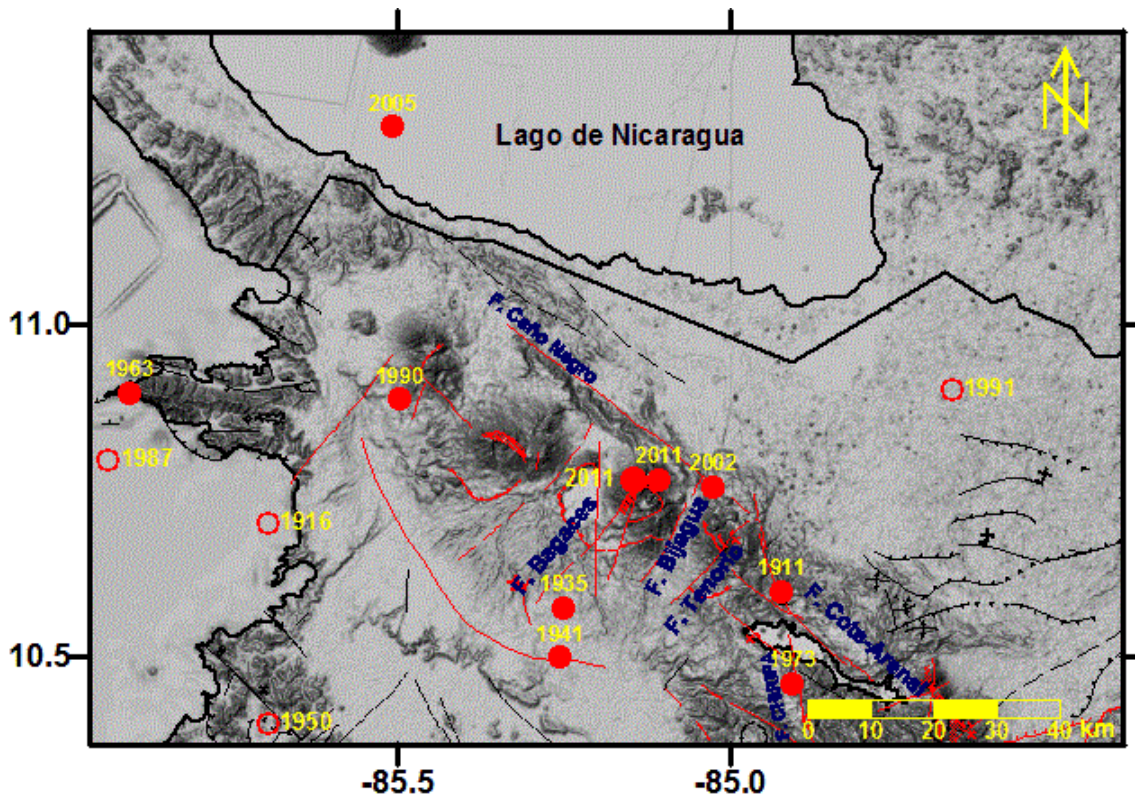
35 Cuadro No. 5.1.24 Sismos de subducción ($M_w \geq 6,0$) y locales ($M_w \geq 5,0$) más importantes y sus principales características, en la cordillera volcánica de Guanacaste y Talarán

Año	Mes	Día	Hora GMT	Latitud N	Longitud W	Prof. (km)	Magnitud (M_w)
1911	10	10	13:37	10,600	-84,916	10,0	6,3
1916	02	27	20:20	10,700	-85,700	33,0	7,3
1935	08	1	16:08	10,575	-85,245	12,0	5,5
1941	12	6	01:25	10,500	-85,250	5,0	6,0
1950	11	11	13:51	10,400	-85,700	40,0	6,0
1963	10	3	18:16	10,900	-85,900	21,0	6,5
1973	04	14	08:34	10,460	-84,900	10,0	6,5
1987	10	4	08:15	10,795	-85,938	51,5	6,0
1990	05	16	13:32	10,890	-85,493	5,0	5,0
1991	03	1	17:30	10,901	-84,672	209,4	6,0
2002	01	28	02:49	10,758	-85,019	10,0	5,4
2005	08	3	11:03	11,302	-85,503	14,4	6,4
2011	07	12	20:11	10,768	-85,101	12,7	5,5
2011	07	12	20:17	10,768	-85,141	10,5	5,3

En la Figura No. 5.1.43 se muestra además el detalle del ambiente tectónico del área. Se puede observar cómo la mayoría de los sismos importantes se encuentran en el arco volcánico o hacia el área pacífica. Los sistemas de fallas mostradas son las fallas someras corticales, que se estima pueden generar sismos de $M \leq M_W 7$. En este ambiente tectónico destacan cuatro sismos, bien documentados, que han causado daños de importancia:

- El del 10 de octubre de 1911 (o Sismo de Cote, $M_W 6,3$). Se le atribuye haberse originado en la Falla Cote – Arenal, que es una falla normal con el bloque sur descendido, que se extiende por más de 20 km desde la Laguna de Cote al norte, hasta el Volcán Arenal en su extremo sureste.

59 Figura No. 5.1.43 Mapa tectónico del norte de Costa Rica con la ubicación de los sismos importantes desde el siglo XX. Los sismos someros (0-25 km) son los puntos rellenos y de magnitud $M_W \geq 5,0$, y los sismos profundos ($>25\text{km}$) son los círculos abiertos, de magnitud $M_W \geq 6,0$.



- Los sismos de Bagaces del 1º de agosto de 1935 ($M_W 5,5$) y del 6 de diciembre de 1941 ($M_W 6,0$), dos importantes temblores que causaron intensidades máximas MMI de VII y VIII, respectivamente, y de profundidades someras (Montero & Alvarado, 1988). Afectaron principalmente Bagaces y alrededores y se sintieron con intensidad V en el área del proyecto. Con base en los detalles geológicos y morfotectónicos,

se sugiere que la fuente de origen fue el extremo sur del graben de Fortuna o de la Falla Bagaces (Montero & Alvarado, 1988).

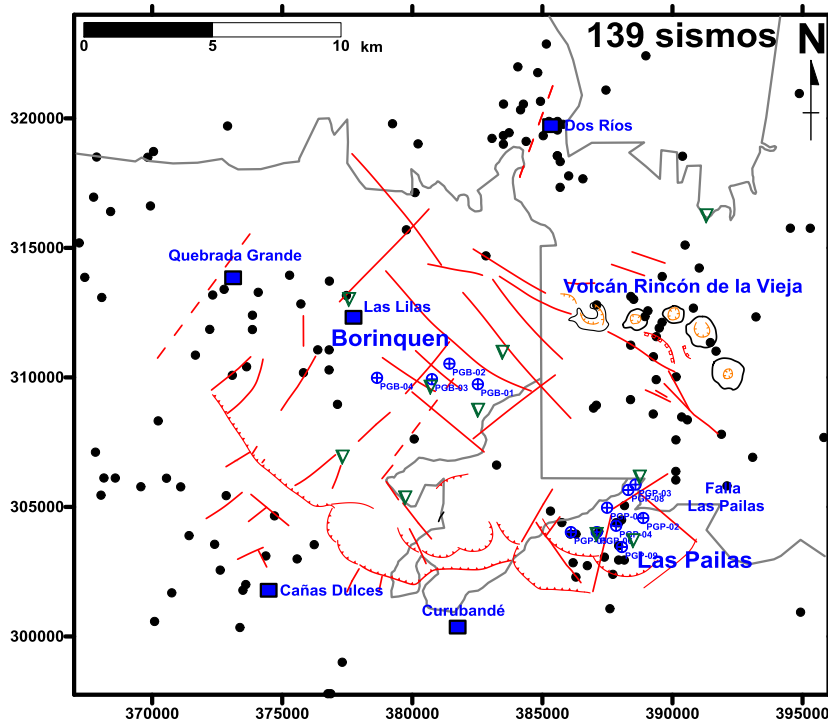
- El Terremoto de Tilarán del 14 de abril de 1973 (M_W 6,5), atribuido a la Falla Chiripa (Montero, 1986), así como un evento menor en 1853 de M_S 5,5. Se describe como una falla dextral orientada NNW-SSE de unos 20 km de longitud. Tanto en el campo como en fotografías aéreas se observan una serie de alineamientos discontinuos y trincheras de falla que se extienden hasta la Laguna de Cote en el noroeste, donde se une e interactúa en forma compleja con la Falla Cote-Arenal (Montero, 1986). Los daños debidos a este terremoto estuvieron concentrados dentro de un área de 150 km² entre Tilarán y el antiguo poblado de Arenal (hoy bajo las aguas del embalse de Arenal desde 1978), así como la original Laguna de Arenal. Los deslizamientos mayores generados por la sacudida sísmica se produjeron dentro de un área de 20 km², y fueron los responsables de la muerte de 23 personas y de daños a los caminos vecinales. Las investigaciones de campo de Umaña & Mainieri (1973) y de Plafker (1973), posteriores al terremoto, no encontraron evidencias de rupturas sísmicas superficiales, sino más bien relacionadas con deslizamientos.

5.1.6.1.2 Sismicidad registrada instrumentalmente

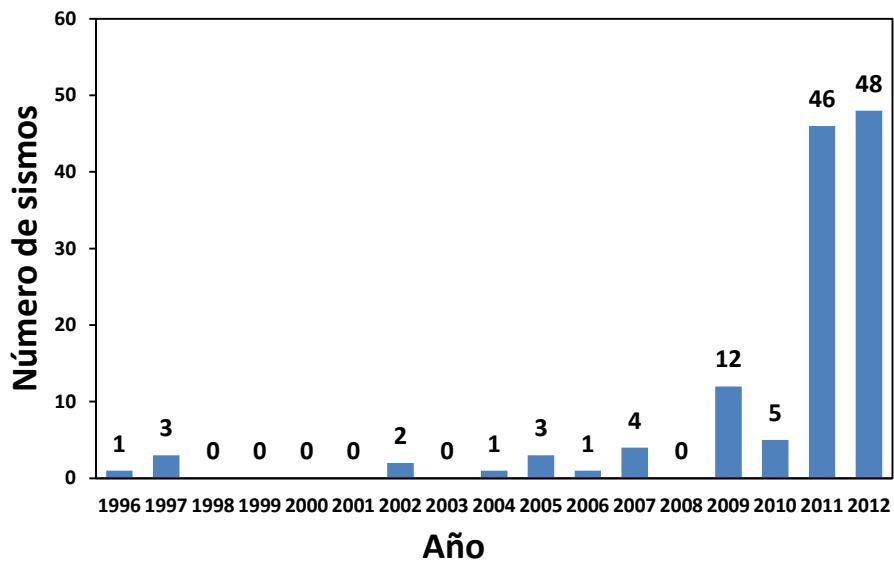
Aunque se tienen datos sismológicos en el área desde el año 1981, no fue sino hasta el año 1994 que se instaló la red sismológica del Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Arenal y Miravalles (OSIVAM), y no es hasta el año 2004, que se inició el monitoreo continuo y por lo tanto, con un buen control de la sismicidad en el área de los volcanes Arenal, Tenorio, Miravalles y Rincón de la Vieja (Taylor, 2002; 2003; 2004).

La base de datos sismológica para el periodo 1981-2012, en un área de 25 km x 25 km centrado en el sector de Borinquen, contiene un total de 139 sismos con $M > 2,5$ cuyos epicentros se muestran en la Figura No. 5.1.44. La Figura No. 5.1.45 indica la sismicidad por año a partir de 1996, y se aprecia que en los últimos dos años la actividad sísmica ha aumentado, especialmente durante el mes de setiembre de 2012 después del terremoto del 5 de setiembre ($M_W = 7,6$). Con esta información es posible observar e identificar áreas sísmicas que son: Dos Ríos, Quebrada Grande, Volcán Rincón de la Vieja, Cañas Dulces y el finalmente el sector de Las Pailas.

60 Figura No. 5.1.44 Distribución de la sismicidad para el periodo 1981-2012 (puntos negros). Los triángulos son las estaciones sismológicas, los círculos con cruz son pozos, la línea gris indica el límite del parque y de las áreas protegidas y las líneas rojas son fallas y otros elementos tectónicos.



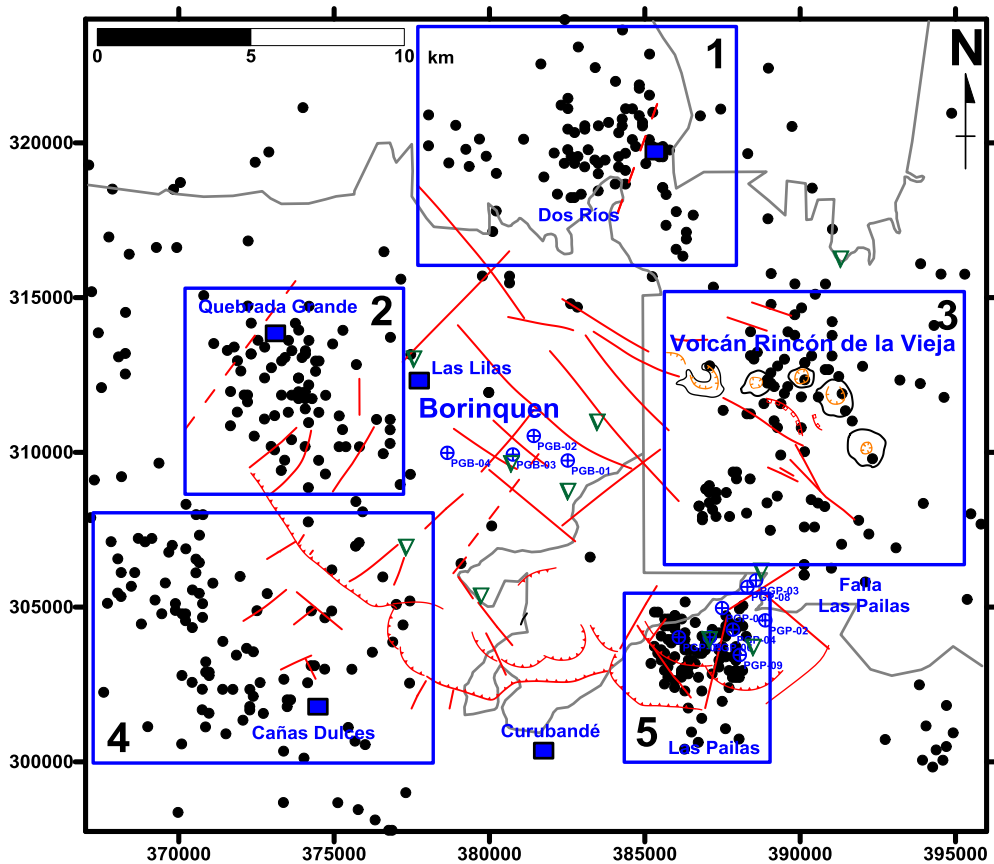
61 Figura No. 5.1.45 Distribución anual de la sismicidad para el periodo 1996-2012 para los sismos con $M \geq 2,5$. A partir del año 2004 se inició el monitoreo continuo (24 horas) en el área de estudio.



5.1.6.2 Áreas sísmicas activas

El adecuado monitoreo sismológico que el ICE tiene en los proyectos de generación eléctrica (actuales y futuros) permite definir en forma adecuada la ubicación de las fallas activas. En la figura No. 5.1.46, se muestran los 528 sismos con $M \geq 2,0$ localizados durante el periodo 1981-2012, que permite identificar de una mejor manera, cuales son las áreas de mayor actividad sísmica. Son cinco sectores que han presentado mayor actividad: Dos Ríos, Quebrada Grande, Rincón de la Vieja, Cañas Dulces y Las Pailas. Las fallas no tienen expresión en superficie debido a que están cubiertas por materiales recientes de los volcanes.

62 Figura No. 5.1.46. Localización de los sismos con $M \geq 2,0$ localizados durante el periodo 1981-2012.



5.1.6.2.1 Área Sísmica de Dos Ríos

Ha presentado actividad durante los años 2005, 2011 y 2012. La distribución aleatoria de la sismicidad y la profundidad promedio de los sismos (10 km), indican que están relacionados a procesos volcánico tectónicos, donde el movimiento de fluidos sería el agente generador de la sismicidad y por lo tanto no tienen un sistema preferencial de alineamiento.

5.1.6.2.2 Área Sísmica de Quebrada Grande

Aunque ha tenido sismicidad en años anteriores, la mayor actividad la presentó durante los meses de setiembre y octubre de 2012, después del terremoto del 5 de setiembre. Hay dos sistemas de fallas preferenciales, las NE-SW y las NW-SE, las primeras predominaron antes del 2011 y las segundas son las que se encuentran activas en este momento y responden al cambio de esfuerzos posterior al terremoto. El sismo de mayor magnitud registrado es de 3,3 pero por la longitud de las fallas se estima que puede generar sismos de hasta $M= 5,0$ y la profundidad promedio de generación de la sismicidad es de 8 km. Pueden estar asociados al límite oeste de la caldera, cuyos rasgos están cubiertos por depósitos recientes como sedimentos lacustres, avalanchas y coladas de lava.

5.1.6.2.3. Área Sísmica del Rincón de la Vieja

La actividad del volcán Rincón de la Vieja está asociada a procesos puramente volcánicos y su actividad está ampliamente discutida en el espacio de amenaza volcánica. Los sismos por lo general tienen profundidades menores a los 10 km y en etapa eruptiva pueden alcanzar magnitudes menores a 5,5. El volcán ha presentado una renovación de la actividad volcánica tipo freática desde setiembre del 2011, con una sismicidad asociada con el sistema magmático e hidrotermal.

5.1.6.2.4. Área sísmica de Cañas Dulces

Esta es un área que se ha activado en los últimos cuatro años y muestra una tendencia predominante de NW-SE que se asocia a fallas de desplazamiento de rumbo lateral derecha. La profundidad promedio de los sismos es de 10 km y el sismo de mayor magnitud ocurrió en el año de 1990 con $M= 4,0$, aunque se estima que puede generar sismos de hasta $M= 5,5$.

5.1.6.2.5. Área sísmica de Las Pailas

El sector de Las Pailas presenta 3 sistemas de fallamiento predominante: E-W, NNE-SSE y NW-SE. Durante el fracturamiento hidráulico realizado en años anteriores a la entrada en operación del proyecto geotérmico, se logró observar que la sismicidad producida se alineó preferencialmente con rumbo NNE-SSW y no fue activada con la ocurrencia del terremoto del 5 de setiembre. La sismicidad es somera (menos de 3 km de profundidad) y por la extensión de las fallas el sismo máximo probable es de 4,0.

5.1.6.2.6. Sismicidad Inducida

La sismicidad inducida provocada por las labores de construcción y operación en los proyectos geotérmicos es normal y mundialmente conocida. Los procesos de explotación de los campos geotérmicos en la mayoría de los casos generan por un lado sismicidad asociada con la extracción y reinyección de fluidos, y por el otro pueden desarrollar algún grado de deformación del terreno. Hubbert & Rubey (1959) propusieron que un incremento en la presión de poro debido a la inyección de agua, reduce la capacidad de la roca a los esfuerzos de fricción y se produce la generación de sismos. También es conocido como una combinación de presión de poro y saturación pueden reducir los módulos elásticos y de esfuerzos de la masa rocosa y así facilitar la liberación de esfuerzos de la corteza. Este fenómeno fue primeramente reportado por una secuencia de sismos inducidos por la inyección de aguas de desechos en Denver, Colorado (USA) entre 1962 y 1967 (Evans 1966; Healy et al., 1968; Hollister & Weimer 1968). También se ha provocado sismicidad inducida intencionalmente mediante experimentos de inyección de agua en un área en Matsushiro, Japón, donde ocurrió un enjambre sísmico (Ohtake, 1974) y en el proyecto KTB en Alemania (Zoback & Harjes, 1997). En el área de Matsushiro, la sismicidad fue activada a una distancia de 4 km del punto de inyección aproximadamente 9 días después de iniciada la inyección de agua.

El éxito en la exploración y el desarrollo de un campo geotérmico depende enormemente de los esfuerzos para localizar las zonas de fracturas y las fallas que controlan la circulación de los fluidos bajo la superficie. Normalmente, los campos geotérmicos están localizados en zonas de baja permeabilidad (poca porosidad) y las fracturas son el medio por el cual se mueven los fluidos para extraer el calor almacenado en la roca matriz.

En geotermia es muy usada la hidrofracturación para aumentar la transmisibilidad y la permeabilidad de la roca. Consiste en la ampliación, o agrandamiento de las redes de fisuras existentes en los materiales atravesados por un pozo, gracias a la acción de un fluido inyectado a alta presión en el interior del mismo, donde el principal objetivo es que la presión de inyección supere la presión de confinamiento.

Sismicidad inducida se han presentado en los proyectos geotérmicos de Miravalles y Las Pailas, y es de esperar que también se genere en el proyecto geotérmico de Borinquen. Este tipo de sismicidad es somera, con sismos cuyas profundidades están entre los 1 y los 5 km, y solo han generados sismos de magnitud máxima de 3,5. Lo importante de esta sismicidad es que ayuda a extender la vida útil del proyecto y por lo tanto es de suma importancia en la generación de nuevas fracturas por donde circulan los fluidos.

5.1.6.2.7. Licuefacción

La licuefacción describe el comportamiento de los suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga) y bajo ciertas circunstancias, pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado.

Es más probable que la licuefacción ocurra en los suelos granulados sueltos saturados o moderadamente saturados, con un drenaje pobre. Ocurre especialmente en arenas y/o gravas que se intercalan con sedimentos impermeables.

Durante el proceso, en el que actúa una fuerza cíclica exterior (tal como una carga sísmica), las arenas sueltas tienden a disminuir su volumen, lo cual produce un aumento en la presión de agua en los poros y por lo tanto disminuye la tensión de corte, originando una reducción de la tensión efectiva.

En otras palabras, los suelos más susceptibles a la licuefacción son aquellos formados por depósitos jóvenes (producidos durante el Holoceno, depositados durante los últimos 10,000 años) de arenas y sedimentos de tamaños de partículas similares, en capas de por lo menos más de un metro de espesor, y con un alto contenido de agua (saturadas). Tales depósitos por lo general se presentan en los lechos de ríos, playas, dunas, y áreas donde se han acumulado arenas y sedimentos arrastrados por el viento y/o cursos de agua.

Por lo tanto, como la geología del área, aunque es reciente, está compuesta de ignimbritas y lavas, hacen que la licuefacción debido a un terremoto sea nula.

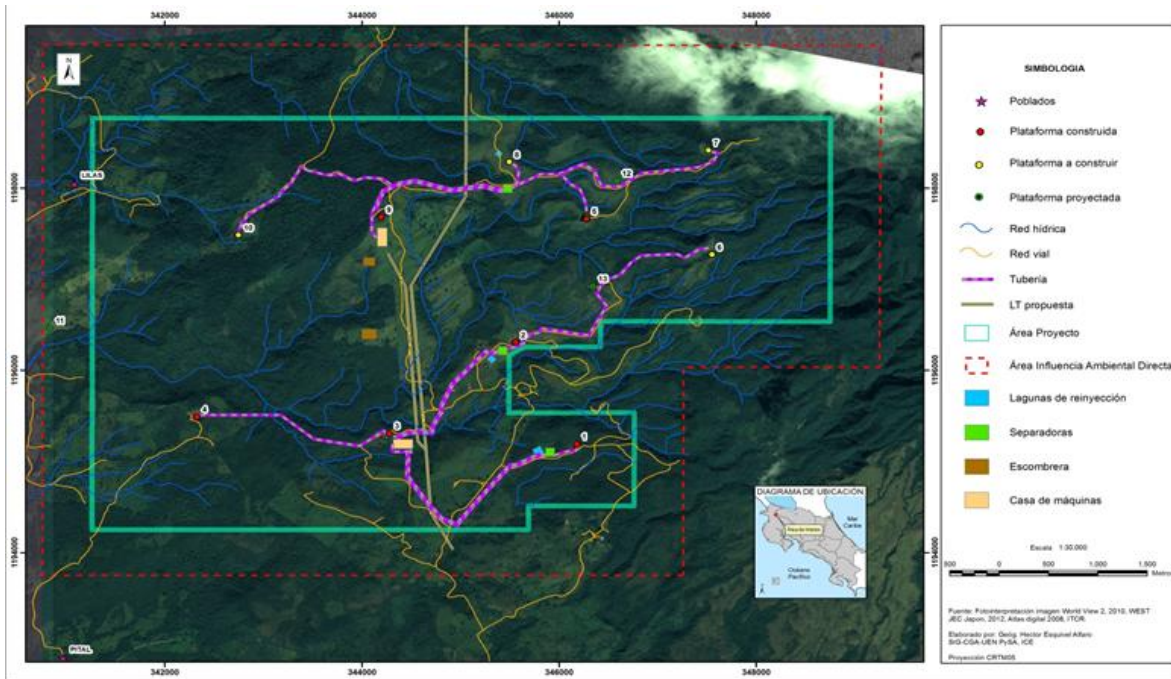
5.1.6.3 Amenaza volcánica

5.1.6.3.1 Introducción

Introducción

Este apartado del EsIA tiene el propósito de analizar de manera sintética los peligros volcánicos posibles bajo los que se encuentra la zona del Proyecto Geotérmico Borinquen, sito en la falda oeste del volcán Rincón de la Vieja, ver la Figura No. 5.1.47.

63 Figura No. 5.1.47 Ubicación y áreas de influencia del P.G. Borinquen, en la falda oeste del volcán Rincón de la Vieja.

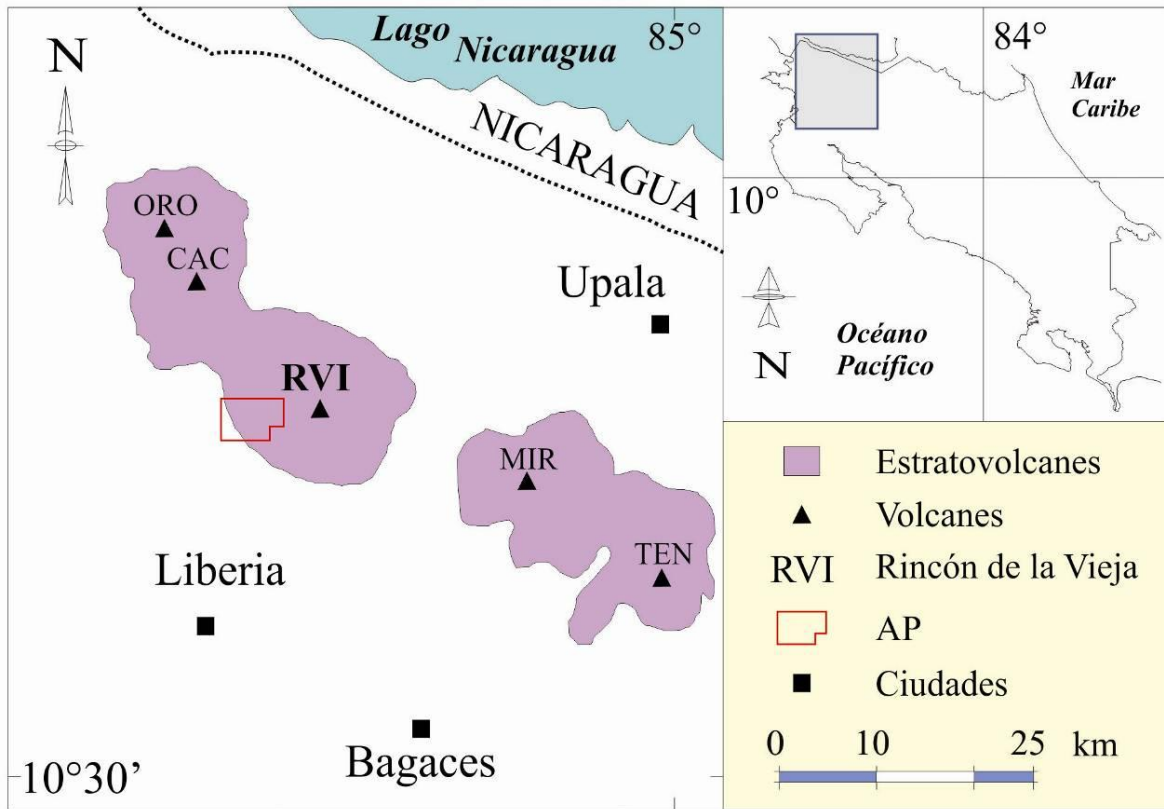


El volcán que representa una amenaza volcánica más cercana y evidente es el Rincón de la Vieja, ver Figura No. 5.1.48, por lo que se hace un análisis de su comportamiento eruptivo pasado (“volcanalidad”) y los peligros volcánicos asociados con tal actividad, extrapolada al futuro, de modo que se analice el área de influencia del P.G. Borinquen.

5.1.6.3.2 Caracterización del Volcán Rincón de la Vieja

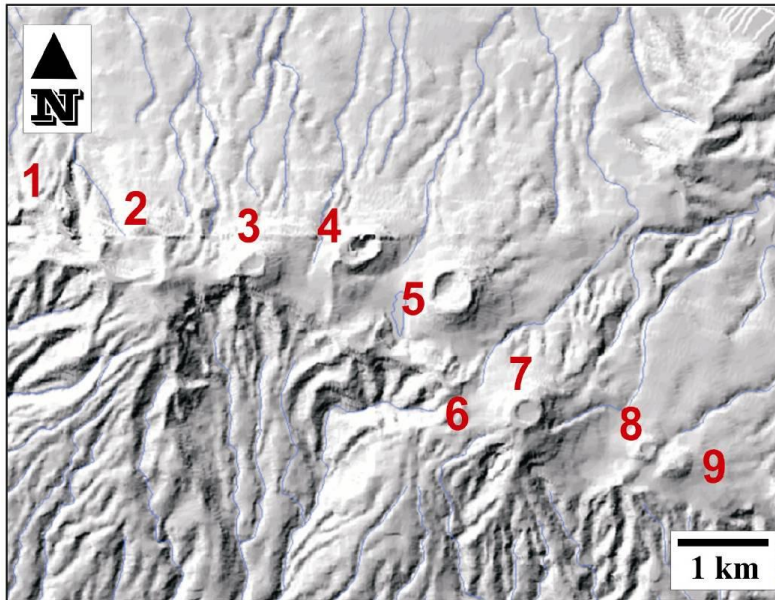
El macizo volcánico Rincón de la Vieja se localiza 25 km al NNE de la ciudad de Liberia, ver Figura No. 5.1.49. La altura máxima del complejo es de 1916 m s.n.m, cubre una extensión de más de 400 km² y tiene un volumen de 200 km³ (Carr et al., 2003). Exhibe una forma elíptica de 20 km de largo, con el eje mayor en sentido oeste-noroeste a este-sureste.

64 Figura No. 5.1.48



La parte cuspidal del volcán es relativamente llana, con un ancho de 1-1,5 km. Los 9 focos eruptivos del Rincón de la Vieja se alinean casi paralelos al eje de la cordillera volcánica, en la Figura No. 5.1.49, lo cual no es común en los otros volcanes de Costa Rica. Además de los cráteres que se desarrollaron en la arista cuspidal, no se conocen conos parásitos en los flancos. El cráter Activo, ver la Figura No. 5.1.47 y Fotografía No. 5.1.64, aloja desde hace siglos, una laguna termomineral, con colores, volumen y temperatura variables (usualmente entre 30-45° C), pero de marcada acidez, por lo común con un pH entre 0 y 2 (datos nuestros de campo de la década de los 1990, de Tassi et al., 2005, y de Mora et al., 2012).

65 Figura No. 5.1.49 Modelo de elevación digital de la cima del Rincón de la Vieja, con las 9 estructuras volcánicas numeradas. El 3 es el cono Von Seebach, el 4 es el cráter Activo, y el 5 el Rincón de la Vieja de los mapas.



71 Fotografía No. 5.1.64 El cráter Activo y la laguna caliente en su interior en 1995.



La geología del área periférica al volcán y del área del AP ha sido estudiada por Kempter et al. (1996), Kempter (1997), Molina et al., (2002), Soto et al. (2003), Zamora et al. (2004) y Chavarría & Mora (2007). En general, son ignimbritas, lavas y domos en el sector meridional y occidental, propias de un volcanismo precordillerano, con edades de 2-1,5 Ma. Las rocas volcánicas del propio edificio del Rincón de la Vieja incluyen al menos tres secuencias principales en el sector occidental del estratovolcán. Sus edades van desde 1,62 Ma hasta el presente:

1,62-0,85 Ma para el Proto-Rincón (que se traslapa en parte con las secuencias pre-Rincón); 0,56-0,30 Para el Paleo-Rincón y < 0,2 Ma para el Neo-Rincón (Carr et al., 2007; Alvarado & Gans, 2012). Incluyen principalmente una armazón de lavas para el gran y voluminoso edificio, en la Fotografía No. 5.1.65, pero también incluye toda una amplia gama de piroclastos de caída y flujo y epiclastos distales. Las composiciones son desde andesitas basálticas hasta dacitas, con abundancia de andesitas ácidas (detalles de composiciones en Carr et al., 1986; Chiesa et al., 1994 y Kempter et al., 1996).

Los productos volcánicos más recientes, de un vulcanismo casi exclusivamente explosivo ($\leq 31\ 000$ años; Kempter et al., 1996), ver Cuadro No. 5.1.25, provienen de las 4 estructuras volcánicas más occidentales, ver la Figura No.5.1.50. La última lava, al suroeste del cráter activo, parece ser un poco más vieja que 4000 años. Los productos eruptivos son en su mayoría de composición andesítica con escasas andesitas basálticas y dacitas. Las erupciones históricas son de carácter andesítico y las más ricas en sílice ($\text{SiO}_2 = 56-60\%$) en la Cordillera de Guanacaste (Carr et al., 1986; Chiesa et al., 1994; Kempter et al., 1996; Boudon et al., 1996).

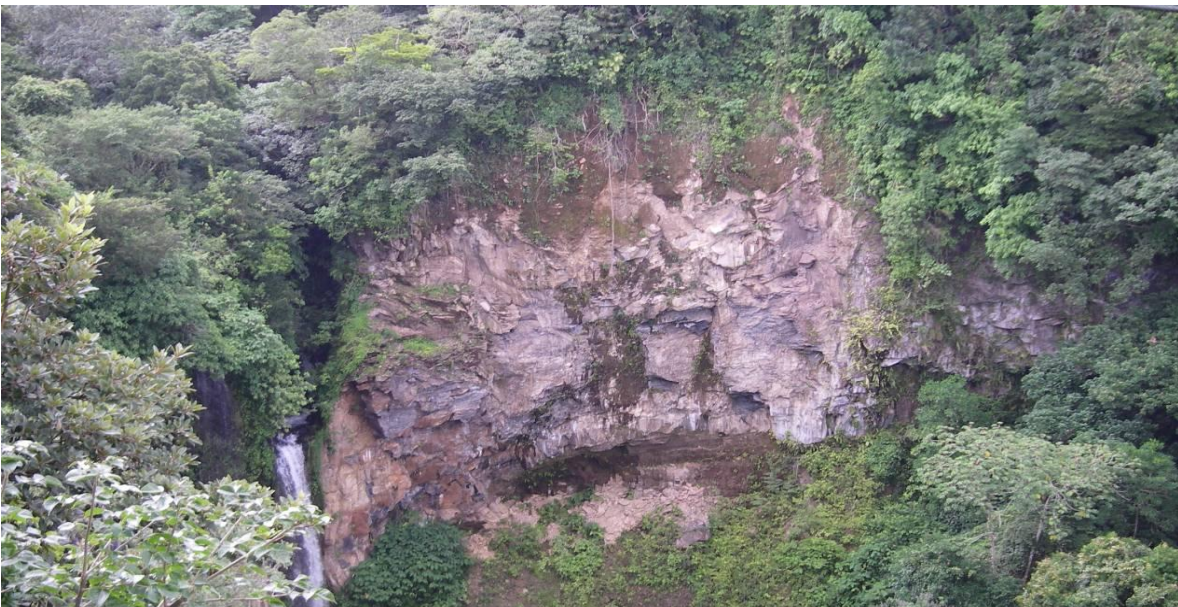
36 Cuadro No. 5.1.25 Edades de radiocarbono usadas en este trabajo.

Muestra	Edad sin calibrar (a.P.)	Referencia	Edad calibrada (a.P)
Tefra Unidad Grupo 2	27 000 \pm 560	Kempter et al., 1996	31 750 \pm 250 ⁺
Tefra Río Blanco	3490 \pm 105	Melson, 1988	3770 \pm 130 [*]
Flujos sector norte	1600 \pm 60	Soto et al., 2003	1520 +80-110 [*]

a.P.: antes del presente, con el presente en el año 1950. ⁺ Con base en Van der Plicht et al. (2004), calibrada en este trabajo. ^{*} Con base en Stuiver et al. (1998), calibradas por Soto et al. (2003b).

72 Fotografía No. 5.1.65 El edificio volcánico del Rincón de la Vieja visto desde el occidente (arriba) y desde el suroccidente (centro).

Abajo, lavas del Paleo Rincón, aflorantes en el sector sureste del AP.



La secuencia de tefras de caída con edades comprendidas entre 32 mil y 4 mil años aflora bastante bien en los cortes de quebradas y cortes de caminos y plataformas en el sector del PGB, en la Figura No. 5.1.51. Comprenden varios paquetes de erupciones con escorias, muy posiblemente de características estrombolianas fuertes – vulcanianas, cuyos productos se ven en la Figura No. 5.1.52.

66 Figura No. 5.1.50 Capas de tefra de la secuencia <32 mil años, aflorantes en el sector del PGB, Plataforma 9, unos 9,5 km al oeste del cráter activo del Rincón de la Vieja (arriba) y las escorias de los niveles inferiores señalados con flechas (abajo).



Con base en trabajos cartográficos y volcano-estratigráficos del Rincón de la Vieja, Soto et al. (2003a y b) determinaron que en los últimos 4000 años el volcán ha

tenido una erupción subpliniana, hace 3770 ± 130 años (antes del presente: a.P., Tabla 1), una erupción con flujos piroclásticos de escorias, y una serie de erupciones menores, de índole freática hasta freatomagmática, cuya modalidad eruptiva parece ser muy similar a la de los eventos eruptivos de las últimas tres décadas y media del siglo XX (cf. Boudon et al., 1996, 1997a). En los DOS capítulos siguientes se analizarán estas erupciones, sus depósitos y su distribución geográfica.

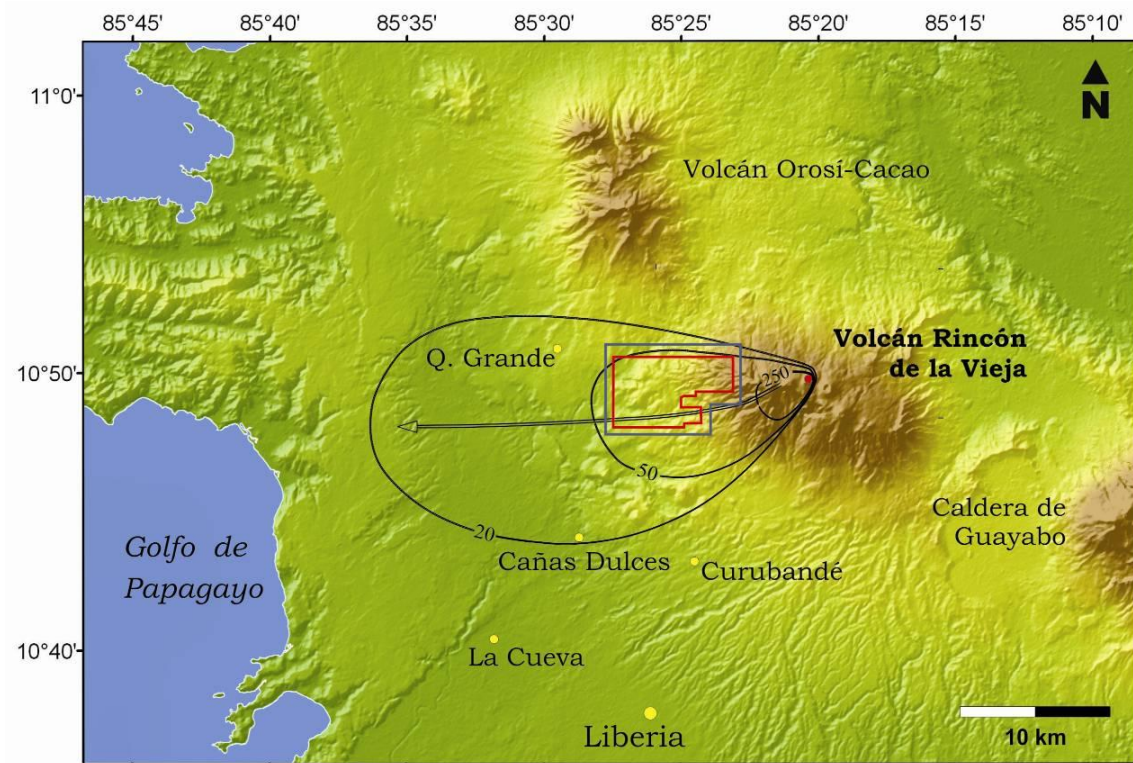
5.1.6.3.3 Erupciones prehistóricas del Rincón de la Vieja

Kempter (1997) nominó “Depósito de Tefra Río Blanco” al depósito de caída de pómez más reciente del Rincón de la Vieja, que se distribuye hacia el sector occidental (un eje oeste-suroeste), ver la Figura No.5.1.50, desde el cráter activo, hasta unos 30 km de distancia con un espesor considerable y reconocible fácilmente en el suelo. Corresponde con el depósito de una erupción subpliniana, cuya edad había sido determinada por carbono 14 en 3490 ± 105 años a.P. (Melson, 1988), y cuya calibración arroja 3770 ± 130 a.P. (Tabla 5.1.25). Una serie de tuestos cerámicos encontrados en el interior del suelo que sobreyace al depósito de tefras, pertenecientes a la Fase Catalina, de edad 300 a.C. a 300 d.C., equivalente a 1650-2250 a.P. (M. Sánchez, com. escrita, en Soto et al., 2003a) indica una congruencia cronológica.

La mayor parte del depósito es una pómez beige, con cantidades variables de escorias negras, piroclastos bandeados (pómez y escoria) y muy pocos líticos, ver la Figura No. 5.1.50. Para evaluar sus mecanismos y fases eruptivas, Soto et al. (2003b) estudiaron 6 cortes claves en partes planas en la falda occidental del volcán, ver Fotografía No. 5.1.66, de donde se puede deducir que la erupción se dio en varias fases consecutivas, y cuya secuencia más completa se ve en el corte Borinquen Adentro, ver la Figura No. 5.1.52.

Kempter (1997) había notado al menos veinte diferentes capas en las partes proximales, cerca del cráter Activo. En Borinquen Adentro, que es un corte con una facies proximal media en el eje de dispersión y depositación, ver la Figura No. 5.1.53, son distinguibles al menos 22 diferentes capas, que se agrupan en seis series o fases (detalles en Soto et al., 2003 b)

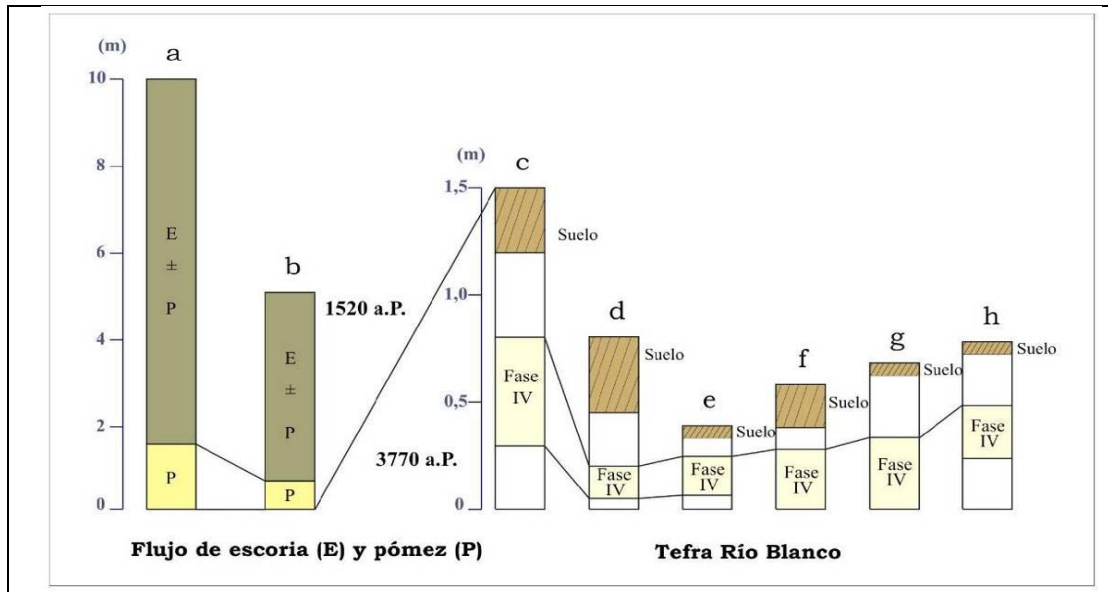
67 Figura No. 5.1.51 Curvas isopacas (igual espesor de cenizas y pómez como las mostradas en la Fotografía No. 5.1.31, en cm) del depósito de la erupción subpliniana Río Blanco (modificada de Kempter, 1997), y los sitios estudiados mostrados en las columnas de la Figura No. 5.1.52.



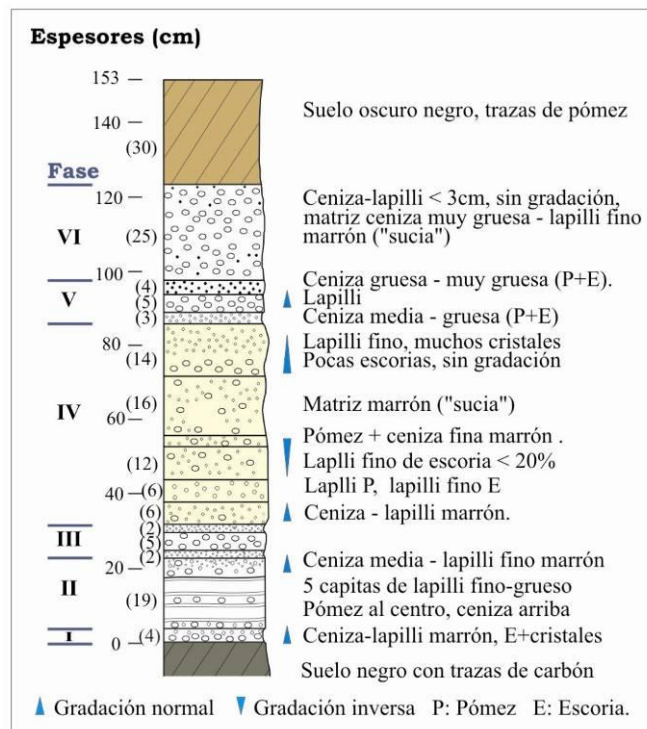
73 Fotografía No. 5.1.66 Pómez del depósito de la erupción subpliniana Río Blanco en el sector sureste del AP



68 Figura No. 5.1.52 Correlación entre las columnas estudiadas de la Tefra Río Blanco y los flujos piroclásticos.



69 Figura No. 5.1.53 Columna estratigráfica del depósito de caída de la Tefra Río Blanco en el sitio Borinquen Adentro (punto c de Figuras No.5.1.47 y No. 5.1.50), donde se muestran las diferentes fases de la erupción (reformado de Soto et al., 2003b).



La secuencia en esta sección Borinquen Adentro, de la base al techo se muestra en la Figura No. 5.1.55, donde la Fase IV es la parte principal del depósito. Esta parte tiene un alto contenido de escorias y clastos mezclados, que casi desaparecen en la parte superior. El contenido de líticos es muy bajo a lo largo de toda la erupción, aunque hacia el techo es cada vez más pobre. La granulometría del depósito indica que la fase III es propia de una explosión casi enteramente magmática y de caída. La fase IV confirma una fase con una componente freatomagmática importante, quizás la fase más violenta de la erupción. En la fase de cierre (la VI), el contenido de granulometrías menores que cenizas medias, y una granoselección de mediana a buena, corrobora asimismo una contribución freatomagmática importante.

Esta erupción es el único evento explosivo de grandes dimensiones preservado en la historia reciente del volcán (al menos 0,2 Ma). El mecanismo ha sido detallado por Soto et al. (2003): Una inyección de magma andesítico dispararía la erupción, cuya primera fase fue de apertura del cráter; la segunda fase fue pulsante con un aumento de la energía hacia el final; la tercera fase abre y cierra con eventos freatomagmáticos, con una sola gran explosión en el medio, en donde la contribución de magma andesítico se ha ido incrementando y en donde la mezcla de ambos magmas es más eficaz; la cuarta fase fue la de clímax, con pulsos de explosiones freatomagmáticas en el medio, la incorporación de magma andesítico y de líticos decrece hacia el tope de la secuencia, y sugieren un conducto abierto con poca incorporación de materiales de sus paredes; la quinta fase fue una explosión de menor cuantía, y la última fase fue una explosión importante, con una componente freatomagmática trascendente.

Una serie de flujos piroclásticos mapeados por Chavarría & Rodríguez (2010) en el sector noroeste del volcán podrían ser facies asociadas a las fases de mayor explosividad de esta secuencia. En las facies proximales en la cima no se han encontrado flujos ni oleadas piroclásticas asociados con el depósito de caída.

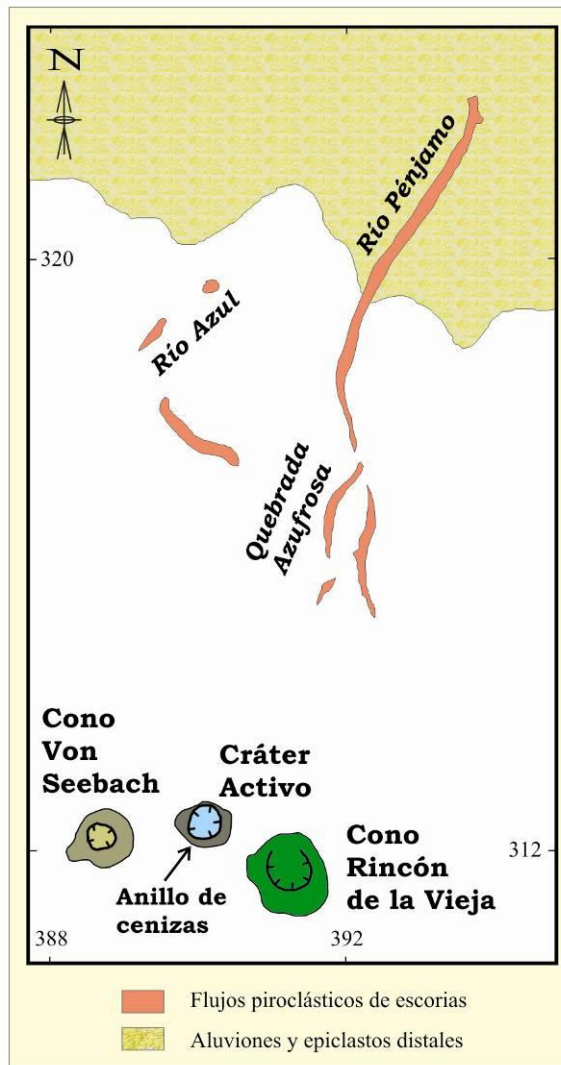
Los flujos piroclásticos del flanco norte

Kempton (1997; p. 135) había escrito que “un flujo piroclástico asociado con la Tefra Río Blanco se extiende al noreste del cráter Activo por varios kilómetros”. También fueron mencionados por Paniagua et al. (1996). Se ha comprobado, sin embargo, que estos flujos no son de la erupción de Río Blanco, sino más jóvenes. En el sector norte del volcán, estos flujos se han mapeado solamente restringidos a los valles superiores e inferiores de los ríos Azul y Pénjamo, en la Figura No. 5.1.54, por Soto et al. (2003) y Chavarría & Rodríguez (2010), desde la cota de 800 m s.n.m., y se distribuyen aguas abajo hasta la confluencia con el río Cucaracho, unos 10 km al norte del cráter Activo.

Son flujos de pómez en la base y escorias en el techo, con mezcla mecánica de ambos durante la erupción. Desde el cráter Activo hasta 5 km al norte, los flujos de escorias se presentan medianamente soldados, y luego trascurren el resto del trecho sin soldamiento, aunque la matriz es dura. Hay troncos carbonizados

datados con $14C$, y cuya edad calibrada es $1520 \pm 80-110$ años a.P. (Soto et al., 2003b). Las fases no soldadas afloran a lo largo del cauce de los ríos Pénjamo y Azul, y están claramente encañonados, con contactos en forma de cuña, con espesores máximos bastante uniformes de unos 4 a 5 m hasta encontrarse con el cañón del río Cucaracho.

70 Figura No. 5.1.54 Mapa de distribución de los flujos de escoria en el sector norte del volcán (basado en Soto et al., 2003b).



La secuencia piroclástica eruptada desde del cráter Activo

En la periferia del cráter Activo, aflora una espesa secuencia de tefras de caída que forman un anillo de cenizas en el borde sur del cráter, ver la Figura No. 5.1.54, y que documentan la historia volcánica posterior a la erupción subpliniana Río Blanco, que está coronada por los depósitos históricos, y por lo tanto, cubren la secuencia eruptiva de los últimos 3700 años. Corresponden con eventos que han

variado desde netamente freáticos con eyección de bloques líticos y sedimentos intralagunares (laguna cratérica termomineral), hasta freatomagmáticos, pasando por eventos estrombolianos. El cráter Activo parece ser un cráter de subsidencia en su interior, que ha permitido que bloques anulares periféricos hayan descendido a través de fallas anulares concéntricas, hacia el interior, dando un aspecto de terrazas.

En las áreas medias y distales, la ceniza que sobreyace a la Tefra Río Blanco es fina y de poco espesor, lo que indicaría que no ha sucedido ninguna erupción de importancia en los últimos 3700 años, excepto los flujos de escoria del sector norte, y la actividad histórica conocida, que se detalla en el siguiente capítulo.

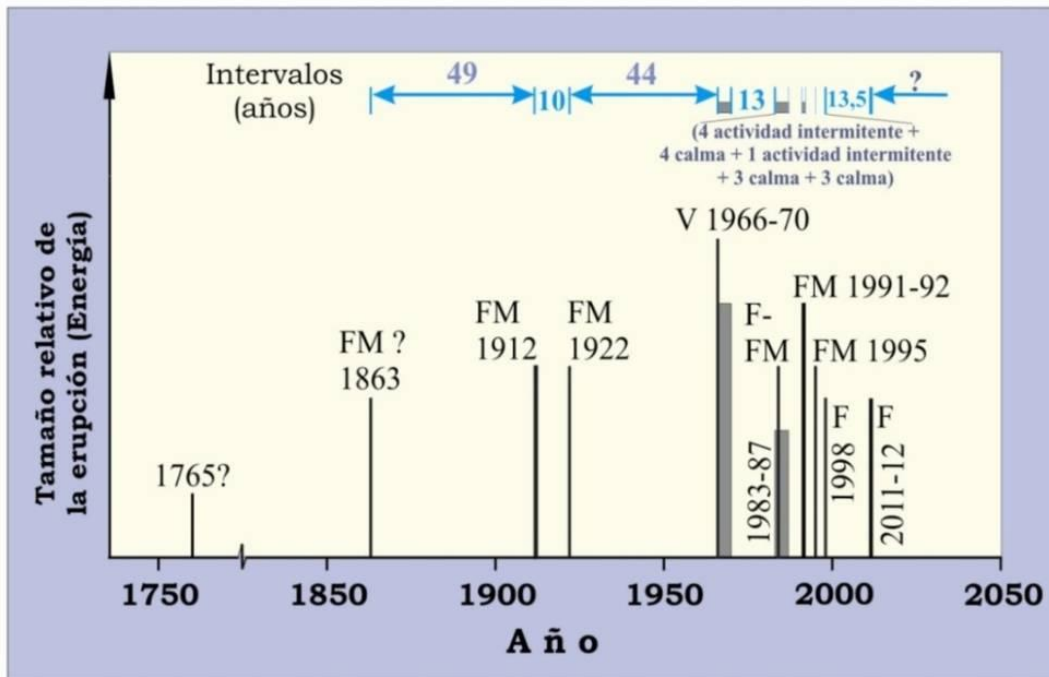
5.1.6.3.4 Actividad eruptiva histórica

La actividad histórica del Rincón de la Vieja se remonta a la Colonia y se ha caracterizado por periódicas erupciones freáticas y freatomagmáticas, y en menor grado estrombolianas (magmáticas, con bombas escoriáceas, en corteza de pan, y cenizas juveniles andesíticas con $\text{SiO}_2=57-58\%$; Boudon et al., 1996, 1997a), concentradas en el cráter principal, con emanaciones de vapor de agua, gases sulfurosos y fumarolas intracráticas (actividad exhalativa). La Figura No. 5.1.55 muestra la distribución temporal de las erupciones y sus características.

Erupciones hasta la primera mitad del siglo XX

Se dice que el volcán Rincón de la Vieja era el “faro natural” de los navegantes en el siglo XIX, pero bien puede haber sido confundido con otro volcán en Nicaragua. En 1765 se da una breve dudosa referencia sobre una erupción en los Archivos del Museo Naval de España (Boudon et al., 1996). En el año de 1854, Scherzer y Wagner observaron el volcán “arrojando humo” y reportaron el relato de un hombre de larga data viviendo en las faldas, quien decía que el volcán de vez en cuando arrojaba cenizas incandescentes, pero no hay fechas exactas. En 1860 informaron actividades esporádicas y en agosto de 1863 se registró una erupción corta (unos tres días) de vapor y de ceniza (von Frantzius, 1861; von Seebach, 1865; Pittier, 1912; Sapper, 1925; Trejos, 1959). El 14 de junio de 1912 ocurrieron erupciones similares descritas por Tristán (1921), como una espesa y negra nube de humo que se levantó sobre el volcán, y que cubrió con abundante ceniza la periferia, y además durante varios días los ríos se tornaron de una coloración blanca lechosa. Entre abril y junio de 1922 ocurrieron fuertes emisiones de vapor y columnas de cenizas, con una actividad similar a la anterior, de tipo estromboliana, con gran cantidad de piroclastos y cráteres de impacto. Hasta 1955 fueron descritas emisiones de vapor y una fuerte actividad fumarólica, en particular en 1940 (Mooser et al., 1958; Boudon et al., 1996). Luego, el 29 de junio de 1963, se reportó una emisión constante de nubes de vapor desde el cráter activo, con anhídrido sulfuroso que producía molestias en la garganta y los ojos.

71 Figura No. 5.1.55 Distribución temporal de las erupciones del Rincón de la Vieja y sus características (F: freática; FM: freatomagmática; V: vulcaniana).



La erupción de 1966-1970

Un período de actividad del Rincón de la Vieja se inició en setiembre de 1966. Las erupciones de ceniza empezaron en octubre, y el 6 de noviembre la gente de Liberia divisó penachos de ceniza en la cumbre. Durante noviembre y diciembre, las erupciones continuaron y la descarga de gases se incrementó notoriamente, afectando los tejados, las cercas de púas, pastos, sembradíos, la salud de los habitantes, y las aguas de los ríos Colorado y Blanco. Las columnas de cenizas y de vapores se alzaban varias centenas de metros sobre el cráter. Las áreas al SSW del volcán hasta unos 10-12 km de distancia del cráter (la hoy llamada “Zona de la Muerte”, que no se recuperó después de esta erupción). Desde el 19 de diciembre se reportaron columnas negras y densas de unos 5 km de altura, y empezaron a aparecer muertos gran cantidad de peces en los ríos Colorado y Blanco, extendiéndose la mortandad a toda la cuenca oriental del Tempisque (reportes periodísticos de noviembre y diciembre en La Nación, principalmente). Krushensky & Spencer (1967) hicieron una inspección del área afectada cerca de la cima el 28 de diciembre, y reportaron que las cenizas eruptadas eran principalmente accesorias, con 6% de azufre elemental, 50 ppm de SO₄ y 100 ppm de Cl, lo cual confirma la acidez de los productos emitidos.

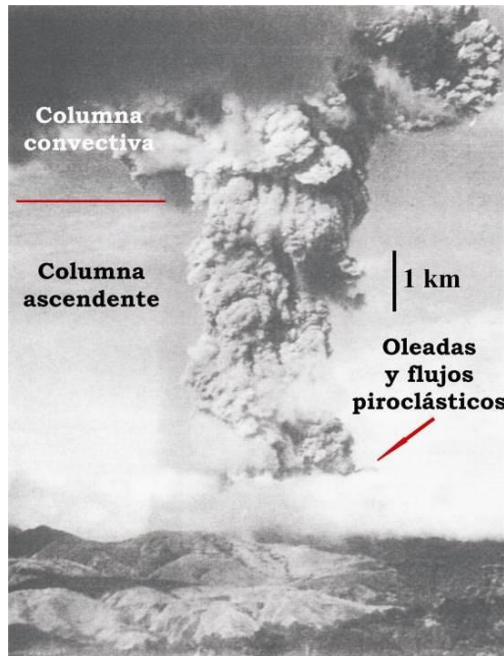
Las primeras dos semanas de enero de 1967, el volcán estuvo relativamente quieto, con sólo pequeñas y aisladas erupciones, pero el 17 de enero de 1967, ocurrió una erupción que llegó a alcanzar al menos 7 km de altura sobre el cráter,

Figura No.5.1.54, emplazando oleadas y flujos piroclásticos que rellenaron algunas depresiones en la periferia del cráter Activo (Hantke, 1971; Boudon et al, 1997a, b). Varias columnas sucesivas de cenizas de explosiones freatomagmáticas, con alturas de centenas de metros fueron reportadas ese día, con formas “de hongo atómico” (La Nación, 19 de enero de 1967). Pocos días después, cerca del cráter se encontró una capa de ceniza con aproximadamente 100 cm de espesor que eliminó la vegetación y se dispersó hasta 2 km, aunque a una distancia de 20 km se depositaron 0,5 cm de cenizas finas. Alrededor del cráter, había bombas y bloques. Las poblaciones de Dos Ríos de Upala y Mayorga fueron evacuadas.

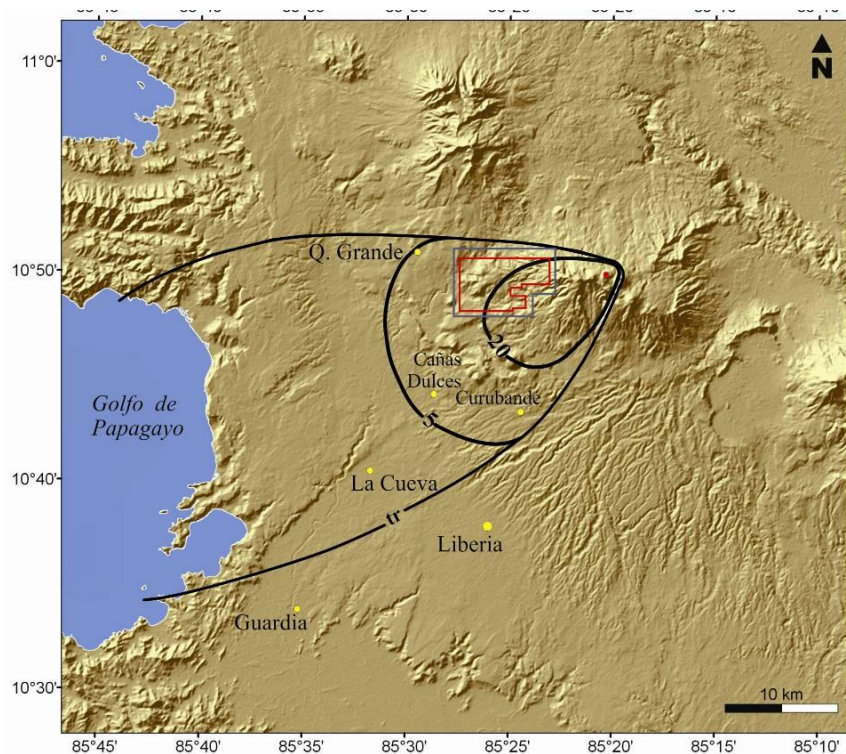
Las erupciones continuaron sin muchos cambios durante enero y febrero con una pluma de cenizas de 2 km de altura sobre el cráter. Varios eventos sísmicos leves se reportaron a mediados de febrero, el 23 de febrero se reportaron 28 erupciones en un lapso de 30 minutos, y 100 personas más fueron evacuadas de la falda suroeste del volcán (La República, 23 y 24 de febrero de 1967). Una actividad similar, pero en decrecimiento continuó hasta mediados de 1967. La actividad se reanudó en marzo-abril y setiembre-octubre de 1969, cuando se originaron erupciones de lodo con vapor, gas y ceniza, que eran luego dispersadas hacia el norte. Para julio y agosto de 1970, se informó de nuevas erupciones de ceniza que debieron de cesar en un lapso comprendido entre 1970 y abril de 1975 (Mooser et al., 1958; Salguero, 1976; Boza, 1978), pero muy probablemente a fines de 1970.

Una reconstrucción de la distribución de cenizas en este período, que alcanzaron hasta el Golfo de Papagayo, ver la Figura No. 5.1.55, muestra que los productos del ciclo eruptivo 1966-70 cubrieron un área con forma elíptica con el eje en dirección oeste-suroeste.

72 Figura No. 5.1.56 Erupción vulcaniana del 17 de enero de 1967 (15:20, hora local), vista desde Curubandé (Foto cortesía de Oscar Li).



73 Figura No. 5.1.57 Curvas isopacas (en mm, tr = trazas) de las cenizas eruptadas durante el período 1966-70.



Erupciones de la década de 1980

Los días 6 y 21 de febrero 1983 se registraron erupciones freáticas que afectaron un área pequeña 2 km al sur y al este del cráter Activo. Se escucharon retumbos y se observaron erupciones freatomagmáticas que elevaron bloques, lapilli y cenizas hasta una altura de 1,5 km. El 7 y 8 de febrero ocurrieron pequeñas avalanchas de barro en el río

Pénjamo y la fauna desapareció del río (Barquero & Segura, 1983; Thorpe et al., 1985). Una actividad mayor se verificó en marzo de 1984, fue más extensa y de carácter freatomagmática. Cubrió un área de 4 km² al sur y sureste del cráter y se generaron corrientes de lodo de 10 a 15 km de largo que bajaron por los drenajes al norte del volcán (Thorpe et al., 1985). De nuevas erupciones, se informó entre setiembre de 1985 y abril de 1986, que lanzaron piroclastos a 500 m del cráter activo y cubrieron 0,25 km². En diciembre de 1986 hubo una explosión freática de 6 minutos de duración, con la expulsión de bloques de un diámetro ≤ 50 cm, hasta 500 m del cráter. El 1° de abril de 1987 hubo otra erupción freática precedida por un sismo, y lahares en el río Pénjamo y quebrada Azufrosa (Boudon et al., 1996). La erupción de 1991-1992

Entre mayo de 1991 y setiembre de 1992 se registraron explosiones. La primera de ellas, pequeña, fue el 2 de mayo a las 8:11 a.m., seguida por la principal el 8 de mayo a las 10:17 a.m., con una columna de cenizas y vapor que alcanzó 5 km de altura, depositó cenizas y bombas alrededor del cráter Activo y originó lahares hacia el norte (ríos Pénjamo, Azul y quebrada Azufrosa; véase su ubicación en la Figura No.5.1.54. Del 8 al 11 de ese mismo mes hubo un detrimento progresivo de la frecuencia de las explosiones manteniéndose éstas hasta setiembre de 1992 (Boudon et al., 1996; 1997a).

Los productos de la erupción 1991-92 cubren un área más pequeña y no están tan bien expuestos como los de 1966-70. En el borde occidental del cráter activo alcanzan un espesor de solo 40 cm (Boudon et al., 1996). Durante la erupción del 8 de mayo de 1991 las cenizas cubrieron un área de 200 km² y llegaron en dirección noroeste hasta una distancia de 14 km del cráter (Fernández et al., 1991).

El mecanismo de la erupción del 8 de mayo de 1991 fue por la interacción entre un cuerpo magmático somero, el lago cratérico, y el sistema hidrotermal activo (Boudon et al., 1996), probablemente por la oscilación del magma dentro del conducto de emisión con la cual se calentó el acuífero superficial. Al interactuar el agua con los gases calientes se produjo la explosión freatomagmática. Generó corrientes de barro hacia la vertiente norte. Por la fuerza de la erupción el agua fue empujada hacia arriba y se derramó por el flanco norte, junto con el sedimento que fue expulsado. En su recorrido por la ladera del volcán, arrastró materiales que aumentaron el volumen de la masa. El nivel de los lahares en el puente del Río Azul superó los 8 m de altura sobre el alcance original, a una velocidad de descenso estimada en 50 km/h. En el Río Pénjamo, cerca de su puente sobre el

camino hacia la región de Buenos Aires, el lahar alcanzó 20 m de altura, rebalsando el cauce aproximadamente 75 m a ambos lados. A resultas, los puentes sobre los ríos Azul y Pénjamo fueron destruidos, ver Fotografía No. 5.1.67. El tirante máximo medido de los lahares fue de 15 m, y avanzaron ~11 km desde su nacimiento en el volcán. En la base del macizo (flanco norte) quedó una extensa zona arrasada por la avalancha, comprendida entre la quebrada Azufrosa y el río Pénjamo, cerca de 1 km de ancho.

74 Fotografía No. 5.1.67 Lahares en los ríos Azul (izquierda) y Pénjamo (derecha), con los puentes arrasados, el 8 de mayo de 1991 (Fotos de archivos del ICE).



La actividad posterior a la erupción del 8 de mayo se restringe a temblores menores, emisión de pequeños penachos de ceniza (el 10 y 19 de diciembre de 1991), fuertes salidas de gases y posibles lahares el 13 de enero de 1992, puesto que se detectaron tibias y sulfurosas las aguas río Azul (Paniagua et al., 1996).

La erupción de noviembre de 1995

En noviembre de 1995 hubo fuertes erupciones de gases, bombas y bloques, con diferentes ángulos, y oleadas rasantes de cenizas y vapor, con la subsecuente generación de lahares en los ríos Azul y Pénjamo y quebrada Azufrada.

El 6 de noviembre a las 15:04 se inició una erupción y a las 19:44 se dio otro evento eruptivo. Una secuencia rítmica de explosiones se dio a lo largo de los días 7 y 8. Según observaciones aéreas en la mañana del día 8, en la Figura No. 5.1.57, las explosiones eran freatomagmáticas, con eyección de vapor y rocas con diferentes ángulos balísticos y oleadas rasantes, producto de la interacción entre el sistema de agua de la laguna, el agua subterránea y un cuerpo magmático en enfriamiento a poca profundidad. Las primeras explosiones del día 6 probablemente fueron de carácter frático. Las más grandes se registraron el día 7 a las 13:34, cuya columna de cenizas y vapor se estima se elevó unos 4 km encima del cráter, y el día 8 a las 9:54. Las columnas piroclásticas observadas durante un sobresuelo del día 8, Fotografía No. 5.1.68, se elevaban entre unos 500 y 1000 m sobre el cráter, y el vapor de agua y gases fueron eyectados hasta unos 2 ó 3 km sobre él (Boudon et al., 1997b). El día 9, la actividad cambió a un comportamiento netamente fumarólico de alta intensidad, desde todo el interior del

cráter, levantando columnas de vapor de unos 200 a 300 m antes de ser barridos por el viento. Asimismo, numerosos eventos de explosiones de vapor se suscitaron durante ese día, que levantaron la columna de vapor de ~1,5 km sobre el cráter.

75 Fotografía No. 5.1.68 Columna de vapor de agua y gases (y menormente piroclastos) eyectados hasta unos 2 ó 3 km sobre el cráter, observadas durante un sobrevuelo del día 8 de noviembre de 1995.



El área total afectada fue de ~350 km². Con un radio ≤ 1 km del cráter, hubo bombardeo por bloques y ceniza, hacia la vertiente norte, que da a las nacientes de los ríos Pénjamo y Azul, y múltiples quebradas tributarias de estos dos ríos. En la cúspide se encontraron espesores de cenizas que variaban desde los 2 mm a 2,5 cm. Caída de bloques, dentro del área hasta distancias de 600 m del borde del cráter fueron reportadas, con cráteres de impacto ≤ 2 m de diámetro por 0,5 m de profundidad. Se realizó un análisis químico de los productos juveniles emitidos (bomba corteza de pan con matriz oscura vítrea lustrosa), cuyo contenido de sílice y química en general concuerdan con los productos emitidos recientemente del cráter Activo (cf. Carr et al., 1986).

En un área que se extiende al oeste-suroeste, se dio la dispersión de cenizas finas y gases barridos por los vientos predominantes, donde las cenizas finas recorrieron distancias máximas de 70 km. Simulaciones realizadas por Campos (1997) para esta erupción, sugieren que concentraciones de ceniza en el aire, de 10-100 $\mu\text{g m}^{-3}$ son posibles a alturas de 6-11 km, unos 2000 km al oeste, tres días después de la erupción.

El flanco norte (distancia ≤ 11 km) fue afectado por corrientes lodosas y lahares calientes que inhabilitaron el puente sobre el río Pénjamo, ver Fotografía No. 5.1.69, y socavaron profundamente el vado sobre la quebrada Azufrada, que

comunica hacia el asentamiento Agroindustrial Sur. La velocidad de los lahares fue calculada entre 23,6 y 94,3 km h⁻¹ (promedio de 50,1 km h⁻¹; Soto et al., 2003b). El tiempo que tomaron para viajar los 11 km desde el momento de la erupción hasta el momento de arribo al puente, tuvo un rango de 7 a 28 minutos, con un promedio de 16 minutos.

76 Fotografía No. 5.1.69 Depósitos de los lahares de noviembre de 1995 en el río Pénjamo (Fotografía de Guillermo Alvarado).



La erupción de febrero de 1998

El lunes 16 de febrero de 1998 hizo otra erupción el Rincón de la Vieja. Los reportes sismológicos dicen que una actividad sísmica anómala se inició ese día en la tarde, mientras que los visuales hablan de una erupción en la madrugada del día 16 y el mayor ese día a las 5:14 a.m. Esta generó un lahar tibio que se distribuyó por los ríos Pénjamo, Azul y Azufrosa, en el flanco norte del volcán. Durante el resto del día, solo hubo frecuentes erupciones de vapor con muy poca ceniza blancuzca, cuyos penachos se elevaron unos 300 m sobre el cráter. La última erupción con ceniza ocurrió el martes 17 a las 10:20 a.m., con una altura estimada de la columna en ~1000 m, luego se mantenía una intensa actividad fumarólica en el interior del cráter, que impedía observar su interior. No hubo daños materiales ni personales, sólo la muerte de peces.

Las áreas de impacto por los productos emitidos durante las erupciones fueron por bombardeo de bloques, cerca del cráter, hasta un radio máximo de 300 m. El lodo expulsado formó, al caer, un depósito gris claro, de 6 cm de espesor en el borde sur del cráter. Los ríos fueron afectados hacia el lado norte hasta unos 5 km. Un área pequeña, con un eje dirigido hacia el W-WSW, fue afectada por las cenizas finas barridas por los vientos. La ceniza se detectó hasta 3 km en ese eje, y formó lapilli acrecional submilimétrico.

Las erupciones fueron fráticas, sin aporte de nuevo magma. El tamaño de la erupción de 1998, con base en el material emitido, es al menos dos órdenes inferior a la de 1995. Aparte de que la erupción fue pequeña, la poca cantidad de agua y lodo presentes en el cráter, y en el hecho de ser una estación bastante seca, incidieron para que los lahares fueran menores.

La erupción de 2011-2012

Desde 1998 hasta setiembre del 2011 no hubo erupciones. Entre esa fecha y fines del 2012 se han sucedido varios periodos de erupciones fráticas, con emisión de barro y agua de la laguna termomineral hasta alturas de varios centenares de metros, que caen en la periferia del cráter y en algunos casos alimentan con lodo las pendientes hacia el sector norte y las cabeceras de los ríos en esa dirección. Es posible que esas emisiones continúen por meses.

Por lo menos desde el 15 de agosto de 2011 ya se podía observar burbujeo intenso en la laguna del cráter, y para el 4 de setiembre continuaba el burbujeo, mientras que el nivel de la laguna ha ascendido hasta unos 30 m del borde del cráter, respecto a meses antes. Hay un reporte de erupción el sábado 10 de setiembre de 2011, aunque por el registro sísmico, se dieron desde el día anterior, viernes 9.

Hubo otra erupción el día viernes 16 de setiembre a la 1:29 p.m. La columna de gases y ceniza alcanzó entre 750-900 m sobre el cráter activo. Material lodoso gris expulsado fue arrastrado hacia las quebradas Azufrada y Zanjonuda y en menor cantidad por el Río Pénjamo, provocando la muerte de peces y en donde se divisó un delgado depósito de sedimentos grisáceos. El agua estaba caliente, según los vecinos, por unos minutos al bajar.

En la noche del 21 de setiembre y a las 11:30 de la mañana del día 22 de setiembre los vecinos de Buenos Aires y El Gavilán de Upala, reportaron una erupción que dejó depósitos en la ladera norte del volcán. Continuaron las erupciones los días 22, 23, 24 y 25 de setiembre, pero las de mayor magnitud ocurrieron el día 23 entre las 12:00 y 14:45 p.m. El material lodoso gris ha sido visible en fotografías del día 26 a mediodía, ver Fotografía No. 5.1.70.

Durante la primera semana de octubre del 2011(entre el 1 y 5), posterior a las erupciones, se registró un enjambre volcánico-tectónico con epicentros exactamente bajo el volcán, con profundidades entre 0 y 8 km bajo el nivel del mar. Luego, el día 9 de octubre, apareció señal de tremor que prevaleció hasta noviembre de manera notoria.

Erupciones menores han sido detectadas por los registros sísmológicos desde fines de setiembre del 2011 hasta diciembre del 2012, así como una sismicidad relativamente intensa, relacionada con movimientos de fluidos en el sistema hidrotermal y en las cercanías del conducto volcánico. Ha habido ocasionales

reportes de los vecinos sobre “retumbos”, que es posible sismicidad somera con ondas sónicas.

En febrero del 2012 ocurrieron dos erupciones confirmadas instrumentalmente, una el día 19 a las 00:16 y la otra el día 20 a las 00:46 horas. El 23 de febrero, entre las 4:00 y las 4:30 a.m., hubo reportes de una erupción, pero con base en la información sismológica no se observó ningún tipo de registro que indicara su ocurrencia. Una erupción fue vista y además registrada instrumentalmente el día 14 de abril del 2012, ver Fotografía No. 5.1.71.

En el interior del cráter se registra una intensa actividad fumarólica y actividad de burbujeos freáticos de mayor o menor envergadura, que levantan material lodos hasta unos metros de altura (reportes escritos de la Red Sismológica Nacional aparecidos en (<http://www.rsn.ucr.ac.cr>)).

El Terremoto de Sámara del 5 de setiembre del 2012 no disparó ninguna actividad trascendente al menos hasta enero del 2013. La comparación de imágenes térmicas de fines de setiembre con las de abril del 2012 revelaba un leve aumento en la temperatura del lago (48,7 °C en los sectores donde hay celdas convectivas, pH de 0), mientras que el campo fumarólico localizado en la pared interna oeste del cráter activo permanecía igual. La temperatura máxima alcanzada en el campo de fumarolas rondaba los 170 °C, similar a las de abril del 2012 (Mora-Amador et al., 2012). Hubo algunos cambios en la permeabilidad y afectación de los sistemas acuíferos en el área de Las Lilas, en una naciente que alimenta a la población, situada 12,5 km al oeste del cráter activo del Rincón de la Vieja. Minutos después del sismo el agua de la naciente se tornó de un color lechoso, y un día después había retornado a su color original. El área coincide con la de un intenso cambio en el patrón de sismicidad posterior al terremoto, en todo el sector occidental del Rincón de la Vieja y entre este y el volcán Cacao, pero los niveles de sismicidad bajaron pocas semanas después del terremoto (Mora et al., 2012).

77 Fotografía No. 5.1.70 y No. 5.1.71 Vistas del cono del cráter Activo del Rincón de la Vieja desde el norte, mostrando los depósitos de las erupciones freáticas (en gris claro a lo largo de los cauces que bajan del borde del cráter). A la izquierda foto del 26 de setiembre del 2011 (cortesía de Gerardo Quesada) y a la derecha, del 14 de abril del 2012 (cortesía de Anabelle Córdoba).



5.1.6.3.5 Actividad futura

En general, las erupciones individuales del Rincón de la Vieja han perdurado desde pocas horas hasta una o dos semanas, o bien, han permanecido periódicamente a lo largo de lapsos de varios meses a años, como en 1966-70, 1991-92 y el actual periodo de 2011-2012. Algunas de ellas incluso, se agrupan en lapsos de 5 a 7 años.

Un breve análisis de su registro histórico (150 años de registro más o menos confiable), en el Cuadro No. 5.1.25 y la Figura No. 5.1.58, muestra que se han producido al menos 11 erupciones significativas desde 1863 (si excluimos la dudosa de 1765).

Antes de 1863 no hay erupciones bien establecidas con su fecha, pero parece lógico asumir algunas pequeñas erupciones, al menos desde los reportes de 1854 descritos. Con esto, se podrían agrupar en 7 periodos de eruptividad: 1854?-63, 1912, 1922, 1966-70, 1983-87, 1991-98 y 2011-?. Por supuesto, debemos tener en cuenta de que la completitud del registro no es la óptima, en particular antes de los años sesentas del siglo XX. Estadísticamente es aventurado, pero podemos hipotetizar –al menos con las observaciones más completas de los últimos 50 años- que los periodos máximos de quietud entre erupciones pequeñas a medianas son de 10-15 años, y es común el agrupamiento de erupciones pequeñas frecuentes en lapsos de 2-4 años. El caso de la erupción de 1991 y ese período eruptivo que se extiende hasta 1998, parece anómalo. Es posible que la erupción de 1991 haya sido disparada por el Terremoto de Limón del 22 de abril, 15 días antes de la primera erupción del Rincón en ese período (cf. Soto et al., 2003b).

Parece ser que los periodos mencionados se iniciaban con erupciones freáticas, seguidas por erupciones freatomagmáticas, y al final del período, erupciones netamente freáticas, para empezar un período de quietud. Es posible que pequeños cuerpos de magma suban hasta una cámara somera y sean evacuados en un período eruptivo, hasta que suba uno nuevo. Se podría estimar un pronóstico tentativo de erupción importante de aquí al año 2050, ver Cuadro No. 5.1.26, eventualmente interrumpido por pequeños eventos, en particular si ocurriera un sismo regional de gran magnitud (aunque el del 5 de setiembre del 2012 no parece haber causado efectos inmediatos evidentes, como se ha expuesto supra). A modo de comparación, existe una proyección de erupción del Rincón de la Vieja para el año 2021, según Trombley (2003).

Los escenarios máximos en el corto plazo (décadas) serían erupciones vulcanianas similares a la de 1966-70, los escenarios máximos posibles al mediano plazo (pluridécadas a siglos) serían erupciones estrombolianas a vulcanianas fuertes, y los escenarios máximos al largo plazo (siglos a milenios) serían erupciones subplinianas, similares a la de hace 3770 años.

37 Cuadro No. 5.1.26 Lapsos intereruptivos históricos del volcán Rincón de la Vieja (reformada de Soto et al., 2003b).

Año de la erupción	Período desde la anterior erupción (años)
1765?	¿?
1863	98?
1912	49
1922	10
1966-70	44
1983-87	13
1991-98	4
2011-12	13,5
2050??	38

5.1.6.3.6 .El peligro volcánico

Las erupciones volcánicas varían ampliamente en tipo, magnitud y duración, de un volcán a otro, y en un mismo volcán durante períodos breves o largos. La frecuencia de las erupciones también varía desde volcanes que mantienen una actividad eruptiva periódica por decenas a miles de años, como el Rincón de la Vieja, mientras que otros se activan solamente durante intervalos de cientos a miles de años, como el Tenorio o Miravalles. A continuación se exponen los diferentes tipos de peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja, ver Fotografía No. 5.1.72, al final.

Gases volcánicos y lluvia ácida

Los gases volcánicos y componentes volátiles contenidos en el magma son expelidos de fumarolas y cráteres. Los componentes venenosos de los gases emitidos pueden causar daño a los seres vivos, particularmente el dióxido de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y dióxido de carbono (CO₂), que son muy dañinos y tienen el potencial de causar la muerte o daños graves a muchas personas, animales y plantas en un corto período de tiempo.

En las fotografías aéreas se aprecia como un área de color blanco, debido a la ausencia de vegetación en la zona (la llamada “Zona de la los Peladeros o de Muerte”, ver Fotografía No. 5.1.72 cubierta por pastos y pequeños arbustos donde resalta el nance. Su alcance máximo es de 8 km en la actualidad, aunque se desconoce sus efectos ante una actividad eruptiva mayor o más prolongada, aunque debe mencionarse que fue ensanchada durante las erupciones de 1966-70, según se observa en las fotos aéreas pre y posteruptivas. Durante las erupciones recientes, los fuertes olores a gases han sido detectados en Cañas Dulces, a 20 km al suroeste del cráter Activo.

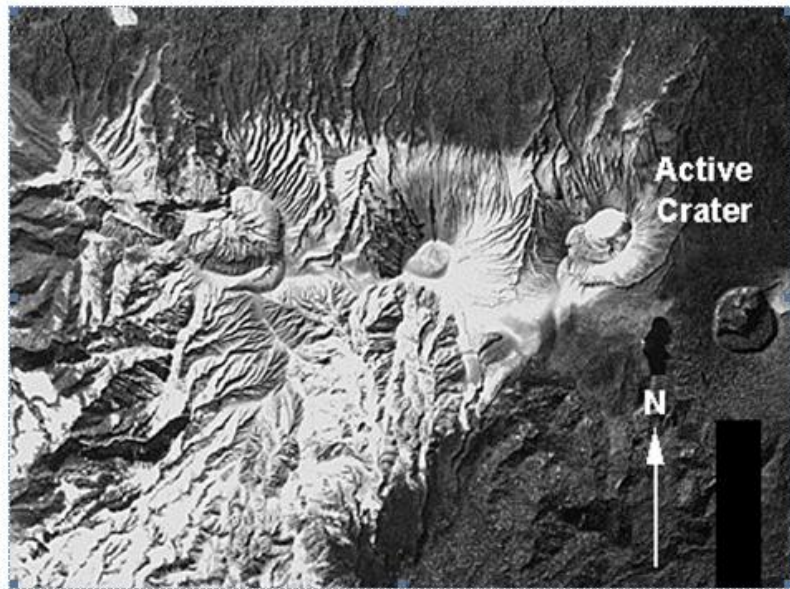
Dentro de los efectos, más que un peligro, los gases una vez que son precipitados por la lluvia (la denominada lluvia ácida), representan un riesgo para las obras

ingenieriles de concreto y metálicas. La lluvia ácida se refiere a cualquier precipitación que tenga pH menor que el de la lluvia normal ($\text{pH} < 5,6$). La precipitación ácida se forma a través de una serie de reacciones complejas en la que participan sulfatos, cloruros y fluoruros principalmente, formando ácidos como sulfúrico, clorhídrico y carbónico.

Los efectos de la lluvia ácida pueden ser dañinos para la vida animal y vegetal, corrosivos en las estructuras expuestas, puede acelerar la lixiviación de nutrientes del follaje de los árboles y del suelo forestal y en el ser humano pueden producirse molestias en la piel, ojos y tracto respiratorio.

En Costa Rica, los vientos con alturas superiores a los 3000 m soplan predominantemente desde el este durante todo el año. En la vertiente del Pacífico, en alturas inferiores se dan algunas variaciones en la época lluviosa (temporales del Pacífico), donde a nivel y por encima del cráter del Rincón de la Vieja, el viento proviene del suroeste, oeste y noroeste por varios días consecutivos. Lo anterior es el principal motivo que hace que los productos de las actividades exhalativas (erupciones volcánicas), menores a 4 km de altura, sean arrastradas por el viento hacia el oeste en cualquier época del año (Zárate, 1988; Paniagua & Soto, 1986).

78 Fotografía No. 5.1.72 “Zona de los Peladeros o de la Muerte” al oeste y WSW del cráter Activo del Rincón de la Vieja (Foto aérea del Instituto Geográfico Nacional).



Proyectiles balísticos

Al ocurrir una explosión en el cráter, las bombas volcánicas y fragmentos de roca son lanzados a alta velocidad que siguen una trayectoria balística hasta caer en la superficie. En el Rincón de la Vieja, bloques prehistóricos de más de un metro de

diámetro se han observado a 1 km del borde del cráter activo del Rincón y de 5 cm hasta 8 km. Las explosiones históricas más fuertes lanzaron bombas y bloques que han caído hasta 800 m del borde del cráter. No obstante, se considera de una manera razonable, que un radio de 2 km es alcanzable por elementos balísticos bajo erupciones de tamaño mediano.

Piroclastos de caída (pómez, ceniza)

Los piroclastos son erupcidos desde el cráter en una columna donde las partículas de mayor tamaño y densidad caen cerca del volcán y las más pequeñas y livianas pueden ser transportadas por el viento. En una erupción de pequeña escala, la columna eruptiva se eleva a una altura de algunos kilómetros, mientras que una erupción de gran escala, acarrea las partículas hasta la estratosfera. Entre sus efectos también se registran la destrucción de bosques (el caso del flanco WSW del Rincón, conocido como la “Zona de los Peladeros o de la Muerte”, ver Fotografía No. 5.1.72 y sembradíos, contaminación del agua potable e incluso interrupción de su abastecimiento, dificulta la respiración e irrita los ojos en los seres vivos y afecta también generadores eléctricos, sistemas de comunicación y desgasta los motores de los aviones.

Solo uno de los eventos volcánicos del Rincón parece estar representado por una fuerte erupción explosiva tipo subpliniano (hace 3770 años). Usualmente, las erupciones freáticas prehistóricas generaron depósitos barrosos de más de 0,5 m de espesor a 0,5 km del cráter y las vulcanianas y estrombolianas, solo unos mm de ceniza a varios kilómetros de distancia. El viento dominante en la mayor parte del año lleva sus productos hacia el WSW del cráter Activo, compárense las Figuras No. 5.1.49 y No. 5.1.54, por lo que poblados y regiones en esa dirección sufrirán sus efectos, dependiendo de la magnitud del evento. Tales patrones son bien confirmados en una simulación que se hizo para la dispersión de la ceniza de la erupción de noviembre de 1995 (Campos, 1997), aplicable a los eventos futuros.

Coladas de lava

Son derrames que se producen cuando la lava eruptada del cráter o aberturas en los flancos de un volcán fluye hacia abajo como un fluido relativamente viscoso movido por la fuerza de gravedad. Donde pasa el flujo de lava, la tierra agrícola, el bosque y las casas son sepultadas y quemadas. Prehistóricamente, la mayor parte de las coladas de lavas se distribuyen radialmente a partir de los conos volcánicos del Rincón. De ellas, las más antiguas son a su vez la de mayor longitud y volumen de material emitido. La colada de lava de mayor extensión es la llamada Mata de Caña, que se extiende hacia el oeste del volcán. Esta posee una longitud de aproximadamente 16 km, un ancho de 2,5 km a 3 km máximo. Sin embargo, esta colada es bastante antigua, por lo que son más representativas aquellas de morfología más joven y bien preservada. Por ello, las coladas de lava morfológicamente más jóvenes se han observado principalmente al sur de la cima, pero son de poca extensión (unos 3 km), y parecen haber sido eruptadas del cono

Von Seebach localizado hacia el norte de ese punto observado, esto es, las lavas fluyeron de norte a sur.. Estas tienen edad es cercana a 4000 años. Otras lavas de aspecto reciente se observan entre los ríos Pénjamo y Blanco, en el flanco norte del volcán, hasta una distancia de 8,5 km del cráter activo, pero son de una edad mayor.

Si una colada de lava fuera emitida del Cráter Activo, la amenaza podría ser limitada al norte, pendiente abajo del cráter, debido a que la apertura del cráter hacia este lado, favorecería su flujo, mientras que hacia la periferia sur, existen barreras topográficas que impedirían un flujo expedito. El peligro por lavas en este volcán es bajo, pero su posibilidad de emisión en el futuro no debe descartarse, incluso procedente de algún foco satelital nuevo en alguno de sus flancos.

Flujos y oleadas piroclásticas

Los flujos piroclásticos de mayor importancia dentro del contexto del presente estudio son los procedentes del cráter Activo, por lo que son mostrados en el mapa de peligros, en la Figura No. 5.1.58, asumiendo las condiciones topográficas actuales y con base en su distribución pasada. El peligro para estos productos están restringidos a las partes cuspidales y valles del volcán, y su ubicación está controlada por la inclinación de la pendiente del cráter Activo, sobre todo en sus flancos norte y sur. En el sector norte del macizo, cerca de las márgenes de los ríos Azul y Pénjamo, se han encontrado depósitos de flujos piroclásticos con una edad de 1520 años.

Las oleadas piroclásticas son corrientes turbulentas de baja concentración y densidad, fluidizadas, donde la fase continua entre las partículas es gas. Suelen acompañar a los flujos piroclásticos. Se han observado depósitos de oleadas piroclásticas en la periferia del cráter activo hasta cerca de 1 km, y se observaron durante las erupciones de 1995 y 1998, pero al fluir sobre la ladera de alta pendiente y mezclarse con agua, fueron rápidamente convertidos a flujos de lodo (lahares).

Las corroboraciones de campo de eventos pasados muestran que los caminos preferenciales fueron hacia el sector norte, en particular los ríos Azul y Pénjamo, hasta unos 10 km de distancia del cráter hasta donde se encontrarían con el río Cucaracho, y probablemente se conviertan en flujos de lodo, que continuarían su camino por ese cauce. Hacia este sector norte, además, la morfología del cráter permite una canalización más eficaz, debido a que no presenta barreras topográficas de ningún tipo. Por el contrario, hacia el sector sur, las barreras topográficas son más abundantes, y los valles de encauzamiento principal serían los ríos Colorado y Blanco, aunque las probabilidades son mucho más bajas.

Deslizamiento volcánico (debris avalanche)

Es el colapso de un sector del edificio volcánico, debido a la presión interna de gases y magma, terremotos u otros factores. Los colapsos de montañas no

ocurren muy frecuentemente pero son acompañados por destrucción a gran escala. La principal área de deslizamiento antiguo se halla en la ladera sur del Complejo Rincón de la Vieja, entre el Cono Von Seebach y el cráter Antiguo del Rincón. Su flujo se desplazó hacia el sur-suroeste alcanzando los sectores aledaños al Cerro San Vicente, Sitio Varillales y Sitio Cabuyal. Su longitud es de aproximadamente 15 km, sobre el que se ubican hoy día los cauces de los ríos Colorado, Blanco y Quebrada Agria. El depósito por él dejado, ha sido mapeado en su frente septentrional por Barahona et al. (2001) y nominado Debris Avalanche Rincón de la Vieja. Las instalaciones del Parque Nacional Volcán de La Vieja, están dentro de esta zona de deslizamiento. Su edad es prehistórica y es anterior a las coladas de lava que la sobreyacen, otros pequeños deslizamientos y remoción en masa han sido identificados al oeste del Cráter sin nombre en la parte cuspidal del macizo y hacia e NNE del volcán Santa María. Por las características morfológicas, la inestabilidad por alteración hidrotermal y las recurrentes erupciones, el flanco norte del cráter Activo es el que parece más susceptible de colapsar y producir un debris avalanche, o bien lahares de gran volumen, lo cual había ya sido señalado por Paniagua et al. (1996) y Kempter (1997). De hecho, al haber colapsado ya parte del flanco sur, las posibilidades de que vuelva a colapsar son muy bajas, y más bien el lado norte parece el candidato a hacerlo. En general, dada la perspectiva temporal señalada por Alvarado & Vega (2002) de una avalancha en un volcán cada $3-6 \times 10^3$ años, torna la probabilidad futura de grandes deslizamientos como baja.

Flujos de lodo (lahares)

Los flujos de lodo o lahares son extremadamente destructivos y han causado muchos desastres. Un flujo de lodo y de detritos es generado en muchos casos por material volcánico mezclado con agua proveniente de un lago cratérico, cobertura de nieve o lluvia torrencial. El Rincón de la Vieja ha generado periódicamente lahares de tipo caliente en los ríos Pénjamo, Azul y la quebrada Azufrosa, todos en el flanco norte del volcán, según se describió en las erupciones de la segunda mitad del siglo XX.

La probabilidad de futuros lahares es alta para las poblaciones en el área norte. En el flanco sur, la amenaza es moderada y puede ser afectada a consecuencias de grandes erupciones estrombolianas o plinianas asociadas con un régimen de lluvias intensas, especialmente en los ríos Salitral, Tizate, Blanco (Quebrada Zanja Tapada y Agria) y el Colorado. El posible colapso de la pared norte del cráter Activo podría generar lahares de gran volumen.

Movimientos sísmicos

Los sismos que acompañan a las actividades volcánicas son generalmente menores en escala que los no volcánicos, sin embargo, pueden causar daños considerables en el área mesosísmica, que en este caso probablemente esté supeditado a unos 10 km de radio del cráter Activo. Pueden ocurrir antes, durante o después de una erupción volcánica. En el Rincón de la Vieja se han registrado

pequeños sismos volcano-tectónicos, pero los sismos mayores históricos han estado asociados con fallas activas, como la de Bagaces (Montero & Alvarado, 1988).

Formación de nuevos cráteres o conos

A lo largo de sistemas de debilidad cortical profunda (por ejemplo fallas) existe la posibilidad de formación de nuevos cráteres, conos piroclásticos, domos, derrames de lava y eventualmente grandes volcanes. En el Rincón de la Vieja, una zona con orientación NW-SE en la cima del complejo volcánico tiene una longitud de unos 10 km y un ancho de 1,5 km aproximadamente, en donde están situados los aparatos volcánicos menos erosionados y más jóvenes. Considerando su migración magmática hacia el SE, podría ocurrir en un futuro a mediano o largo plazo (decenas, cientos o miles de años).

Peligros volcánicos y medidas de mitigación ante ellos

Como se ha expuesto supra, los escenarios máximos en el corto plazo (décadas) serían erupciones vulcanianas similares a la de 1966-70, los escenarios máximos posibles al mediano plazo (pluridécadas a siglos) serían erupciones estrombolianas a vulcanianas fuertes, y los escenarios máximos al largo plazo (siglos a milenios) serían erupciones subplinianas, similares a la de hace 3770 años.

Los diferentes tipos de peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja que podrían afectar al PGB se sintetizan en los Cuadro No. 5.1.27 – No. 5.1.28 y la Figura No. 5.1.58, en el entendido que los escenarios de corto plazo son erupciones freáticas a freatomagmáticas, cuyo escenario máximo sería una erupción vulcaniana similar a la de 1966-70, y el largo plazo, cuyo escenario sería una erupción estromboliana-vulcaniana fuerte hasta subpliniana. El Cuadro No. 5.1.28 sintetiza los efectos provocados por la caída de ceniza en los sistemas de energía eléctrica del PG Borinquen, así como sus posibles soluciones.

38 Cuadro No. 5.1.27 Peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja que podrían afectar al PGB, problemas específicos y medidas a tomar.

Peligro	Área afectable más probable	Recurrencia (plazo)	Amenaza al PGB	Problema originado etapa construcción	Posibles soluciones	Problema originado etapa operación	Posibles soluciones
Gases y lluvia ácida	Sector W y SW	Corto	Baja a mediana	Corrosión material metálico	Uso materiales y pinturas anticorrosivos	Corrosión material metálico	Uso materiales y pinturas anticorrosivos. Protocolo de revisión y sustitución de componentes corroíbles.
Proyectiles balísticos	2-5 km de radio alrededor cráter activo	Corto	Muy baja	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Cese de operaciones constructivas en esa área	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Diseño de infraestructura sector extremo oriental contra bloques balísticos centimétricos.
		Largo	Baja	Improbable	Cese de operaciones constructivas en esa área	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Diseño de infraestructura sector extremo oriental contra bloques balísticos centimétricos.
Piroclastos de caída	Sector W y SW	Corto	Baja a mediana	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2
		Largo	Mediana a alta	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2
Flujos y oleadas piroclásticas	Sector norte	Corto	Fuera de área	--	--	--	--
	Sectores S, SW,	Largo	Baja a mediana	Daños altos a totales en	Desalojo.	Daños altos a totales en zonas	Desalojo.

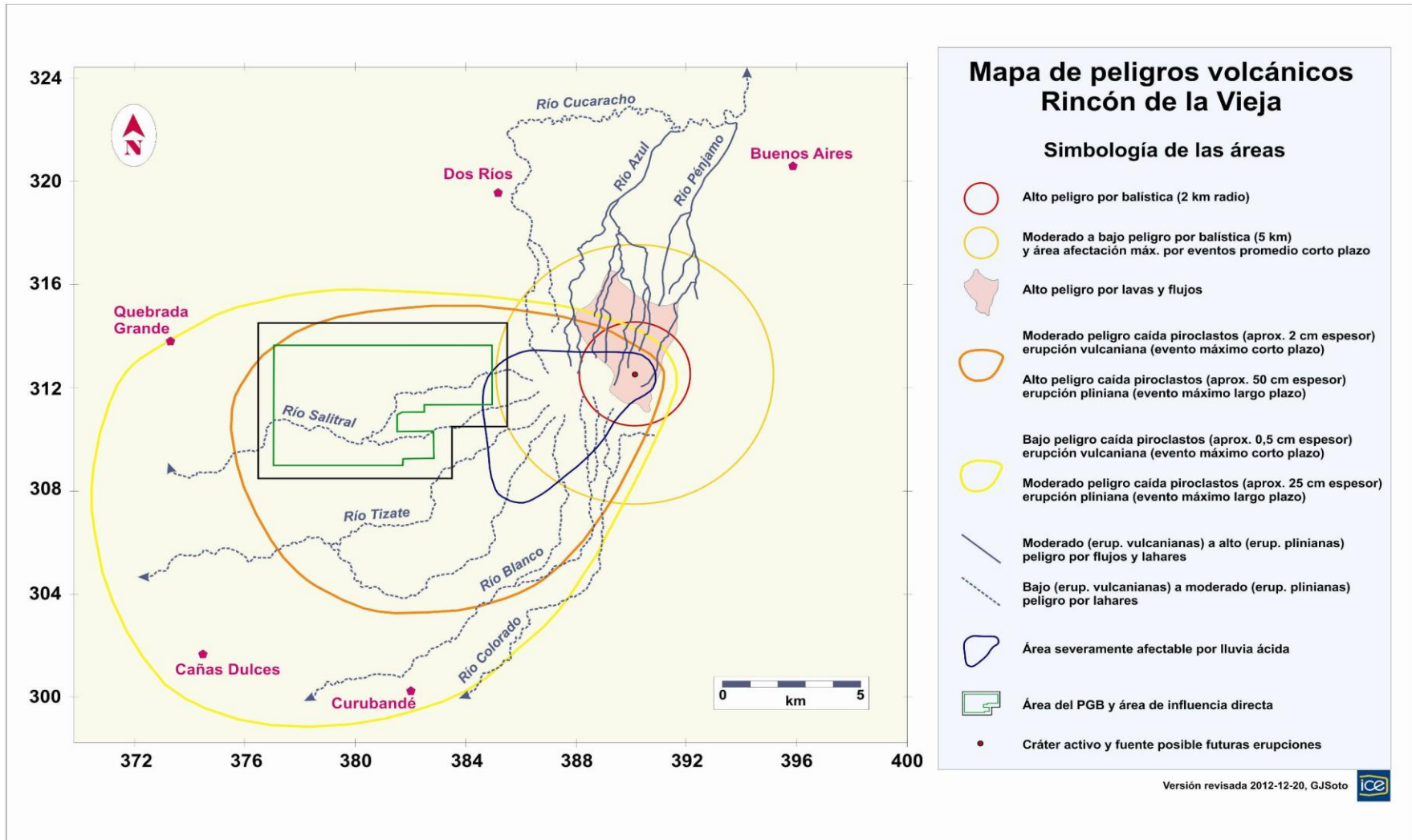
	NW			zonas bajas. Retraso en proceso constructivo.		bajas. Retraso en proceso productivo.	
Lavas	Sector N y SSW	Largo	Baja	Improbable.	Desalojo.	Improbable.	Desalojo.
Avalancha de detritos	Sector N	Muy largo	Fuera de área	--	--	--	--
	Sector N	Corto	Fuera de área	--	--	--	--
Lahares	Sector S, SW y W	Largo	Baja a mediana	Daños a puentes sobre vías de acceso. Retraso en proceso constructivo.	Reparación de vías, uso de puentes temporales.	Daños a puentes sobre vías de acceso. Retraso en proceso constructivo.	Reparación de vías, uso de puentes temporales.
Sismicidad volcánica intensa	10 km alrededor cima	Corto a largo	Baja a mediana	Daños hasta colapso de estructuras en construcción	Diseños temporales adecuados	Daños a estructuras civiles y componentes metal- mecánicos	Diseños estructurales y metal-mecánicos con base en el estudio de amenaza sísmica (aceleraciones), y cimentación en áreas susceptibles a deslizamiento
Formación nuevos cráteres o conos	Cima NW- SE	Largo	Baja a mediana	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída

39 Cuadro No. 5.1.28 Efectos provocados por la caída de ceniza en los sistemas de energía eléctrica del PG Borinquen (adaptado de Heiken et al., 1995; Wardman et al., 2012).

Etapa	Plazo	Problema	Posibles soluciones
Construcción y operación	Mediano – largo	Gran acumulación de cenizas (más de 15 cm), especialmente si está húmeda, provoca el colapso de techos no reforzados de concreto.	Retirar la ceniza de los techos. Hay que trabajar con cuidado ya que la ceniza humedecida es muy resbaladiza. Retirar la acumulación de cenizas de las proximidades de edificios. Fijar las cenizas para evitar futuras removilizaciones por el viento y disminuir el contenido en polvo del aire.
Construcción y operación	Corto – largo	Vehículos inmovilizados: atasco en los filtros de aire, aceite o combustible. Pérdida de la visibilidad del conductor por la caída de la ceniza o por acumulación de la misma en el parabrisas.	Importante reserva de filtros. Utilizar un sistema de pre-filtro. Cambiar el aceite frecuentemente. No mover el vehículo si no es por razón de emergencia.
Construcción y operación	Mediano – largo	Elevado contenido en polvo volcánico en el aire. Problemas oculares y pulmonares.	Los trabajadores deben llevar máscaras antipartículas. La ceniza debe estabilizarse para evitar que su removilización siga dañando los sistemas.
Operación	Mediano – largo	Acumulación de ceniza seca en los sistemas de distribución, especialmente aisladores.	Limpiar con chorro de aire y cepillos. Vientos superiores a 40 km/h remueven hasta el 95% de la ceniza siempre que esta se mantenga seca.
Operación	Mediano – largo	Acumulación de ceniza húmeda. Las condiciones meteorológicas durante la caída de cenizas gobiernan la adherencia de la ceniza a las superficies y su conductividad eléctrica. Una capa de ceniza de sólo 0,3 - 0,6 mg/cm ² que en la normativa IEEE corresponde a una grave contaminación, producen daños importantes en las líneas de 115 kV. Los aisladores de resina EPOXI resultan especialmente vulnerables.	Una lluvia intensa remueve 2/3 del depósito. Se recomienda el empleo de aisladores de porcelana en toda la zona de posible caída de las cenizas. Hay que limpiar cuidadosamente la ceniza de los transformadores y aisladores de las subestaciones. En ellas es conveniente disponer de un sistema de chorro de aire a presión.
Operación	Mediano – largo	Gran acumulación de cenizas en la grava del parque de maniobras de una subestación provoca una pérdida importante de aislamiento (100 Ohm/m) haciendo muy peligrosa cualquier operación.	Recubrir el suelo con una nueva capa de grava limpia.

Operación	Mediano – largo	Caída de árboles sobre las líneas de alta tensión debido al peso de la ceniza.	Mantener adecuadamente la limpieza del entorno de la línea de alta tensión
Operación	Mediano – largo	Atascos en los filtros de los sistemas de ventilación de las computadoras y sistemas de control.	En zonas de riesgo hay que disponer de un número extra de filtros de aire.
Operación	Mediano – largo	Problemas en los sistemas de aire comprimido	Cambiar frecuentemente los filtros.
Operación	Mediano – largo	Sobrecarga en los ventiladores de los transformadores debido a la acumulación de ceniza.	Limpiar cuidadosamente las palas de los ventiladores. La ceniza húmeda es muy difícil de remover y suele exigir una limpieza a fondo.
Operación	Mediano – largo	Incremento del ruido inducido por la líneas de alta tensión (500 kV) alcanzando valores de 39-48 dB.	No hay remedio.
Operación	Corto – largo	Daños en actuadores hidráulicos, rodamientos, interruptores, etc. Las cenizas volcánicas son muy abrasivas.	Limpiar y lubricar el material expuesto frecuentemente.
Operación	Mediano – largo	La caída de la ceniza provoca oscuridad. El encendido imprevisto y rápido de los sistemas de alumbrado origina un pico en la demanda de energía que sobrecarga el sistema.	Anuncios por radio y TV para que la población ahorre energía.
Operación	Largo	Fuerte erosión en los álabes de las turbinas de los generadores.	En general la caída de cenizas es lo suficientemente excepcional para no plantear un problema.

74 Figura No. 5.1.58 Mapa de peligros volcánicos del Rincón de la Vieja (Susceptibilidad volcánica)



5.1.6.3.7 Conclusiones

La eruptividad del Rincón de la Vieja durante los últimos 4000 años ha sido netamente explosiva. Los estudios tefroestratigráficos documentan dos eventos explosivos de grandes dimensiones, hace unos 3800 y unos 1500 años.

Las mayores erupciones históricas del Rincón de la Vieja han sido vulcanianas, estrombolianas y fráticas procedentes del cráter Activo. Históricamente, la mayor erupción ocurrió entre 1966-70, en particular entre diciembre de 1966 y febrero de 1967, cuando bombas, bloques y cenizas destruyeron la vegetación a más de 2 km del cráter. Erupciones subsiguientes, afectaron áreas más pequeñas, pero todas han generado lahares hacia el lado norte, que varían desde flujos de lodo hasta flujos hiperconcentrados de detritos.

Con base en la volcanalidad del Rincón de la Vieja y la distribución de los productos eruptivos, se ha construido un mapa de peligros volcánicos. Del mapa se desprende que el sector de Borinquen está dentro del área de peligro bajo a alto por caída de piroclastos (dependiendo del tamaño de la erupción y el plazo), pero para erupciones consideradas al corto plazo (décadas), el peligro es bajo a moderado por los efectos de caída de cenizas y lapilli. La lluvia ácida podría igualmente afectar en grado leve, creciendo paulatinamente hasta severo en el extremo este del AP. Ambos fenómenos, cenizas y lluvia ácida, deben de contemplarse como efectos directos en lo que se refiere a corrosión, abrasión de sistemas mecánicos y eléctricos, aún en cantidades menores. Los efectos de la lluvia ácida sobre las estructuras expuestas es un factor que deberá de tomarse en cuenta para proteger la infraestructura, pero no es una limitante mayor para ningún proyecto.

Otros peligros volcánicos a estimar son los lahares en los principales cauces y la sismicidad volcánica intensa. Con base en la distribución de los flujos piroclásticos previos, el peligro es bajo a muy bajo a nulo en el AP. Los detalles se muestran en el Cuadro No. 5.1.28 y el mapa de la Figura No. 5.1.58.

5.1.7 Calidad del aire (química , ruido y vibración)

5.1.7.1 Ruido y vibraciones (niveles de ruido)

5.1.7.1.1 Introducción

El término ruido, se define en el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido como todo “Sonido indeseable o perturbante que afecte psicológicamente o físicamente al ser humano o exceda las limitaciones establecidas en este Reglamento”. Determinar qué es ruido y qué no lo es, es un concepto relativo, esto debido a que existe un límite en el cual, lo que para algunos puede ser molesto, para otros puede ser un simple o incluso agradable

sonido, razón por la cual la legislación define en forma clara cuales son los niveles permitidos en diferentes tipos de zonas.

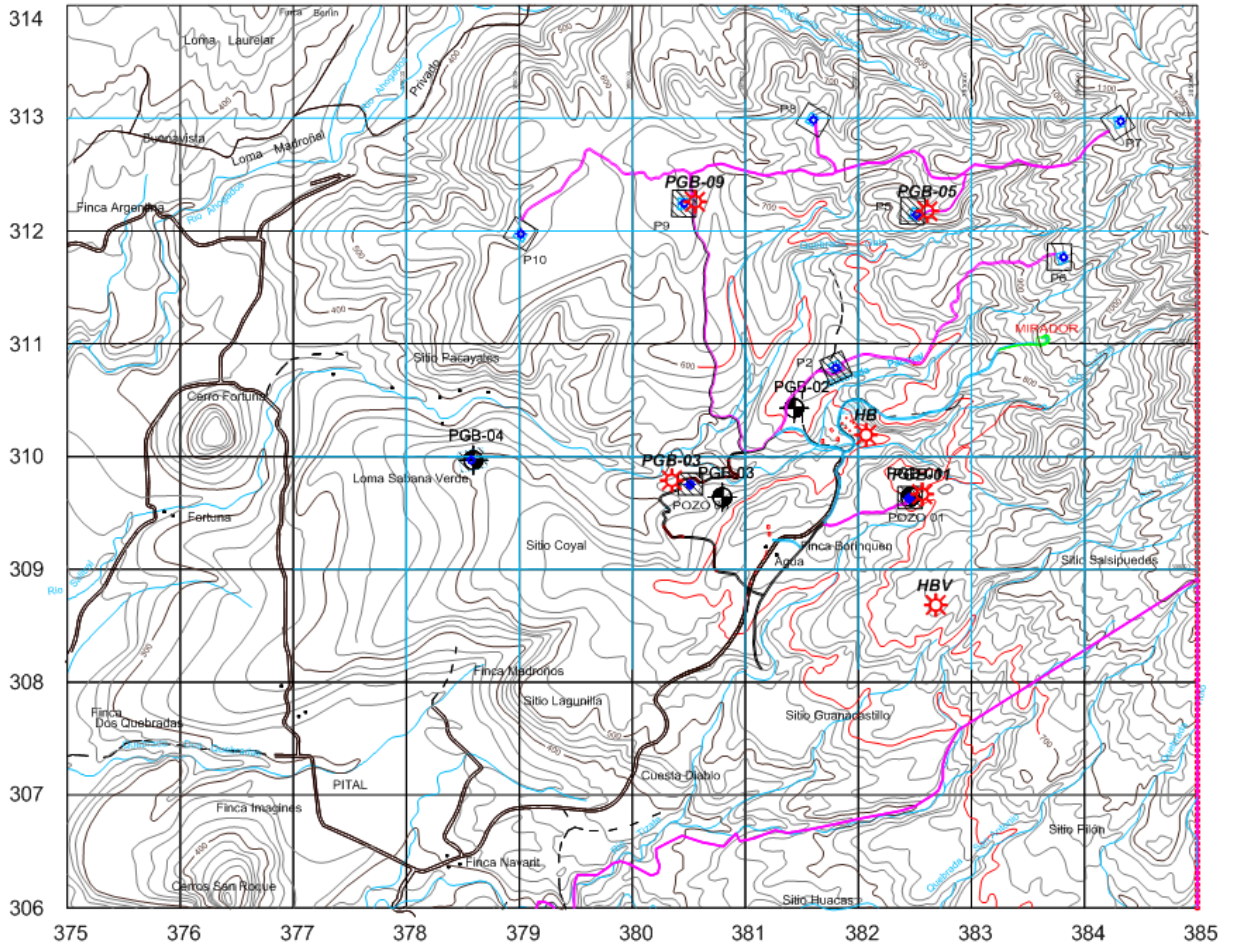
El Reglamento para el control de la contaminación por ruido establece en su artículo 20, los límites de ruido permitidos durante el día y la noche, así como las pautas para determinar los tipos de zona, dependiendo de las actividades desarrolladas. En el caso de Borinquen, debido a que no existe un plan regulador que defina la zonificación existente, de acuerdo con el artículo 4 del reglamento la existencia de actividades turísticas que incluye hoteles, cabañas o casas, hace que la zona deba considerarse urbano—residencial, por lo tanto los límites máximos permitidos donde se ubica el Hotel son de 65 dBA en el día y 45 dBA en la noche.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 5 “Ninguna persona física o jurídica, causará o permitirá la producción o emisión de cualquier ruido en violación de las leyes existentes y el presente Reglamento” con las excepciones contenidas en el artículo 23 que aplican únicamente para el horario de las 6:00 a las 20:00 horas, para sonidos producidos durante la instalación y reparación de servicios públicos esenciales, incluyendo las plantas generadoras de electricidad, subestaciones y equipo de bombeo de agua durante casos de emergencia temporal.

5.1.7.2 Resultado de las mediciones realizadas

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos en las mediciones de ruido realizadas en Borinquen. La Figura No. 5.1.59 muestra la ubicación de los puntos de medición, la zona crítica (indicada con un círculo rojo en el mapa) corresponde al Hotel Borinquen con una categoría de área urbano-residencial.

75 Figura No. 5.1.59 Puntos de control y zona crítica, 45 dB(A) N- 65 dB(A) D.



5.1.7.3 Condiciones naturales – ruido de fondo

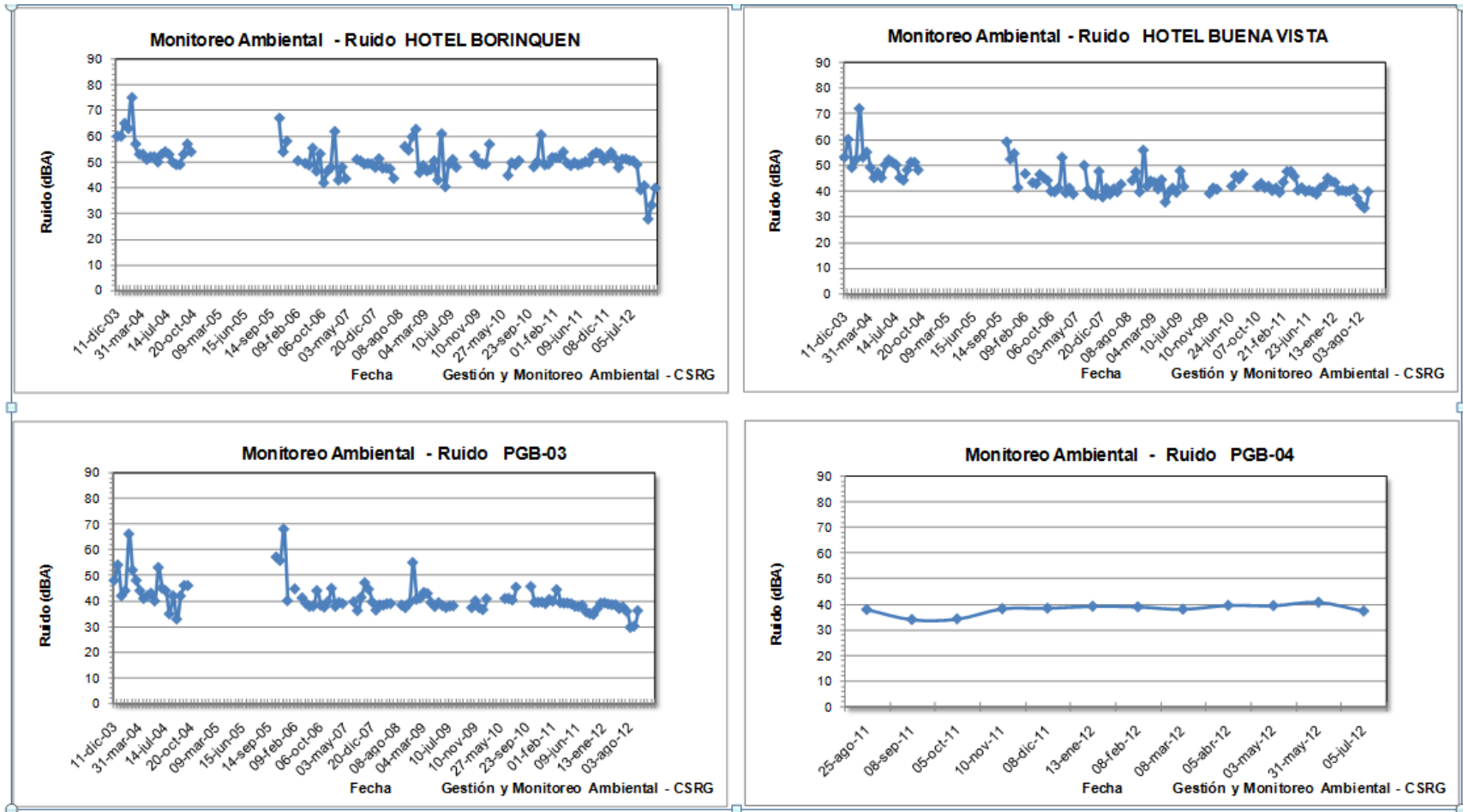
El Cuadro No. 5.1.29 se muestra un resumen de los valores de ruido obtenidos en Borinquen y la Figura No. 5.1.60 los datos históricos, como puede observarse se cuenta con mediciones en cinco puntos dentro del área de influencia en los cuales existe una gran variabilidad. En los Hoteles se miden niveles de hasta 75 dBA, mientras que en sitios como el PGB-05 se obtienen los valores más bajos siendo de tan solo 21 dBA. En el análisis de la información los datos del PGB-04 son significativos ya que este punto se encuentra alejado de toda actividad antropogénica por lo que es un buen indicador de los niveles de ruido de fondo natural.

40 Cuadro No. 5.1.29 Resumen de mediciones de ruido.

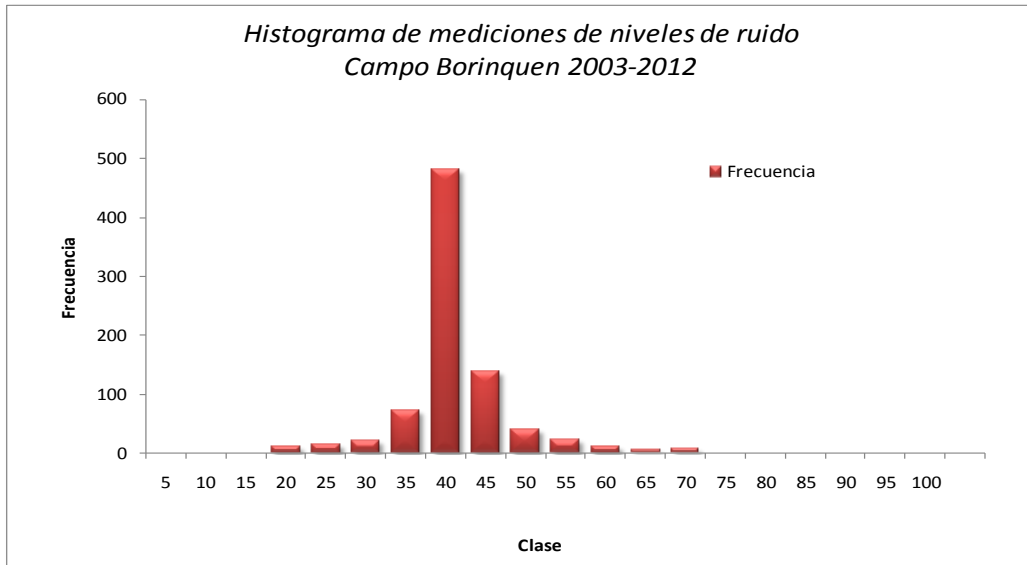
MONITOREO DEL AIRE - BORINQUEN			
	Ruido (dBA)		
Descripción	Mínimo	Máximo	Promedio
Cañas Dulces	29	55	45
Pueblo Buena Vista	36	58	41
Hotel Borinquen	39	75	51
Hotel Buena Vista	33	72	44
PGB-03	30	68	41
PGB-04	34	41	38
PGB-05	21	55	38
PGB-09	22	36	29

El gráfico de la Figura No. 5.1.61, muestra el histograma de los valores de ruido ambiental medidos desde el 2003 a agosto del 2012, sin incluir Cañas Dulces y Buena Vista sitios que se encuentran muy alejados de la zona. Del análisis de los datos se obtiene que el 59% de los valores corresponden a 40 dBA, valor muy cercano al promedio obtenido en el sitio PGB-04, por lo que podría tomarse éste valor como el ruido de fondo existente en la zona.

76 Figura No. 5.1.60 Gráficos de control - niveles de ruido dBA.

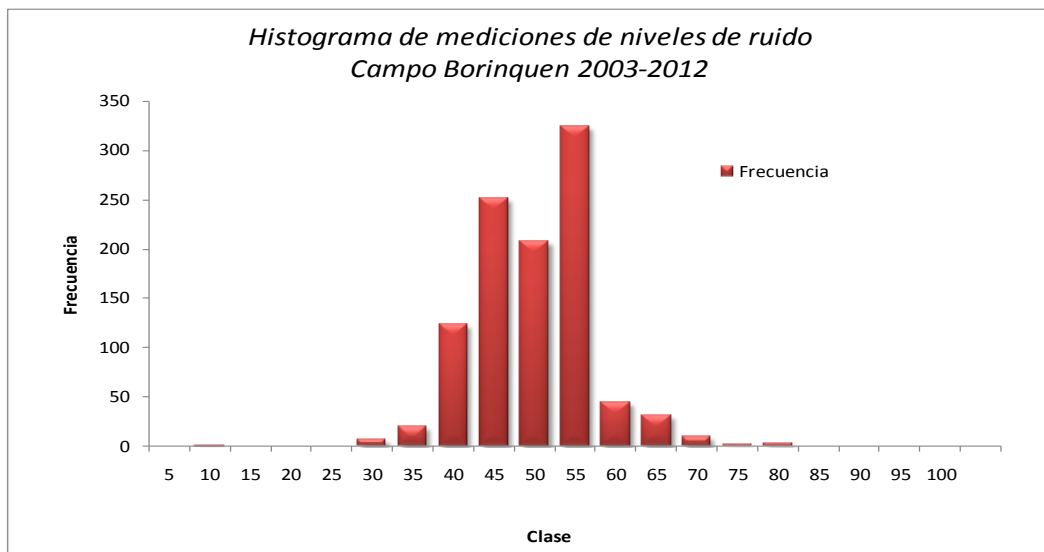


77 Figura No. 5.1.61 Histograma - niveles de ruido dBA.



El gráfico de la Figura No. 5.1.62, muestra el histograma de los valores de ruido medidos del 2003 a agosto del 2012 en los Hoteles Borinquen y Buena Vista. en este caso el 96% de las mediciones corresponden a valores en un rango de 40 dBA y 65 dBA, registrándose valores mucho más altos que los medidos en los demás puntos de control, lo cual se explica fácilmente debido al tipo de actividades normales en estos sitios.

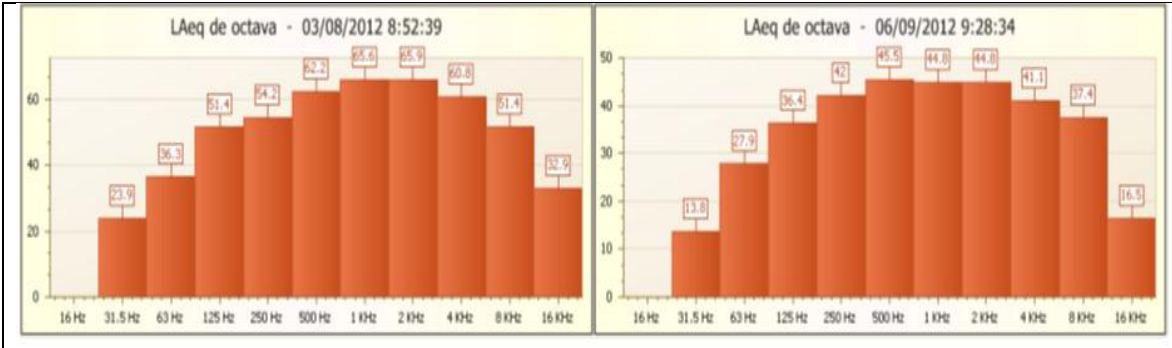
78 Figura No. 5.1.62 Histograma - niveles de ruido dBA Hoteles



También se realizaron estudios cortos pero detallados de niveles de ruido en diferentes sitios de interés. Los gráficos de las Figuras siguientes muestran los resultados como LAeq diurnos para periodos de 30 minutos.

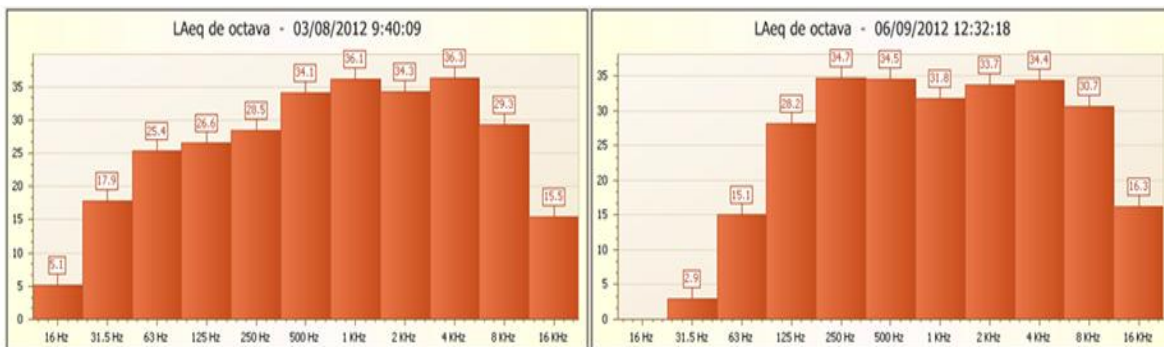
Como puede observarse, los niveles máximos medidos en el Hotel Borinquen fueron de 65,9 el 03/08/2012, mientras que el 06/09/2012 fue de 45,5. Los niveles mínimos medidos van desde 23,9 el día 03/08/2012 a los 13,8 el día 06/09/2012.

79 Figura No. 5.1.63 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen.

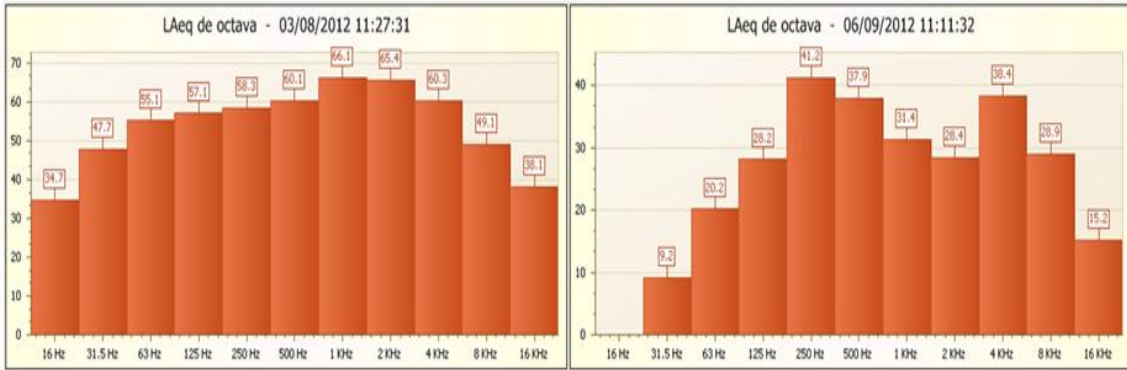


La influencia de las condiciones ambientales también queda claramente reflejada en las mediciones realizadas en el PGB-03 y el PGB-05 ya que como puede observarse en el PGB-03 durante la misma fecha los valores máximos medidos fueron 36,3 y 34,7, mientras que en el PGB-05 fueron 66,1 (con viento fuerte) y 41,2.

80 Figura No. 5.1.64 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-03.



81 Figura No. 5.1.65 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-05.

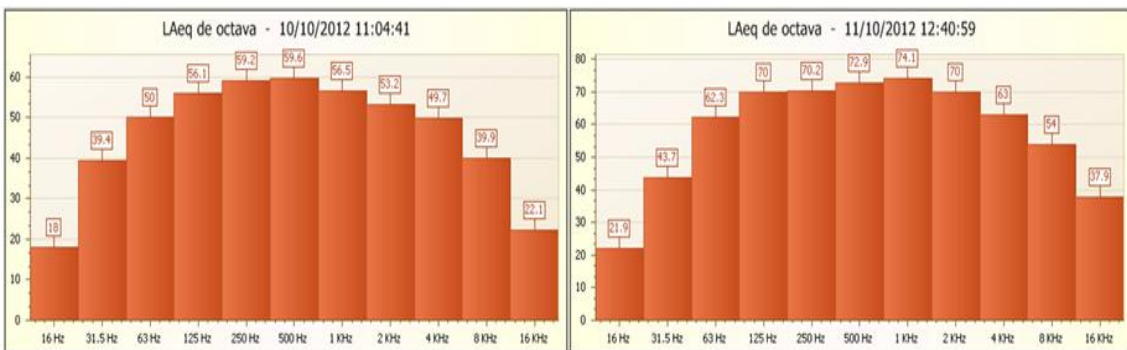


5.1.7.4 Niveles de ruido esperado por las actividades de construcción y operación.

Como puede observarse en la Figura No. 5.1.59, algunos de los pozos se encuentran relativamente cerca de las instalaciones del Hotel Borinquen, por lo que se realizaron mediciones en las perforadoras y en el Hotel más cercano con el objetivo de tener determinar los niveles de ruido que pueden generarse.

Los resultados de la Figura No. 5.1.66 muestran los niveles de ruido directamente en la máquina perforando, como puede apreciarse se obtienen valores máximos de 74,1 dBA con frecuencia de 1 kHz, mientras que a una distancia de 30 metros de la perforadora, los valores máximos registrados se presentan en las frecuencias de los 500 Hz (59,6 dB). Es importante tener presente que el nivel de ruido en la máquina varía dependiendo de las actividades que se estén realizando y de la profundidad, por lo que evidentemente estos valores únicamente reflejan un momento específico.

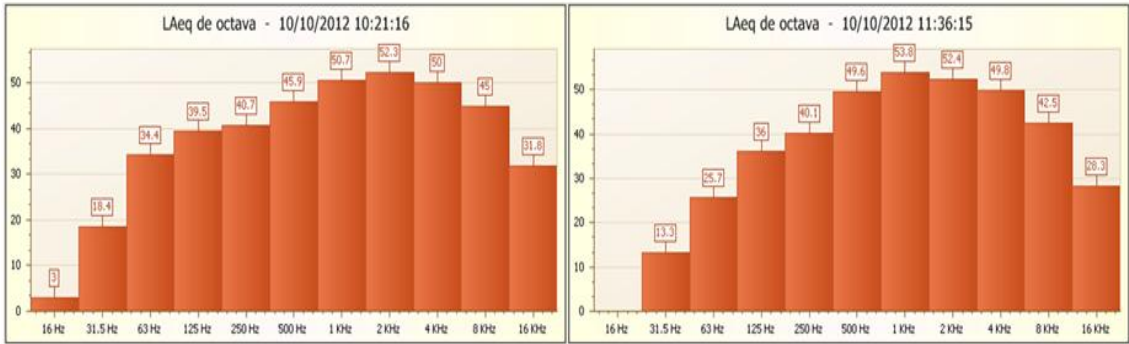
82 Figura No. 5.1.66 Gráficos de control - niveles de ruido dBA PGB-02, Perforando.



Es importante indicar que en la plataforma del PGB-02 ya fue perforado uno de los pozos exploratorios, razón por la cual se cuenta con datos de ruido en el hotel, con

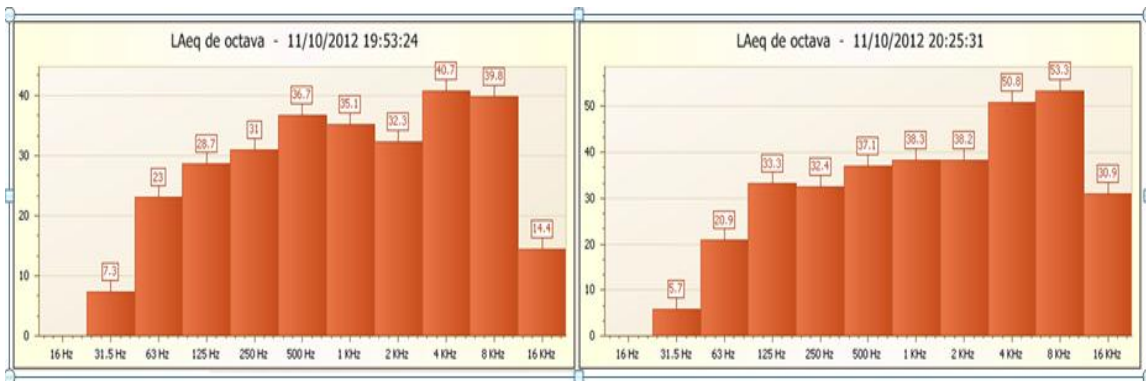
la máquina perforando. La Figura No. 5.1.67 muestra valores obtenidos en horario diurno y áreas abiertas, como puede apreciarse los valores se mantienen similares a los existentes previo al inicio de la perforación, el sonido de la máquina se escucha pero en forma muy baja, los niveles máximos registrados son de 53,8 dB, no sobrepasando los niveles permitidos (65 dBA).

83 Figura No. 5.1.67 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen



Los gráficos de la Figura No. 5.1.68 muestra los resultados de las mediciones durante la noche, se incluyen mediciones externas e internas en la cabaña más cercana al pozo. Como puede observarse los niveles de máximos de ruido dentro de la cabaña son de 40,7 dB. Por su parte los niveles mayores fuera de la cabaña son de 53,3 dB, sin embargo debe tenerse presente que el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido indica textualmente que los límites máximos son considerados en “medidas en el interior de las instalaciones o habitaciones”. Por lo que de acuerdo con lo que establece la legislación tampoco se sobrepasan los límites permitidos para el horario nocturno.

84 Figura No. 5.1.68 Gráficos de control - niveles de ruido dBA Hotel Borinquen - Noche.



5.1.7.5 Olores

Durante su operación normal las plantas geotérmicas producen gases no condensables los cuales son liberados a la atmósfera, de éstos gases revierten importancia el dióxido de carbono (CO₂) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), debido a sus efectos, ya sea sobre el medio o sobre la salud de las personas. El CO₂ es un gas que se encuentra en forma natural en la atmósfera, es inodoro y de sabor ácido, en altas concentraciones produce confusión mental, dolor de cabeza y finalmente pérdida de conciencia, inclusive puede ocasionar la muerte debido a alteración del pH de la sangre. El Cuadro No. 5.1.30 presenta estándares internacionales para las concentraciones de CO₂ a las que se puede estar expuesto sin efectos negativos para la salud.

41 Cuadro No. 5.1.30 Estándares para concentraciones de CO₂

Norma	Estándar
OSHA	5 000 ppm 8 horas TWA
NIOSH	10 000 ppm TWA; 30 000 ppm (ceiling 10 min.)

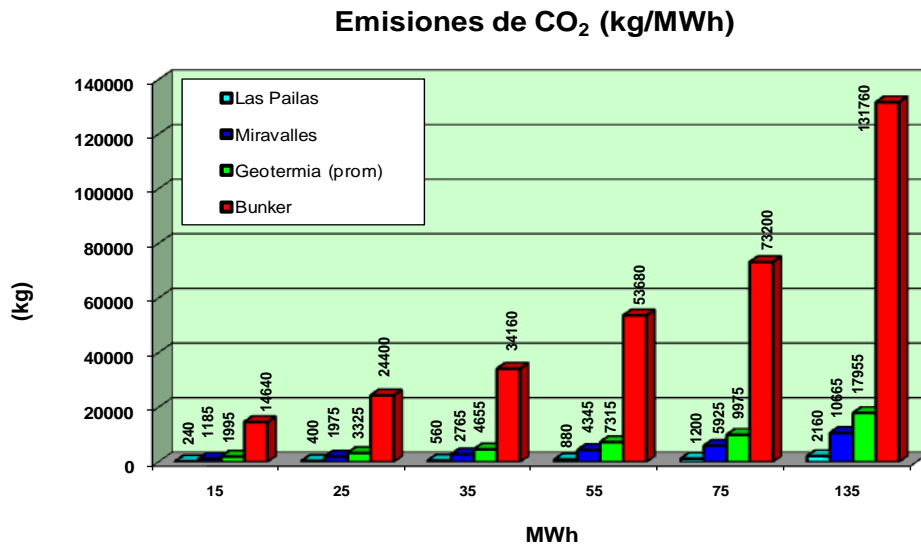
El Cuadro No. 5.1.31, muestra las cantidades de CO₂ emitidas utilizando diferentes tecnologías para la generación de energía eléctrica, como puede apreciarse las cantidades de CO₂ emitidas en las plantas geotérmicas son relativamente bajas en comparación con otras fuentes de producción y adicionalmente estas plantas no producen gases del tipo NO_x.

42 Cuadro No. 5.1.31 Cantidades de CO₂ emitidas como kg/MWh

Emisión (kg/MWh)	Geotermia	Carbón	Petróleo	Metano
Oxidos de Nitrógeno	0	3,66	1,75	1,93
Dióxido de Carbono	0,48	990	839	540

Considerando los datos del Cuadro No. 5.1.31, las reducciones promedio en la emisión de CO₂ a la atmósfera al generar con energía geotérmica son de 960 kg por MWh, lo que significa que considerando un factor de planta del 90% (867,94 GWh/año), la reducción de CO₂ para Borinquen serán de 925 056,00 toneladas al año, lo que representa un impacto positivo en la reducción de gases de efecto invernadero.

85 Figura No. 5.1.69 Emisiones de CO₂ (kg/MWh) utilizando diferentes tecnologías para la generación de energía.



Fuente: Reed and Renner, 1995

El H₂S es un gas venenoso que al igual que el CO₂ se encuentra en el aire proveniente de fuentes naturales tales como volcanes, fumarolas y materia orgánica en descomposición, en concentraciones relativamente bajas puede causar lagrimeo, irritación de la mucosa nasal y afectar la visión debido a efectos en las corneas y en muy altas concentraciones puede ocasionar la muerte, por lo cual se han establecido normas internacionales para regular las emisiones de H₂S a la atmósfera.

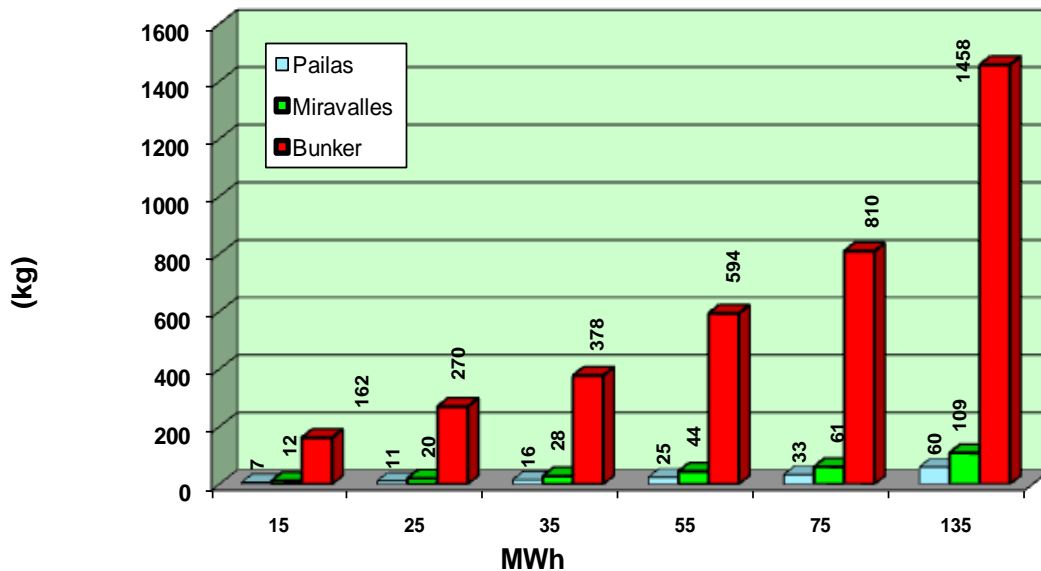
El Cuadro No. 5.1.32 muestra algunos de los estándares internacionales para concentraciones de H₂S permitidas en diferentes ambientes, como puede apreciarse, los límites presentan grandes diferencias entre las normas laborales y las ambientales. Debe tenerse presente que en el caso de las normas ambientales se considera que 42 µg/m³ es la concentración a la cual el H₂S puede ser detectado por el olfato de la mayoría de las personas sin que represente ningún riesgo para la salud.

43 Cuadro No. 5.1.32 Normas para la emisión de H₂S

Norma	Estándar Laboral
OSHA - TWA PEL	28 000 µg/m ³ aceptable (ceiling) 8 horas de exposición laboral; 70 000 µg/m ³ máximo 10 minutos (ceiling)
ACGIH	14 000 µg/m ³ como promedio - 8 horas diarias y 40 horas por semana.
Norma	Estándar Ambiental
Italia	42 µg/m ³ como promedio en 24 horas en áreas urbanas.
California	42 µg/m ³ como promedio en una hora.
Costa Rica	20 µg/m ³ como promedio aritmético 24 horas.

Igual que en el caso del CO₂, la generación geotérmica representa impactos positivos por la reducción de emisiones de H₂S equivalente. La Figura No. 5.1.70 muestra las emisiones generadas en plantas geotérmicas comparándolas con plantas que utilizan bunker, las reducciones obtenidas gracias a la generación eléctrica del Campo Borinquen (867,94 GWh/año), son de 9 983,00 toneladas al año.

86 Figura No. 5.1.70 Emisiones de H₂S (kg/MWh) utilizando diferentes tecnologías para la generación de energía.



5.1.8 Gases Concentración promedio del H₂S en el aires.

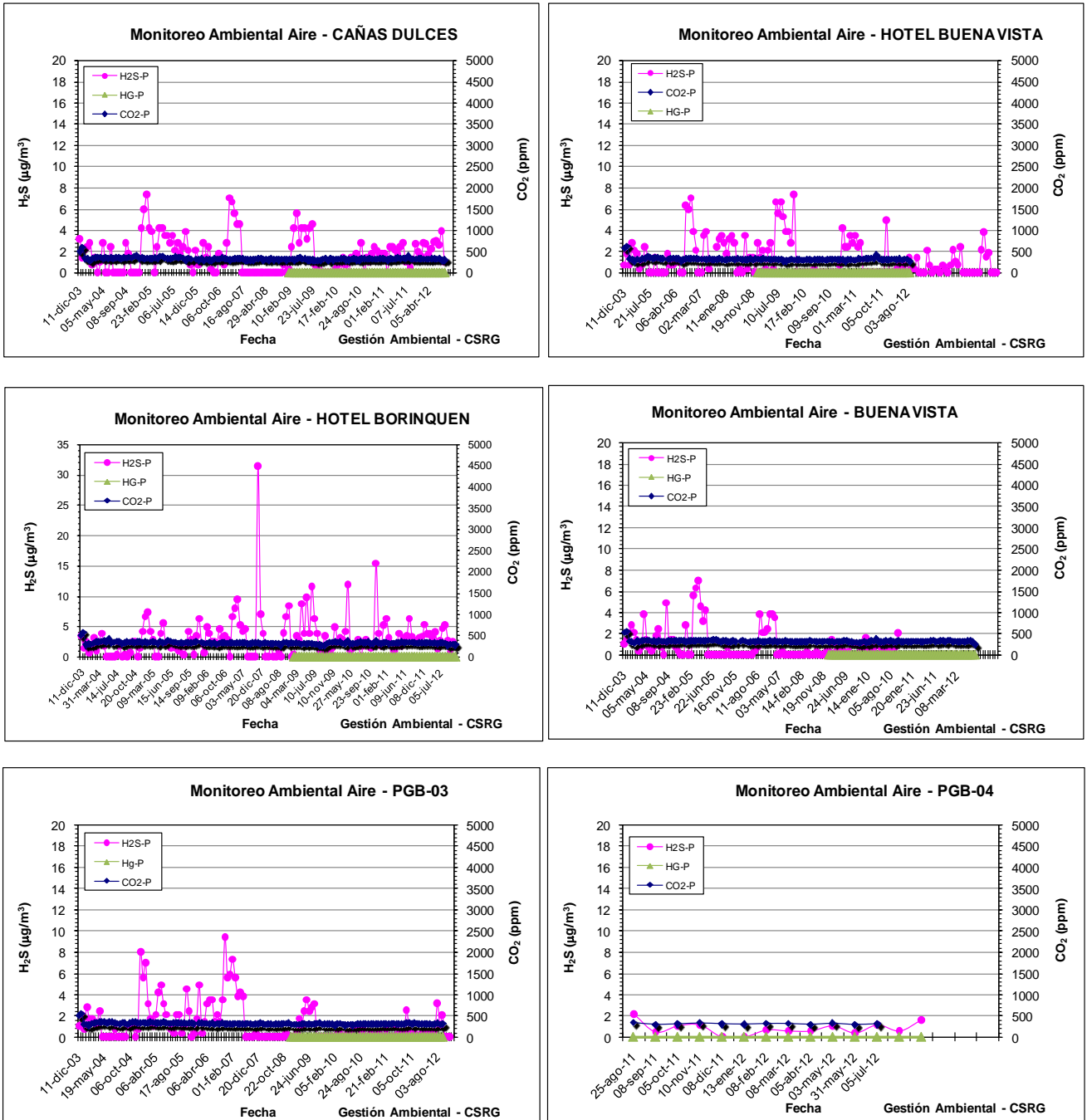
Para realizar el seguimiento de las concentraciones de gases, se establecieron, cinco puntos de medición dentro del área de proyecto, tal es el caso de áreas en donde existen desarrollos turísticos, centros de población y puntos de control

intermedio. Para las mediciones de concentraciones se utilizó equipos electrónicos, que en el caso del H₂S cuenta con un límite de detección de 0,003 ppm con un rango de error de 0,001 ppm y para el CO₂ registra datos desde 0 hasta 10 000 ppm con un rango de error de 100 ppm para las máximas concentraciones.

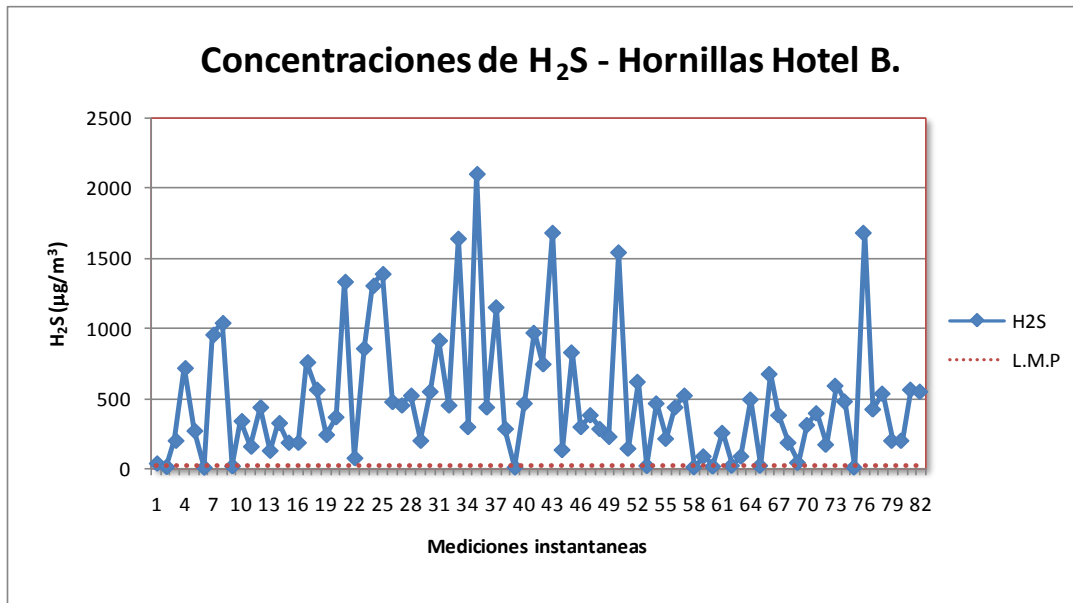
Los gráficos de la Figura No. 5.1.71 muestran las concentraciones de CO₂ y H₂S registradas en los últimos años (valores promedios horarios). Los valores medidos de H₂S son en su mayoría inferiores a los 10 µg/m³, siendo 31,5 10 µg/m³ el valor máximo registrado en el Hotel Borinquen lo cual puede asociarse con su cercanía a una zona de hornillas. Las concentraciones registradas en los demás puntos de control pueden asociarse a la presencia de fumarolas y a la actividad del volcán Rincón de la Vieja.

El Hotel Borinquen se encuentra junto a un sitio de fumarolas por la que se realizaron mediciones de H₂S directamente en las hornillas con el fin de establecer una línea base que permita hacer comparaciones posteriores. Como se observa en la Figura No. 5.1.72, los valores obtenidos como datos individuales sobrepasan los 20 µg/m³, con un máximo 1 400 µg/m³ y un promedio 473 µg/m³, por lo que es de esperar que las emisiones de las hornillas produzcan concentraciones superiores a los 20 µg/m³ en áreas cercanas al hotel.

87 Figura No. 5.1.71 Concentraciones de H2S y CO2 registradas en el área de influencia.



88 Figura No. 5.1.72 Concentraciones de H₂S registradas en las hornillas cercanas al hotel



Niveles de gases esperados en la zona del proyecto.

El Cuadro No. 5.1.33 muestra el contenido de gases no condensables en los campos Miravalles, Pailas y las esperadas en Borinquen.

44 Cuadro No. 5.1.33 Contenido de gases no condensables

Planta Producción	(MWe)	CO ₂ *	H ₂ S*	N ₂ *	CH ₄ *	H ₂ *
Miravalles I	55,0	2,59	0,02	0,03	0,00	0,00
Miravalles II	55,0	3,07	0,02	0,06	0,00	0,00
Miravalles III	26,1	2,74	0,02	0,01	0,00	0,00
Total Miravalles	136,1	8,39	0,05	0,10	0,00	0,00
Las Pailas I	35,0	0,18	0,016	0,04	0,00	0,00
Borinquen I**	55,0	1,20	0,019			
Borinquen II**	55,0	1,20	0,019			
Total Borinquen	110,0	2,4	0,038			

* Toneladas por hora. ** Valor extrapolado

El Cuadro No. 5.1.34 muestra los valores obtenidos en las áreas pobladas de Fortuna (FO), Guayabo (GO) y Cuipilapa (CP), ubicados a distancias de 3 a 5 km de las plantas de generación en Miravalles y el Cuadro No. 5.1.35 muestra los resultados obtenidos en las estaciones del campo Pailas, como puede observarse en estos campos no se sobrepasa el límite de 20 µg/m³ de H₂S y las concentraciones de CO₂ se mantienen bajos, por lo que se puede inferir de la experiencia de Miravalles y Pailas que de acuerdo a las cantidades de CO₂ y H₂S

esperadas en el vapor generado en Borinquen y considerando las condiciones atmosféricas existentes, aun cuando por alguna razón las cantidades de gases fueran mayores a las estimadas, la explotación comercial del campo no producirá impactos significativos en la calidad del aire en la zona.

45 Cuadro No. 5.1.34 Resultados de mediciones de H₂S en áreas pobladas en Miravalles.

Estación	H ₂ S (µg/m ³)			CO ₂ (ppm)		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
FO	0,00	18,20	1,81	215	785	365
GO	0,00	7,35	0,79	255	770	355
CP	0,00	15,05	1,68	215	800	363

46 Cuadro No. 5.1.35 Resultados de mediciones de H₂S en Las Pailas.

Estación	H ₂ S (ppm)			CO ₂ (ppm)		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
CUR	0,00	6,65	1,24	245	610	364
PNRV	0,00	7,70	1,93	240	565	318
Hotel	0,00	7,35	0,91	248	705	368
S.MARIA	0,00	4,11	0,41	270	344	296
PGP-02	0,00	7,00	0,78	245	693	363
PGP-03	0,00	8,68	1,10	262	655	359
PGP-05	0,00	4,55	0,54	258	668	432

Modelo de dispersión

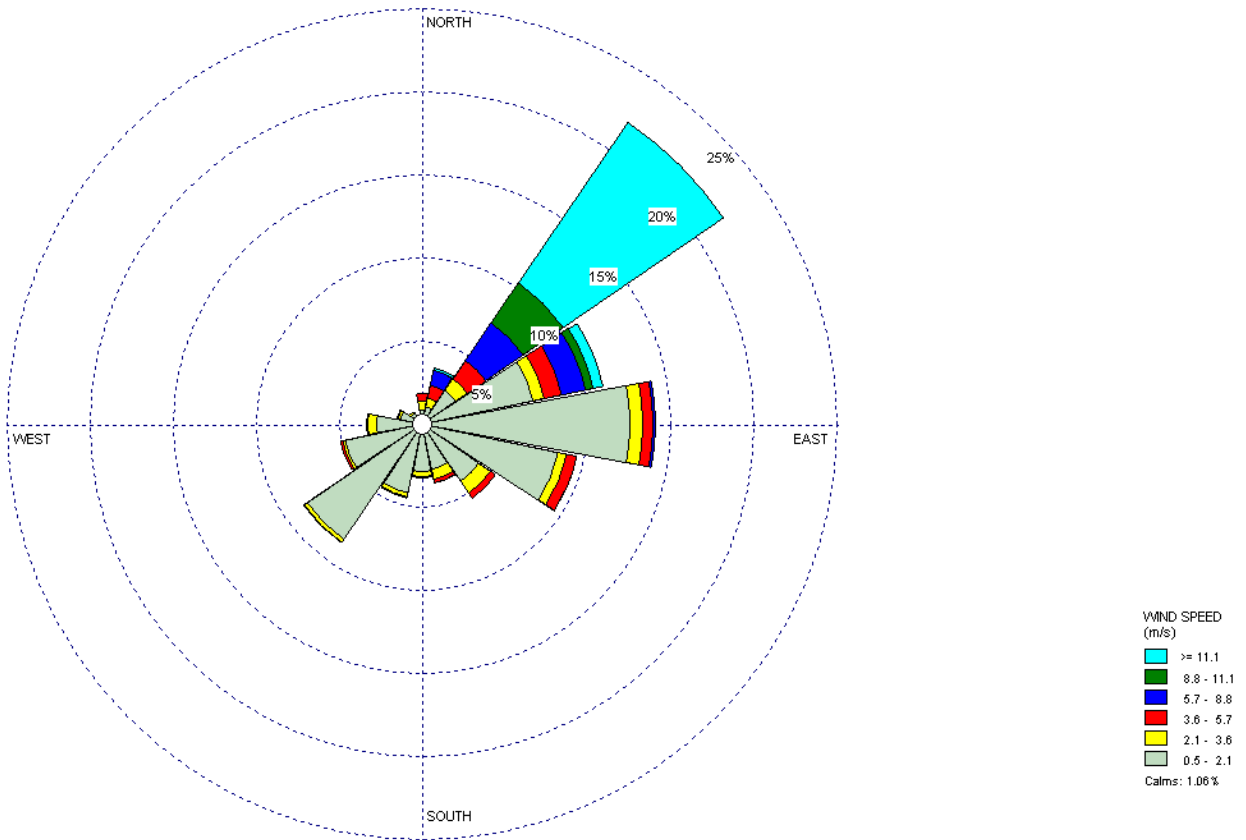
Con el objetivo de determinar las posibles concentraciones de las inmisiones de H₂S se realizó un modelado de la dispersión de los gases en Borinquen utilizando un modelo de pluma Gaussiana, el cual incorpora factores relacionados con la fuente de emisión y factores meteorológicos para estimar la concentración de contaminantes desde fuentes continuas. En este campo las cantidades esperadas de H₂S son de 5,51 g/s y se considera el mismo sistema dispersión utilizado en las plantas de Miravalles y Pailas, que consiste en la dispersión de los gases en las torres de enfriamiento, sistema que ha demostrado ser altamente eficiente.

Debido a la falta de algunos datos meteorológicos, se realizó la modelación en modo screening, por lo que los resultados obtenidos son conservadores, ya que se asume que el contaminante no experimenta ninguna reacción química, que ningún otro proceso de remoción actúa sobre la pluma durante su transporte desde la fuente y examina todo el rango de clases de estabilidad y velocidades del viento para establecer la condición menos favorable que resulte en máximas concentraciones de contaminante a nivel de suelo. De acuerdo con las

recomendaciones de la EPA, el uso de este tipo de modelación es adecuado para determinar las concentraciones en una primera etapa de estudio y en caso de encontrarse concentraciones muy elevadas pasar a una etapa de modelado más detallado.

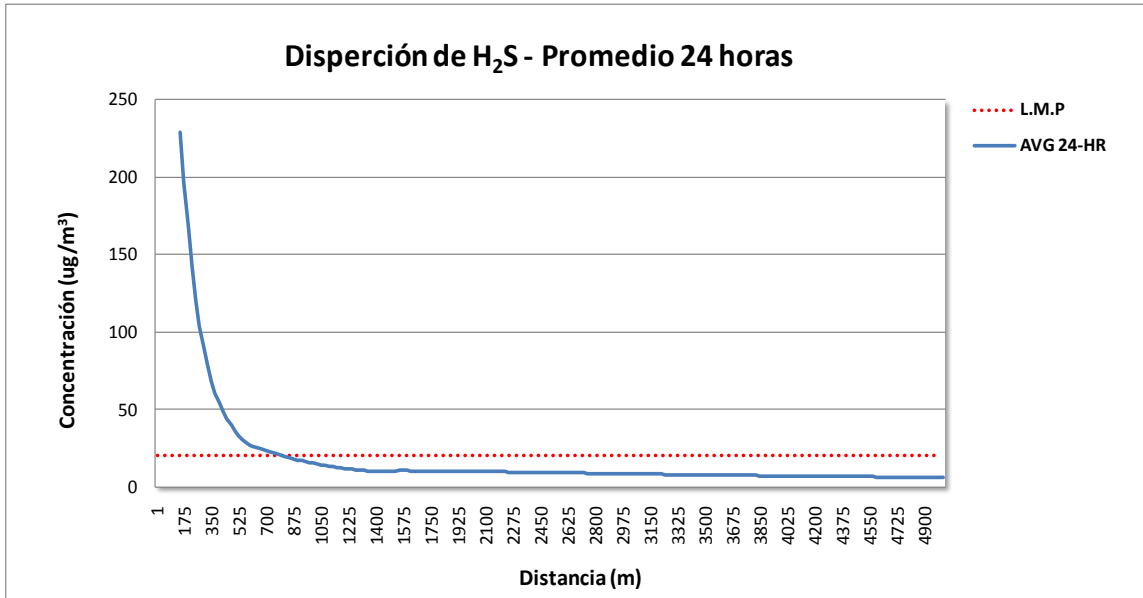
Si se analiza la distribución de la dirección preferente de los vientos que se muestra en la Figura No. 5.1.73, se infiere que las emisiones de la planta que se ubicará cerca del PGB-03 es la de mayor relevancia, puesto que las emisiones que se generarían en la planta ubicada en el PGB-09 serían arrastradas en direcciones diferentes a la ubicación de los hoteles.

89 Figura No. 5.1.73 Dirección preferente de los vientos



La Figura No. 5.1.74 muestra los resultados de la modelación obtenidos con el Aerscreen, las concentraciones para el promedio de 24 horas a partir de los 700 m se encuentran por debajo de los 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, observándose concentraciones máximas de 3 992 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a una distancia de 20 m del punto de emisión (estos valores no se incluyen para no distorsionar el gráfico), concentraciones que no representa ningún tipo de problema ya que las normas laborales permiten concentraciones de hasta 14 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de 8 horas de exposición.

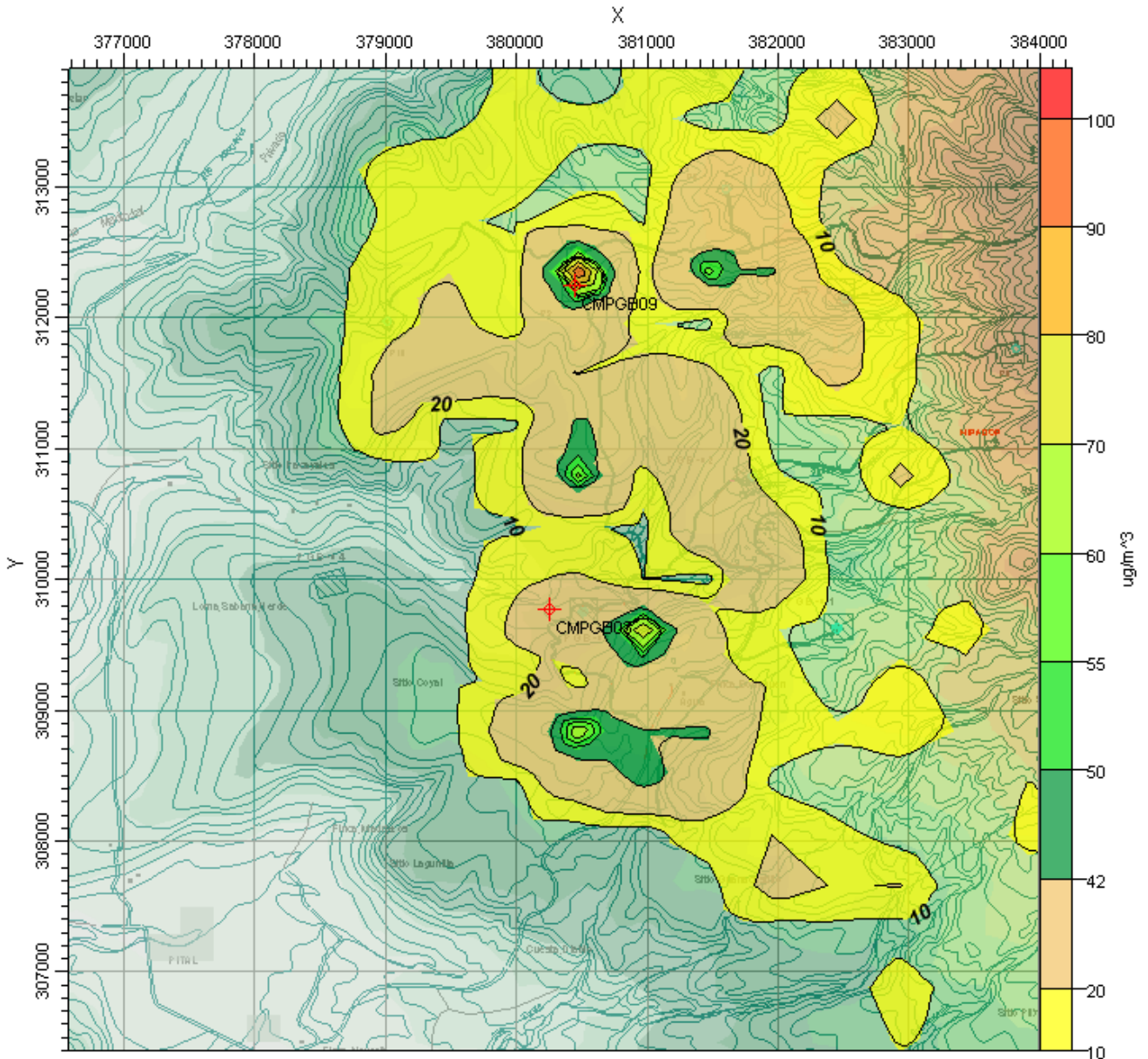
90 Figura No. 5.1.74 Resultados del modelo AERSCREEN



La Figura No. 5.1.75 muestra los resultados obtenidos con el AERMOD, la diferencia en los resultados radica en que el AERMOD considera las condiciones topográficas y simula de forma simultánea varias fuentes de emisión, por lo que se incluyen de forma simultánea una fuente de emisión cercana a la Plataforma PGB-09 y otra cercana a la plataforma PGB-03.

Como puede observarse los resultados son similares a los obtenidos con el Aerscreen, el modelo indica que podrían presentarse concentraciones cercanas al límite permitido de 20 µg/m³ en el Hotel Borinquen, sin embargo, considerando; que el modelo es conservador, que las condiciones predominantes de los vientos indican direcciones preferenciales contrarias a la ubicación del Hotel y la experiencia obtenida en las campos Miravalles y Las Pailas, se considera poco probable que como producto de la dispersión de gases no condensables se alcancen concentraciones iguales o superiores a los 20 µg/m³ a estas distancias de las plantas de generación.

91 Figura No. 5.1.75 Resultados de las concentraciones obtenidos con el AERMOD

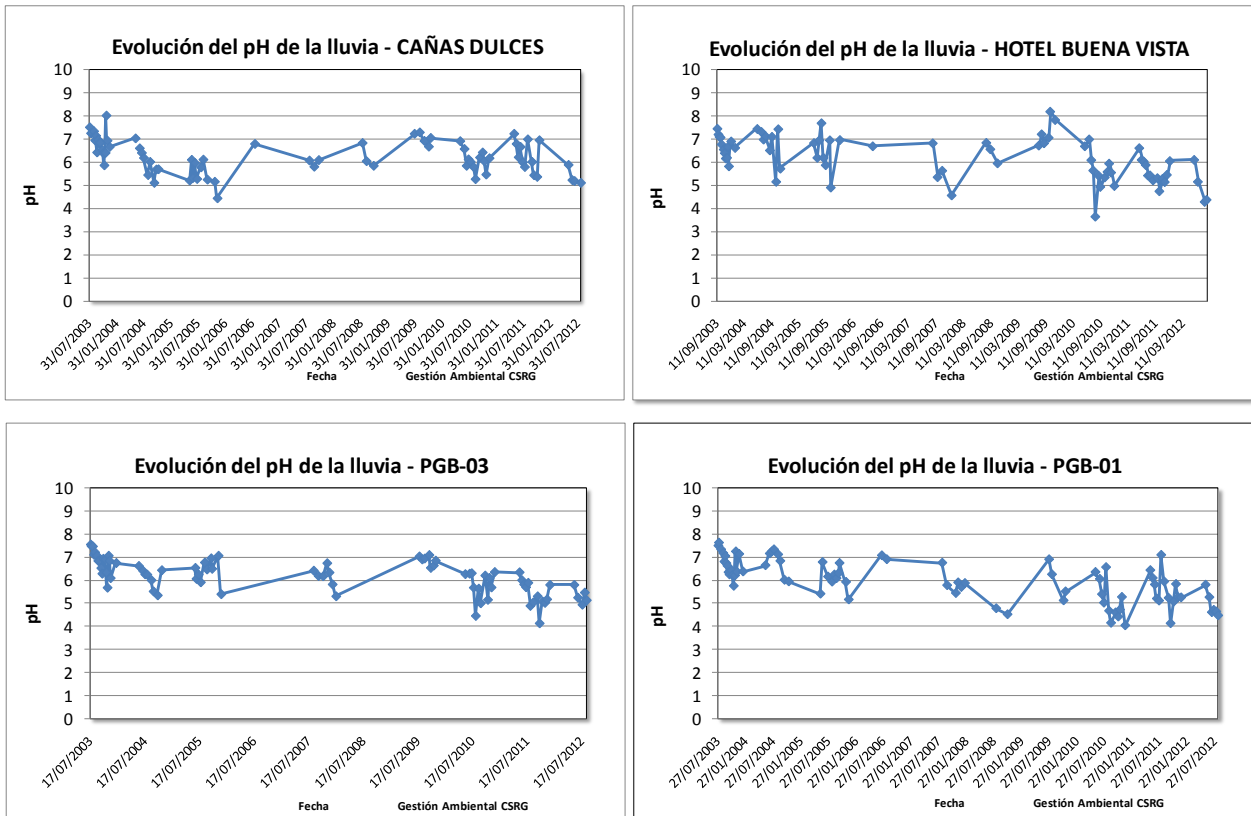


5.1.9 Acidez (pH) de la lluvia

Los gases no condensables CO_2 y H_2S , dependiendo de su concentración al reaccionar químicamente en la atmósfera pueden producir disminuciones en el pH de la lluvia, sin embargo los Campos Geotérmicos generalmente se encuentran asociados a zonas volcánicas con presencia de manifestaciones termales (fumarolas) y/o erupciones que afectan de manera natural este pH, por lo que se realizaron una serie de mediciones dentro del área de influencia del proyecto Borinquen, con el fin de establecer una línea base del pH existente en las lluvias de la zona.

Los gráficos de la Figura No. 5.1.76, muestran los valores de pH existentes, en un periodo de registro de aproximadamente de 10 años, de acuerdo con los valores obtenidos en todas las estaciones se registra presencia de lluvia ácida (pH menor a 5,6) lo cual probablemente se relaciona con la presencia de fumarolas y la actividad del volcán Rincón de la Vieja. Los valores de pH varían en un rango de 3,65 y 8,20, siendo la estación ubicada en el Hotel Buena Vista la que reporta la mayor acidez con un pH de 3,65.

92 Figura No. 5.1.76 Resultados del control del pH de la Lluvia.



5.1.10 Niveles de corrosión

5.1.10.1 Introducción

Este informe es un avance del estudio de corrosión atmosférica que se está llevando a cabo en la zona de Borinquen. En dicha zona se instalaron dos estaciones; la primera se encuentra ubicada en plataforma 5 y la segunda en las cercanías de la plataforma 2, ambas cuentan con recolectores de contaminantes, exposición de placas de acero al carbono y de acero galvanizado, además se cuenta con estaciones meteorológicas, al lado de cada estación de corrosión atmosférica, para los datos que se requieran de éstas. El objetivo de dicho estudio es establecer la clasificación a la que pertenece dicha atmosfera desde el punto

de vista de corrosión, sin embargo, debido al corto tiempo de recolección de datos, no existen aún conclusiones determinantes, aunque ya se tiene una idea del nivel de agresividad de la zona.

Antecedentes

Actualmente, en energía geotérmica, el ICE cuenta con el Campo Geotérmico Miravalles y la Planta Geotérmica las Pailas. Entre las ventajas que ofrece este tipo de energía es su constancia a través del tiempo; además de ser considerada entre las energías limpias. El ICE en aras de satisfacer la demanda eléctrica nacional, está realizando un esfuerzo en aumentar las capacidad de producción y por tanto requiere aprovechar la energía geotérmica en la zona de Borinquen; dado lo anterior se requiere realizar el estudio de impacto ambiental, como primer paso del proyecto.

Marco teórico.

Se entiende por corrosión atmosférica el deterioro que sufren los materiales metálicos cuando se encuentran en contacto con el aire a temperatura ambiente. Existe una categorización de la atmosfera, según los niveles de corrosividad, que se establece en ISO 9223-1992 Corrosión of metal and alloys – Corrosivity of atmospheres - Classification la cual se puede observar en el siguiente Cuadro No. 5.1.36

47 Cuadro No. 5.1.36. Categoría de la atmosfera según nivel de corrosión.

Categoría	Corrosividad atmosférica
C1	Muy baja
C2	Baja
C3	Medio
C4	Alta
C5	Muy alta

Fuente: (ISO 9223-1992)

De acuerdo a diferentes métodos de monitoreo se puede clasificar una zona geográfica de acuerdo a su corrosividad atmosférica, como se establece en el Cuadro anterior.

5.1.10.2 Metodología

Método de monitoreo

Existen dos tipos de métodos, a saber método A y B, para llevar a cabo una clasificación de corrosividad de la atmosfera y por lo general en las distintas investigaciones, se desarrollan los dos métodos.

El método A, se establece en la ISO 9226-12 Corrosion of metal and alloys – Corrosivity of atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity la cual es por medio de la exposición de especímenes (placas del metal de interés) que permite determinar la velocidad de corrosión mediante la medición de pérdida de masa de los mismos y así ubicarlo en la categoría de corrosividad atmosférica correspondiente.

El método B se encuentra en ISO 9225-1992 Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Measurement of pollution, donde se establece las pautas para la medición de contaminantes atmosféricos tales como sulfatos y cloruros, además de datos meteorológicos como temperatura y humedad relativa, con los cuales se obtiene el tiempo de humectación. Una vez reunidos estos datos, se establece la clasificación a la que pertenece dicha zona.

5.1.10.3 Resultados

Niveles de corrosión:

Se instalaron dos estaciones para obtener datos y realizar la clasificación de corrosividad atmosférica. La primera se encuentra ubicada en el sitio de la plataforma 5 y la segunda en los alrededores de la plataforma 2. Debido al corto tiempo transcurrido desde la instalación de los módulos, aún no se tienen suficientes datos para dar una clasificación determinante del tipo de atmosfera. Sin embargo en los dos cuadros siguientes se aprecian los valores de los distintos factores que se llevan hasta la fecha y la clasificación preliminar del tipo de atmosfera.

48 Cuadro No. 5.1.37. Datos de factores en corrosión atmosférica en plataforma 5.

Método de monitoreo	Factor	Valor	Clasificación preliminar según método
Método A	Velocidad de corrosión para acero carbono	0,068 mm/año	C4
Método B	Sulfatos	4,53 mg/m ² ·día	C3
	Cloruros	12,00 mg/m ² ·día	
	Tiempo de humectación	59,44 %	

49 Cuadro No. 5.1.38. Datos de factores en corrosión atmosférica en alrededor de plataforma 2.

Método de monitoreo	Factor	Valor	Clasificación preliminar según método
Método A	Velocidad de corrosión para acero carbono	0,056 mm/año	C4
Método B	Sulfatos Cloruros Tiempo de humectación	3,71 mg/m ² ·día 6,87 mg/m ² ·día 51,61 %	C3

Para realizar un análisis completo se requiere un año según lo establece la norma ISO 9223-1992, sin embargo, en los cuadros dos y tres se pueden comentar resultados importantes. La clasificación según método A y B arrojan distintos resultados, sin embargo, entre cada estación existe concordancia de la clasificación para cada método. Por otra parte de acuerdo a las velocidades de corrosión, existen probabilidades para la estación de la plataforma 2, que baje una categoría, quedando en C3. Por último, si comparamos todos los datos de las dos estaciones, se puede observar que la estación de plataforma 5 presenta valores mayores en todos los factores analizados, pero a pesar de ello, no es suficiente para que sean de distinta clasificación.

5.1.10.4 Conclusiones y recomendaciones

Debido al poco tiempo de recopilación de datos, no se puede establecer criterios determinantes de la clasificación atmosférica, sin embargo, se puede afirmar que la clasificación de ambas estaciones al cabo de un año no superará la C4, es decir, los niveles de corrosión no alcanzarán a ser muy altos. En contraposición existe la posibilidad de que alguna estación baje a un nivel intermedio de acuerdo a las velocidades de corrosión.

5.1.11 Paisaje y Estética

5.1.11.1 Introducción

En la actualidad el término paisaje y a lo largo de la historia ha sido empleado con diversos significados, uno de los conceptos adquiridos es "naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, sistema de sistemas, recurso natural, hábitat, escenario, ambiente cotidiano, entorno de un punto, pero ante todo y en todos los casos el paisaje es manifestación externa, imagen, indicador o clave de los procesos que tienen lugar en el territorio, ya correspondan al ámbito natural o al humano". (Guía para la elaboración de estudios del medio físico: paisaje,

contenido y metodología del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, España, 1995).

En los últimos años los estudios de paisaje han ido tomando forma para dar respuesta a problemas prácticos de gestión del territorio donde las necesidades varían desde la valoración del paisaje como recurso para la conservación y protección de áreas naturales, hasta otras que es necesario considerarlo en combinación con otros factores del medio para planificar los usos de un territorio o el diseño adecuado de actividades o para restaurar zonas alteradas.

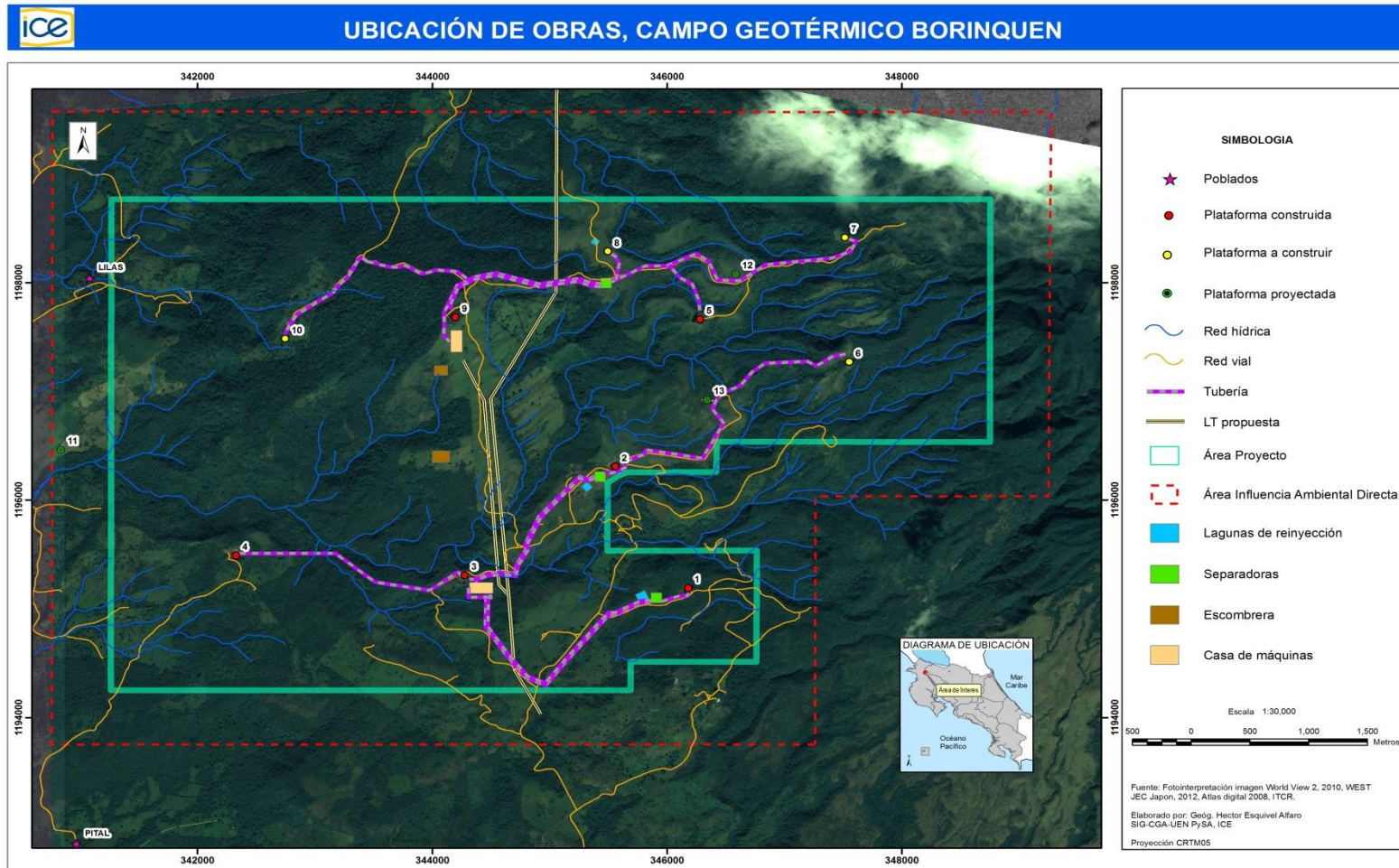
En Costa Rica el paisaje como recurso natural está protegido y respaldado de acuerdo con el artículo 89 de la Constitución Política de la República que señala lo siguiente: “entre los fines culturales de la República están proteger las bellezas naturales, conservar y desarrollar el patrimonio histórico y artístico de la Nación y apoyar la iniciativa privada para el progreso científico y artístico”. A nivel internacional, cuenta con el respaldo de la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, aprobada por la Conferencia General de la ONU durante la 17ª Reunión celebrada en París en noviembre de 1972 y por la Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América (Ley 3763 de octubre de 1966) que fue adoptada en Washington en marzo de 1973. (Araya Astorga, G. 2005. Paisaje, en Instituto Costarricense de Electricidad. Estudio de Impacto Ambiental Pailas. San José, Costa Rica).

Ubicación

El área de estudio incluye aquellas zonas donde se van a desarrollar las principales obras las cuales se ubican en el área de proyecto (AP) y un área de mitigación denominada área de influencia directa (AID) para el Campo Geotérmico Borinquen las cuales se encuentran en las siguientes coordenadas planas CRTM05, en donde el AP se ubica en el cuadrante, 341266,845 N y 1198763,567 W, 348752,179 N y 1198764,993 W, 345688,775 N y 1194251,751 W, 341258,301 N y 1194249,674 W, mientras que el AID se encuentra en 340764,454 N y 1199572,390 W, 349269,247 N y 1199565,563 W, 347259,619 N y 1193751,007 W, 340759,031 N y 1193749,645 W.

La Figura No. 5.1.77 muestra el detalle del área de estudio con sus respectivas obras ubicadas en el AP la cual es representada de color turquesa mientras que el AID de color rojo discontinua.

93 Figura No. 5.1.77 Área del CG Borinquen



En la siguiente ilustración se muestra una vista panorámica del área de interés donde se aprecian los pastizales característicos del área, así como la topografía multiconvexa de la zona.

79 Fotografía No. 5.1.73 Vista panorámica del CG Borinquen



Metodología

En la elaboración de la descripción del paisaje para el Campo Geotérmico Borinquen se llevó a cabo una revisión de literatura especializada en la materia, además se hizo revisión de cartografía digital de diversas fuentes, así como la elaborada por el Área de Sistemas de Información Geográfica del Centro de Servicio Gestión Ambiental de la UEN PySA del ICE mediante la fotointerpretación, además se utilizaron como referencia las hojas Curubandé y Cacao a escala 1: 50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) así como imágenes satelitales World View 2.

Posterior a la revisión bibliográfica se hace la clasificación de las unidades de paisaje de acuerdo a indicadores y características del entorno geográfico donde existen diversas formas de clasificación del paisaje, para este fin se llevan a cabo diversos procesos cartográficos para obtener como resultado el mapa de unidades paisajísticas.

Para clasificar el paisaje en el CG Borinquen se utilizará el análisis de los elementos estructurales del paisaje y el estudio de la dinámica que generan en el geosistema, en donde se entiende por elementos estructurales aquellos que están interrelacionados entre sí formando un sistema y evolucionando en bloque, de tal forma que la alteración o modificación de uno de los elementos afecta al resto y, por consiguiente, al propio sistema, es decir, al paisaje. Según el esquema del geosistema, existen tres tipos de elementos estructurales del mismo: elementos

abióticos, bióticos y antrópicos. (Manual de Ciencia del Paisaje, teoría, métodos y aplicaciones, MASSON, SA, 1992, Barcelona).

Por último, se lleva a cabo el trabajo de campo al área de interés con el fin de verificar y comprobar la aplicación de la metodología arriba indicada.

Con base a éste último, en el Campo Geotérmico Borinquen se identifican tres unidades paisajísticas bien definidas las cuales son Agradacional, Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpado.

Para el presente informe se aborda el estudio del paisaje desde la percepción visual la cual se define "por la percepción del observador en relación al entorno o espacio geográfico que lo rodea, es decir; el entorno visual desde el punto de observación. Además, se incluirá el criterio de territorio visual en donde el enfoque del paisaje está asociado a la cuenca visual, la cual consiste en determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos de forma simultánea o en secuencia, con vistas a la posterior evaluación de la medida en que cada área contribuye a la percepción del paisaje y a la obtención de ciertos parámetros globales que permitan caracterizar un territorio en términos visuales" (Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de España, 1995, España).

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, el Campo Geotérmico Borinquen será clasificado de acuerdo a tres factores o componentes con sus respectivos indicadores los cuales se muestran con mayor detalle en el cuadro siguiente. Cuadro No. 5.1.39 Factores e indicadores.

50 Cuadro No. 5.1.39 Factores e indicadores

Factor o componente	Indicador
Abiótico (f)	- Características geomorfológicas - Geología - Afloramientos rocosos - Cursos o láminas de agua
Biótico (b)	- Vegetación diversa - Fauna
Antrópico (a)	- Actividades agropecuarias - Actividades industriales - Actividades turísticas y deportivas - Infraestructuras

Fuente: Elaboración propia

5.1.11.2 Descripción unidades paisajísticas

La clasificación y descripción del paisaje está acorde a las diferentes características visuales básicas así como los principales componentes los cuales describen los rasgos más sobresalientes del área o territorio en estudio, éstas características son el color, forma, línea, textura, escala o dimensiones y el carácter espacial.

Como se mencionó anteriormente, en el Campo Geotérmico Borinquen se han identificado tres unidades paisajísticas las cuales se describen a continuación.

Agradacional

Son zonas de sedimentación de materiales volcánicos provenientes de las partes altas, los cuales han sido removidos por diferentes procesos erosivos tales como reptación, solifluxión y por remoción en masa siendo transportados por los ríos y depositados en las márgenes y en zonas planas debido a la pérdida de energía o competencia de los ríos.

Otro de los procesos que originaron esta zona es por causa de la depositación por flujos laháricos provenientes del volcán Rincón de la Vieja y del Cacao en el sector oeste del área del proyecto.

De acuerdo a la clasificación por dominancia de elementos, en la unidad paisajística Agradacional hay predominio de elementos antrópicos sobre abióticos con leve presencia de bióticos (Afb).

Esto se debe principalmente a que esta zona ha sido fuertemente intervenida por parte del ser humano y en el cual se ha levantado un asentamiento de carácter rural, en donde las diferentes actividades socioeconómicas han provocado cambios en el uso de la tierra pasando de áreas cubiertas por bosque a zonas destinadas a la ganadería y a la siembra de cultivos principalmente dando como resultado, una disminución de los elementos bióticos drásticamente.

En la siguiente Fotografía No. 5.1.74 se puede observar la unidad paisajística en mención

80 Fotografía No. 5.1.74 Vista panorámica de la UP Agradacional



Montañoso Colinado Erosional

Se localiza al oeste del macizo Rincón de la Vieja entre las unidades de paisaje Agradacional y Montañoso Escarpado, presenta procesos de reptación, solifluxión y deslizamientos que posteriormente fueron transportados aguas abajo hasta la unidad de paisaje Agradacional anteriormente descrita.

Además, en éste sector el aporte de cenizas es muy poco debido a que se encuentra distanciado al cráter principal, es posible encontrar material lítico consolidado en formas de lavas basáltico andesíticas.

Se caracteriza por ser zonas con mayor predominancia de morfología multiconvexa y algunos sectores con escarpes.

Para esta unidad paisajística la clasificación por dominancia de elementos le corresponde el predominio a los elementos abióticos sobre-bióticos y trazas de antrópicos (Fba).

El área en mención posee esta clasificación debido a que ha sido intervenida de manera moderada ya que ha sufrido cambios en el uso de la tierra en donde la cobertura boscosa ha disminuido dándole paso al uso ganadero tanto de leche como de engorde por lo que ha aumentado las áreas de pastos, además de esto; hay poca presencia de elementos antrópicos donde destacan principalmente los caminos, además hay poca presencia de infraestructura.

A continuación se muestra una Fotografía donde se evidencia lo mencionado anteriormente

81 Fotografía No. 5.1.75 Vista panorámica de la UP Montañoso Colinado Erosional



Montañoso Escarpado

Está compuesto por coladas basalto-andesíticas del volcán Rincón de la Vieja, hay evidencia de flujos piroclásticos compuestos por depósitos de tefra y pómez, una cadena de domos dacíticos que conforman el borde o límite sur de la caldera, y

también la presencia de un domo andecítico ubicado en la falda sur oeste del mismo.

Se caracteriza por estar compuesto por lavas complejas que van desde basaltos pasando por andesitas hasta ignimbritas (Bergoeing, 2010)

La clasificación por dominancia de elementos para esta unidad paisajística se caracteriza por haber predominio de elementos bióticos sobre los abióticos con trazas de antrópicos (Bfa).

Esta situación se presenta principalmente porque es una zona de fuerte pendiente en la cual hay un predominio del bosque, esto se debe a que el AID colinda con el Parque Nacional volcán Rincón de la Vieja, los elementos abióticos son reducidos debido a las características geológicas y morfológicas de la zona, por otra parte, los elementos antrópicos son aún más reducidos ya que hay poca intervención humana donde las infraestructuras presentes corresponden a la actividad hotelera en donde destaca el hotel Borinquen.

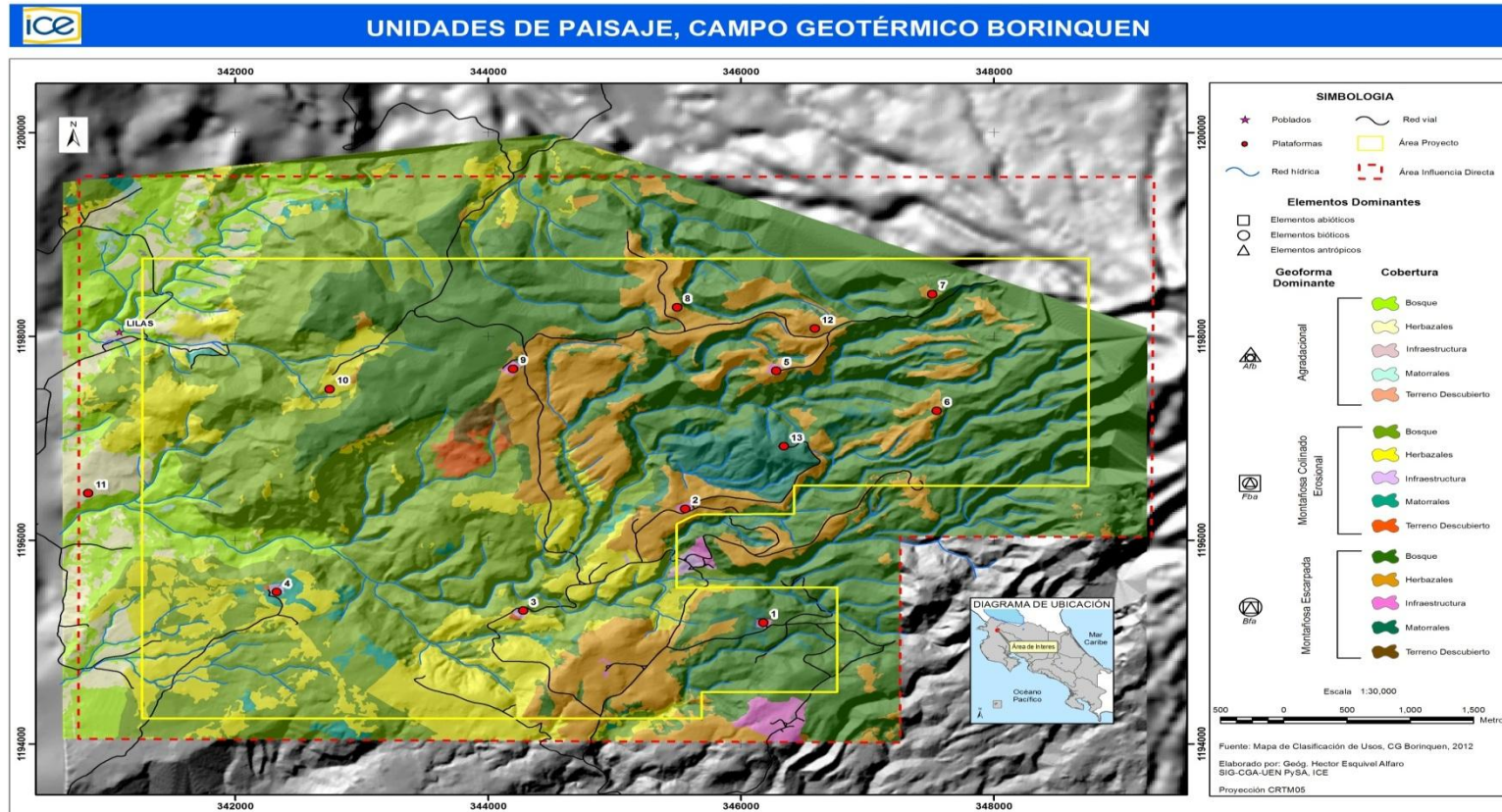
A continuación se muestran dos Fotografías que identifican la unidad paisajística en mención.

82 Fotografía No. 5.1.76 Falda oeste del volcán Rincón de la Vieja ubicada en la unidad de paisaje Montañoso Escarpado.



La Figura No. 5.1.78 muestra con mayor detalle las unidades paisajísticas descritas así como la clasificación de los elementos de acuerdo a su dominancia.

94 Figura No. 5.1.78 Mapa Unidades de Paisaje CG Borinquen



5.1.11.3 Análisis visual

El objeto de este análisis es determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, bien simultáneamente o en secuencia, con vistas a la posterior evaluación de ciertos parámetros globales que permitan caracterizar un territorio en términos visuales

La operación básica de los análisis de visibilidad es la determinación de la cuenca visual. La cuenca visual de un punto se define como la zona que es visible desde ese punto (Aguilo, 1981). Por extensión se puede ampliar el concepto a un conjunto de puntos próximos o que constituyan una unidad u objeto (un embalse, un tramo de carretera, etc), y considerarla como la porción de territorio vista desde ellos, o lo que es lo mismo, desde donde pueden ser vistos.

En todos los análisis de visibilidad las unidades próximas a los límites del estudio presentan el problema de su interacción visual con aéreas próximas no pertenecientes a la zona estudiada. La forma más elegante de resolver estos problemas es ampliar el área de estudio, en una zona de profundidad igual a la distancia máxima de visibilidad a lo largo de todo su perímetro. Esta solución tiene el inconveniente de proporcionar un considerable aumento del trabajo de inventariación pero es la única forma que permite un tratamiento sistemático de todas las unidades de paisaje del área de estudio con independencia de que estén situadas o no en su periferia (Guía para la elaboración de estudios del medio físico: paisaje, contenido y metodología del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, España, 1995).

Para este fin, es necesario tomar en cuenta las principales características de la cuenca visual como lo son el tamaño, la altura relativa, la forma y la compacidad.

En cuanto al tamaño, la variable de observación más usada es el área de la cuenca visual donde la cantidad de área vista desde cada punto es una medida de la intervisibilidad de un territorio, la extensión permite ubicar los puntos más visibles o los que se ven con menor frecuencia en el territorio.

La altura relativa es la medida ponderada de las superficies de las áreas visibles en función de las cotas entre los puntos de la cuenca y el punto de observación, si es positiva significa que el observador se encuentra en una posición superior con respecto al territorio observado, en el caso contrario, indica que el observador se encuentra por debajo del territorio.

La forma territorial de la cuenca visual es la forma geométrica de la delimitación en planta, como elemento categorizador de las condiciones visuales del territorio, se utiliza el término vista la cual puede distinguirse entre vista simple y múltiple, en la primera los límites son conspicuos y la visión penetra claramente entre ellos, en la segunda las brechas o aperturas de una determinada pantalla dejan pasar la

visión por varios sitios independientes, por otra parte, la vista es panorámica si no hay obstáculos en una cierta amplitud.

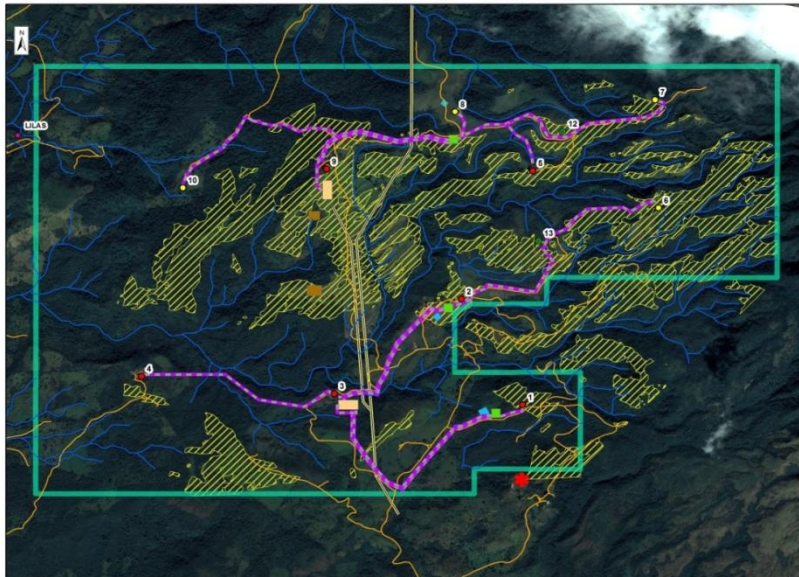
En función al alcance, las vistas se clasifican como cerradas si el fondo escénico y el plano medio no están representados, limitadas si el fondo no es relevante y abierto si la visión alcanza muy lejos.

La compacidad se refiere a la mayor o menor presencia de zonas no vistas o huecos dentro del contorno formado por los puntos visibles más lejanos, puede estimarse de una forma simple a través del porcentaje de huecos o superficie no visible incluida dentro del contorno de la cuenca visual en relación a la superficie total dentro del territorio.

En lo que respecta al Campo Geotérmico Borinquen, el análisis visual está enfocado hacia las obras del proyecto como lo son caminos, plataformas, ubicación de las casas de máquinas, subestación principalmente entre otras.

En las Fotografías que se muestran a continuación, se puede observar la ubicación propuesta para las obras anteriormente mencionadas en donde el asterisco de color rojo es el punto de observación hacia el área del proyecto, el color turquesa representa el AP, de color verde las estaciones separadoras, en celeste las lagunas de reinyección, en beige los sitios de casa de máquinas, en café las escombreras y los puntos rojos, amarillos y verde las plataformas.

83 Fotografía No. 5.1.77 Sitio de observación 1, Hotel Buena Vista



Este sitio de observación se encuentra ubicado en uno de los caminos internos del Hotel Buena Vista, sobre la divisoria de aguas, en donde las áreas representadas

de color amarillo equivalen a las zonas visibles dentro y fuera del AP de color turquesa las cuales son de 6.21 Km².

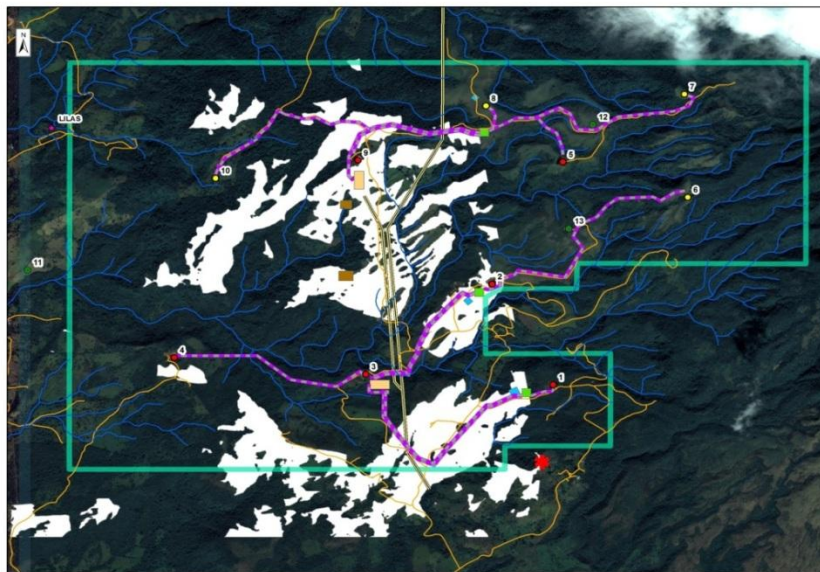
Desde este punto se puede observar las unidades de paisaje Colinado Erosional y Montañoso Escarpada en donde la afectación visual a la forma y al color del paisaje debido a la intrusión de las diferentes obras es baja ya que se observan las plataformas #2 y #5, esto se debe a las características topográficas del sitio y la compacidad de la cuenca visual, la vista es abierta ya que se puede observar gran parte del territorio donde el radio máximo alcanza 4.5 Km.

En la siguiente Fotografía se puede ver lo anteriormente mencionado.

84 Fotografía No. 5.1.78



85 Fotografía No. 5.1.79 Sitio de observación 2, Mirador Hotel Buena Vista



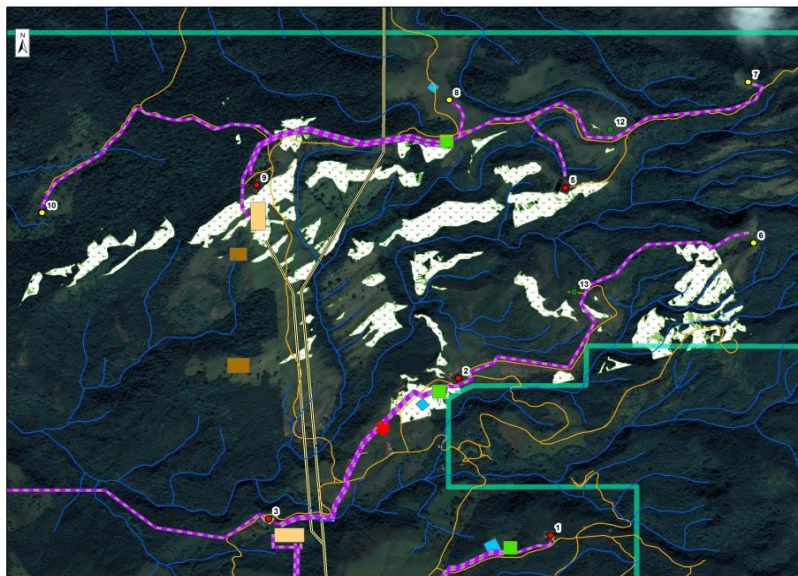
El sitio de observación se encuentra ubicado en el restaurante Mirador del Hotel Buena Vista, sobre la misma divisoria de aguas donde las zonas visibles se representan de color blanco cuya superficie es de 5.83 Km².

En este sector se puede observar la zona limítrofe de las unidades de paisaje Colinado Erosional y Montañoso Escarpada, principalmente la zona central del AP, al ser esta un área de morfología multiconvexa se da una serie de huecos o superficie no visible en la parte inferior del AP causada por los valles, el alcance de la vista se considera panorámica y abierta ya que no hay obstrucciones, el alcance máximo de visión es de 5.5 Km. La alteración a la forma del paisaje se debe a la intrusión de la plataforma #2 y la futura ubicación de la tubería bifásica, casa de máquinas norte y la LT.

86 Fotografía No. 5.1.80



87 Fotografía No. 5.1.81 Sitio de observación 3, Caballeriza Hotel Borinquen



La ubicación de este punto es detrás de la caballeriza del Hotel Borinquen en el límite de las unidades de paisaje Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada, el área visible es de color blanco con puntos verdes y tiene una extensión de 1.13 Km².

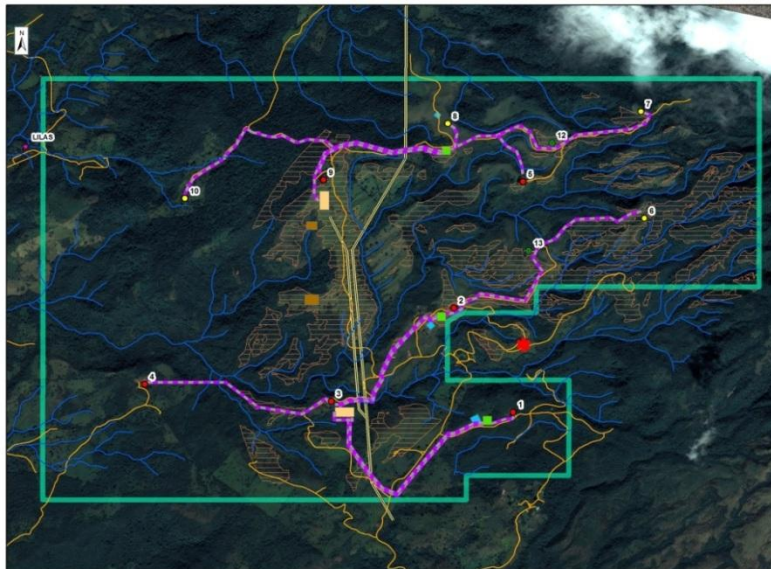
El sector del paisaje contemplado se distingue por ser una vista panorámica ya que hay pocos obstáculos los cuales son ocasionados por la topografía del sitio, además es abierta ya que alcanza muy lejos, ejemplo de esto es que el radio máximo es de 2.6 Km.

La siguiente Fotografía muestra la torre de perforación ubicada en la plataforma #2 la cual causa una alteración en la forma y el color del paisaje.

88 Fotografía No. 5.1.82



89 Fotografía No. 5.1.83 Sitio de observación 4, Camino Hotel Borinquen – Mirador



Esta vista corresponde al camino que va desde el Hotel Borinquen hacia el Mirador en dicho hotel, se encuentra ubicado en la unidad paisajística Montañoso Escarpada y se identifica por tener un achurado de color naranja cuya área se extiende en 4.01 Km².

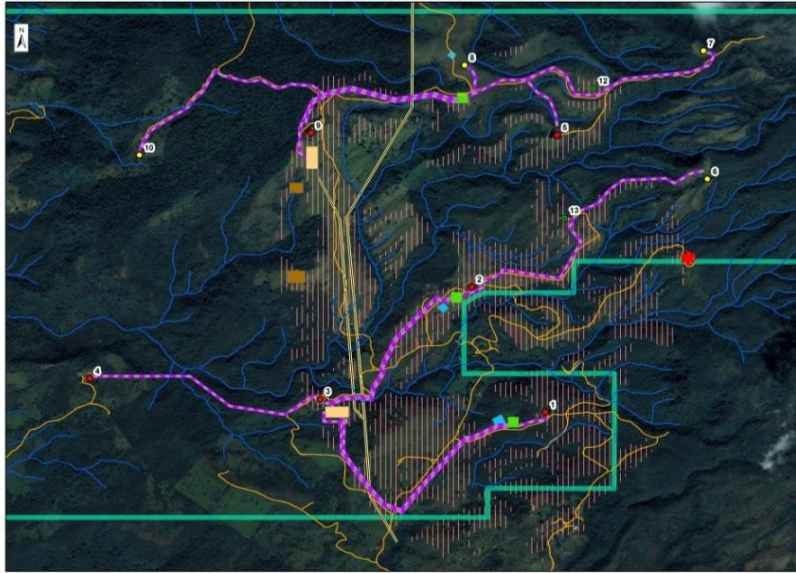
En este sitio gran parte de la unidad de paisaje Montañoso Escarpada puede ser observada y en menor medida la Colinado Erosional, la compacidad se refleja en los valles donde la visión es nula, desde este punto el color y la forma se ven afectados a raíz de la intrusión de las obras donde se pueden observar las plataformas #2, #5 y #9, además la ubicación de la futura casa de máquinas norte, algunos sectores de la tubería, el sitio de escombrera sur y, dos estaciones separadoras.

A pesar de las características topográficas de la zona, la vista es panorámica y abierta en donde la visión se extiende hasta los 3.1 Km, en la Fotografía No. 5.1.84 se muestra lo citado anteriormente.

90 Fotografía No. 5.1.84



91 Fotografía No. 5.1.85 Sitio de observación 5, Mirador Hotel Borinquen



El punto de observación se ubica en el mirador del Hotel Borinquen, en el sector Montañoso Escarpado, se identifica con el achurado rosado y abarca un área de 5.01 Km².

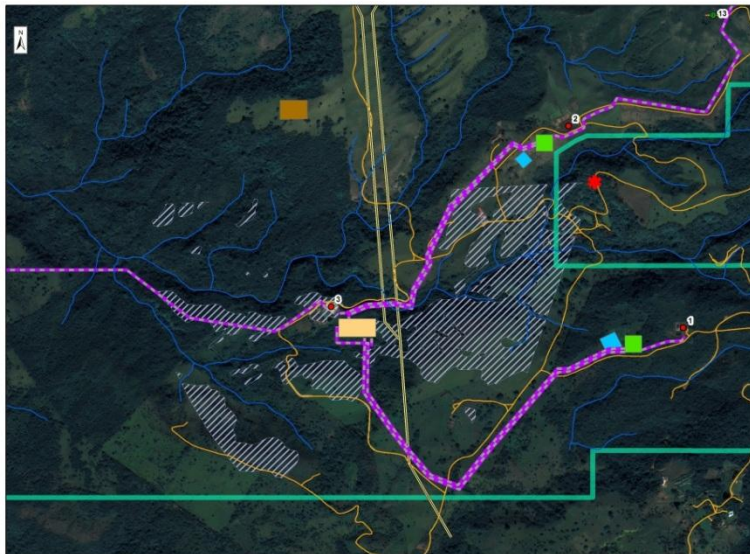
Al ser una de las laderas del volcán Rincón de la Vieja, se da una vista panorámica y abierta lo que hace posible una visión amplia de las unidades paisajísticas Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada en donde es posible observar las diferentes obras del proyecto así como las zonas no visibles dentro de la cuenca visual donde la vista se extiende hasta los 3.5 Km.

En la siguiente Fotografía se muestra la vista panorámica que se observa desde este punto en donde se aprecia en primer plano la plataforma #2 y en segundo plano la plataforma #3.

92 Fotografía No. 5.1.86



93 Fotografía No. 5.1.87 Sitio de observación 6, Hotel Borinquen (Sector alto)



La ubicación de este sitio es en la parte alta del Hotel Borinquen el cual se encuentra en la unidad paisajística Montañoso Escarpada, en una de las laderas del volcán Rincón de la Vieja, desde este sector el área observable es de 0.89 Km² y se representa con el achurado celeste.

Debido a las características del sitio, la vista se considera cerrada ya que el fondo escénico y el plano medio no se encuentran bien representados en donde la vista apenas alcanza 2.5 Km de distancia.

La compacidad se presenta en los valles dejando visibles algunas laderas así como la plataforma #3 y un pequeño sector de donde se ubicaría la casa de

máquinas sur y tramos cortos de la tubería y el camino principal lo cual afecta la forma y el color del paisaje.

En la Fotografía a continuación se muestra la vista desde este sitio.

94 Fotografía No. 5.1.88



95 Fotografía No. 5.1.89 Sitio de observación 7, Hotel Borinquen (Sector medio)



Al igual que el sitio de observación anterior, éste se ubica en el mismo hotel y en la misma unidad de paisaje con la diferencia de que es en el sector medio en donde el área de observación para este punto es de 0.36 Km² y se identifica mediante la zona de puntos de color rojo.

La vista que se observa desde este sector es aún más cerrada ya que presenta las mismas limitaciones que el punto de observación anterior, además de esto,

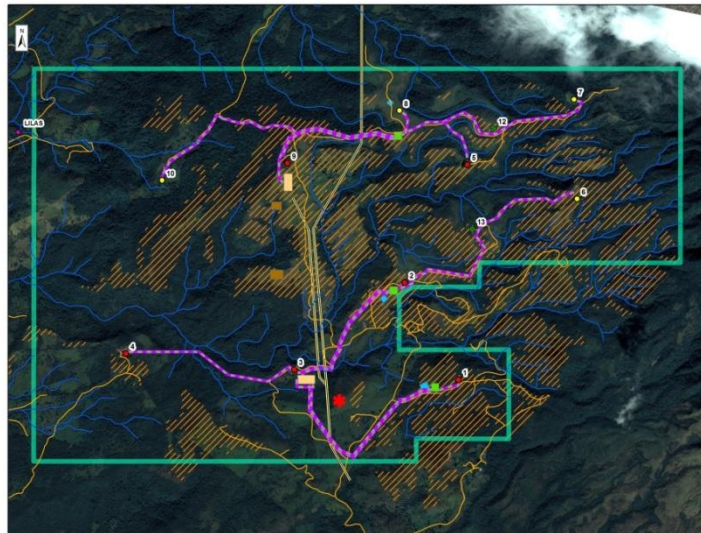
dicho punto posee poca altura relativa ya que la posición con respecto al territorio observado es baja lo cual limita el alcance de la visión el cual es de 1.7 Km, de esta forma, las obras del C.G. Borinquen pasan desapercibidas.

Como se puede observar en la Fotografía No. 5.1.90, el alcance de la vista es poco y no se aprecia la intrusión visual de las obras.

96 Fotografía No. 5.1.90



97 Fotografía No. 5.1.91 Sitio de observación 8, Casa Hacienda Borinquen



Este sitio de observación se encuentra ubicado en la casa de la Hacienda Borinquen, en el límite de las unidades de paisaje Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada, el achurado naranja corresponde al área observable la cual es de 8.47 Km².

Desde este punto se puede observar gran parte del AP principalmente la unidad de paisaje Montañoso Escarpada y en menor medida la Montañoso Colinado Erosional.

Esto se debe a que la vista es simple, abierta y panorámica lo cual permite que el alcance sea lejano ya que no hay barreras que obstaculicen la visión donde el radio máximo de visión es de 4.3 Km de distancia, esto permite observar el trazo lineal de algunos caminos, las plataformas #2, #5 y #9 y la posible ubicación del trazo de algunos sectores de las tuberías, la LT, los sitios de escombreras, la casa de máquinas norte, las estaciones separadoras y lagunas de reinyección.

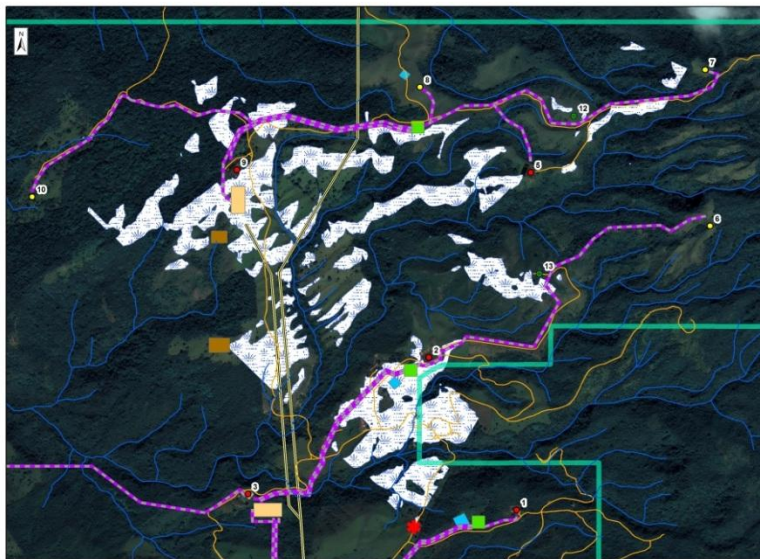
Hacia el sector oeste del AP se da en mayor medida la compacidad ya que la topografía natural del sitio es muy irregular por lo que se dan amplios sectores sin visibilidad.

En la siguiente Fotografía se puede observar lo mencionado anteriormente

98 Fotografía No. 5.1.92



99 Fotografía No. 5.1.93 Sitio de observación 9, Camino Hotel Borinquen



El punto de observación se ubica en el camino principal que comunica hacia el Hotel Borinquen, situado en el borde de las unidades paisajísticas Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada, el área de observación se identifica por ser de color blanco cuyo territorio es de 1.91 Km².

Desde este sector se pueden observar algunos sitios de ambas unidades especialmente las laderas ubicadas en Sotavento ya que la vista es abierta lo cual permite una vista amplia donde se pueden observar las plataformas #2, #5 y #9 y parte del camino, esto se debe a que el radio máximo de visión es de 4 Km, por otra parte, la compacidad o superficie no visible corresponde a los valles producto de la topografía natural del sitio.

La Fotografía No. 5.1.94 muestra la vista desde este punto de observación donde en el fondo se aprecia la torre de perforación para la plataforma #2.

100 Fotografía No. 5.1.94



101 Fotografía No. 5.1.95 Sitios de observaciones, C.G. Borinquen



En esta ilustración se puede apreciar la totalidad del área observable con un achurado de color verde y los diferentes puntos de observación anteriormente mencionados, dicha área equivale a una superficie de 33.85 Km² la cual se extiende mayoritariamente en el AP y en menor proporción fuera de esta.

Como se puede observar, las unidades paisajísticas Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada son las áreas que poseen más superficie observable del AP ya que es en estas donde se encuentran las principales obras del proyecto, mientras tanto la otra unidad denominada Agradacional debido a la lejanía y a las características topográficas naturales del sitio no es vista desde los diferentes puntos de observación.

De esta forma, es la unidad de paisaje Montañoso Escarpada la que se observa con mayor extensión de territorio debido a que es la zona de mayor altitud en donde las laderas del volcán Rincón de la Vieja son las que se logran apreciar desde los diferentes puntos.

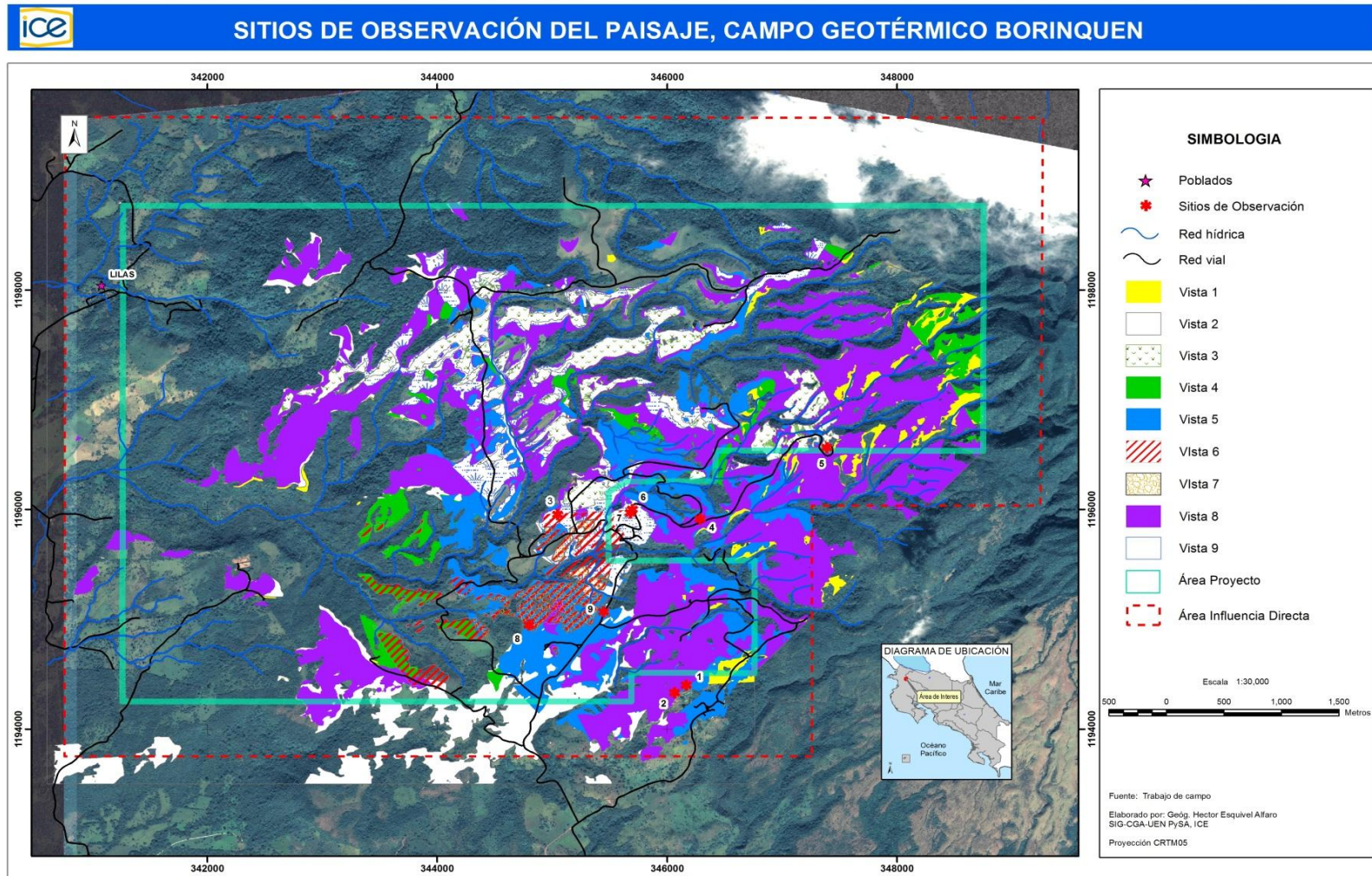
Desde los 9 sitios de observación se logra apreciar la afectación a la forma, color y textura del paisaje natural debido a la intrusión de las diferentes obras teniendo algunas mayor impacto visual que otras para lo cual se pueden aplicar algún tipo de medidas que vengan a corregir esta afectación como la creación de barreras naturales.

Con lo que respecta a las vistas, la cuenca visual posee desde simples donde los límites pueden ser vistos, panorámicas donde no se encuentra ningún tipo de obstrucciones, cerradas hasta abiertas donde se alcanza una vista lejana.

Además de esto, la topografía natural del sitio juega un papel muy importante ya que influye directamente en la compacidad del AP, esto se debe a que se extiende principalmente a lo largo de los cauces de los ríos y algunas zonas donde no es observable la ladera opuesta al sitio de observación.

En la Figura No. 5.1.79 se muestra el mapa donde se incluyen todas las vistas mencionadas anteriormente con diferentes achurados y colores.

95 Figura No. 5.1.79 Sitios de Observación del Paisaje, CG Borinquen



5.1.11.4 Ejemplificación de obras de acuerdo a algunas vistas

Las siguientes ilustraciones corresponden a algunas de las vistas anteriormente descritas en donde se utiliza un modelo en 3D en las cuales se incluye la ubicación de plataformas y la propuesta para algunas obras del Campo Geotérmico Borinquen especialmente, las casas de máquinas y la subestación compacta.

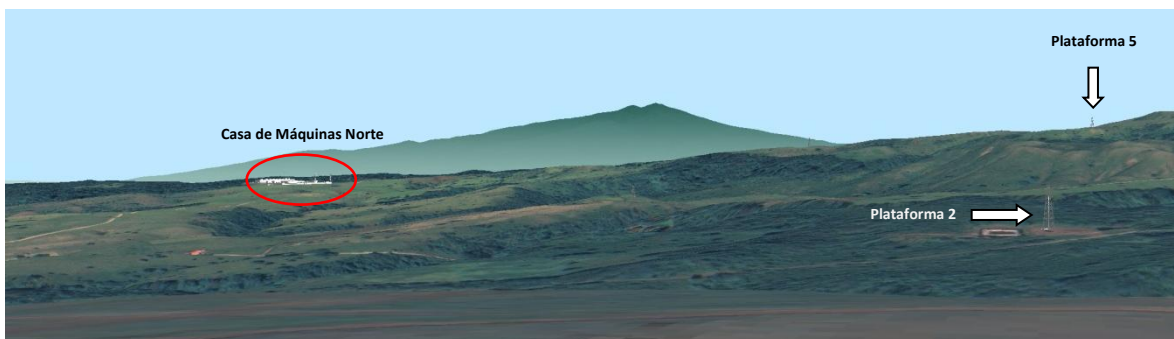
Es importante aclarar que los modelos de las obras que se muestran corresponden a infraestructuras ubicadas en otros proyectos como por ejemplo el Campo Geotérmico Las Pailas, por lo que su función es simple ilustración.

De esta forma, se lleva a cabo una simulación de las vistas utilizando un modelo de elevación y la imagen multiespectral para el área de interés.

En la simulación siguiente, en la Figura No. 5.1.80, se puede observar las plataformas #2 y #5 y el camino principal así como la posible ubicación de casa de máquinas norte cerca de la plataforma #9. Esta vista corresponde a la ubicada en uno de los caminos internos en la parte alta del sector del mirador del Hotel Buena Vista, la vista #1.

Como se ha mencionado anteriormente, el paisaje se ve afectado visualmente en la forma y el color ya que hay una intromisión de agentes externos que distorsionan el entorno debido a la alteración en el medio natural.

96 Figura No. 5.1.80



La Figura No. 5.1.81 corresponde a la vista #2 ubicada en el mirador del Hotel Buena Vista, en esta simulación se aprecia con mayor claridad la casa de máquinas norte y en menor grado las plataformas #2 y #5, esto se debe a las características topográficas del sitio en donde se puede observar el relieve multiconvexo de la unidad paisajística Montañoso Colinado Erosional.

Además de esto, la vegetación de la zona influye en la panorámica ya que no crea ninguna obstaculización por lo que el edificio sobresale en el color y forma del paisaje.

97 Figura No. 5.1.81



En las siguientes simulaciones, en la Figura No. 5.1.82, se aprecia la vista #4 la cual se ubica en el camino del Hotel Borinquen hacia el mirador.

En la primera se observa la casa de máquinas sur y la subestación compacta las cuales sobresalen en el paisaje natural del sitio en donde se da una alteración de la forma y el color del mismo a pesar de que la topografía ayuda a ocultar un poco las obras.

En la segunda ilustración, se observa la plataforma #2 y la posible ubicación de casa de máquinas norte la que estaría cerca de la plataforma #9. Esta edificación sobresale en el paisaje ya que no hay ningún tipo de barrera que obstaculice la vista en donde el relieve y la cobertura de pastos favorecen a que ésta sea visible desde distintas zonas.

98 Figura No. 5.1.82



La siguiente simulación, en la Figura No. 5.1.83, corresponde al sitio de observación #5 el cual se encuentra en el mirador del Hotel Borinquen, desde este sector se aprecia gran parte del AP en donde destaca la casa de máquinas norte y la plataforma #2.

Debido a que es uno de los sitios con mayor altitud la vista se considera panorámica lo cual permite tener un alcance bastante largo, asociado a esto se encuentra la vegetación la cual no crea ninguna barrera visual por lo que es posible observar dichas infraestructuras.

99 Figura No. 5.1.83



A continuación se muestra la simulación de la vista #6, ver la Figura No. 5.1.84, correspondiente al sector alto del Hotel Borinquen, como se mencionó anteriormente, la vista se considera cerrada debido a las características topográficas y a la vegetación del lugar.

Desde este punto es posible observar la futura ubicación de la casa de máquinas sur y parte de la subestación.

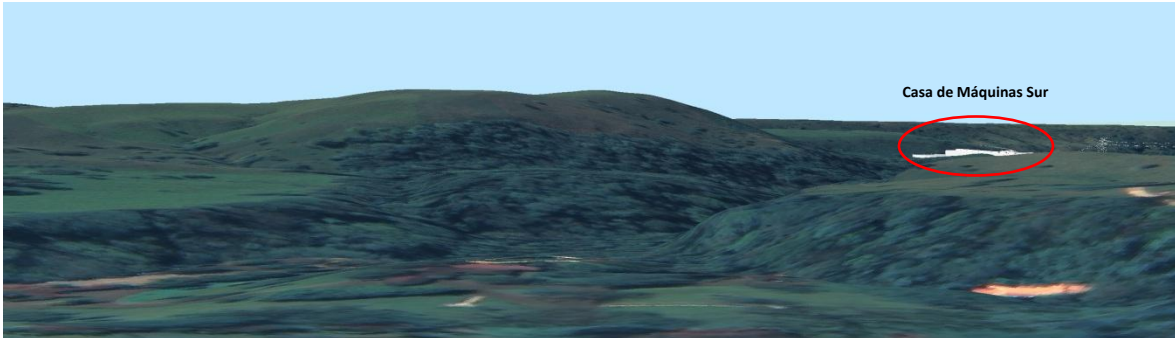
100 Figura No. 5.1.84



La Figura No. 5.1.85 corresponde a la simulación de la vista #7 ubicada en el mismo hotel, en el sector medio y posee las mismas condiciones que la vista anterior, al estar en un lugar más bajo que el sitio #6 la vista es más cerrada por lo que la posible ubicación de casa de máquinas sur se observa muy poco, otros

factores que también influyen son el relieve y la vegetación los cuales crean una barrera visual y obstaculizan la obra.

101 La Figura No. 5.1.85



La siguiente simulación, en la Figura No. 5.1.86 corresponde a la vista #8, la cual se ubica detrás de la casa de la Hacienda Borinquen, debido a las características topográficas del sitio y a la ausencia de cobertura vegetal, la vista se considera panorámica ya que desde este punto de observación se aprecia el camino principal, la plataforma #5 y la posible ubicación de la casa de máquinas norte cerca de la plataforma #9.

Desde este sitio se puede observar las unidades paisajísticas Montañoso Colinado Erosional y Montañoso Escarpada

102 Figura No. 5.1.86



Esta simulación es del sitio de observación #9, en la Figura No. 5.1.87, el cual está ubicado sobre el camino principal hacia el Hotel Borinquen, desde este sector se puede observar la plataforma #2 y la futura ubicación de casa de máquinas norte así como cortos trayectos de uno de los caminos internos del AP, esto se debe a que la vista en dicho sector es abierta en donde las características del relieve así como la vegetación permiten observar dichas infraestructuras las cuales crean una afectación visual en el paisaje debido al cambio en el color y la forma.

103 Figura No. 5.1.87



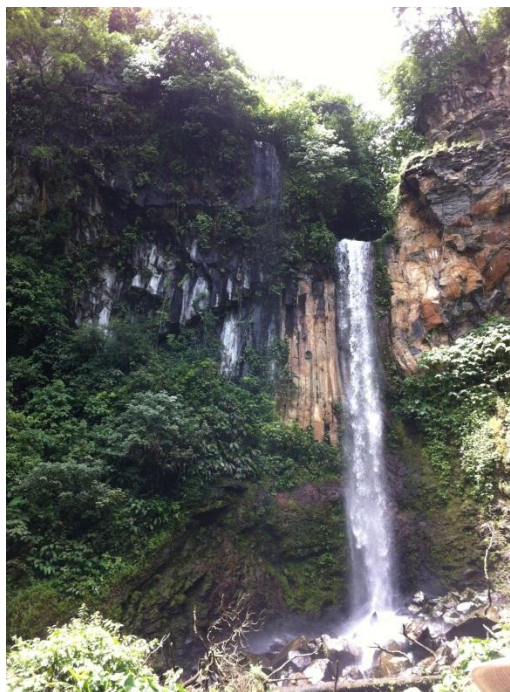
5.1.11.5 Sitios de belleza escénica

El Campo Geotérmico Borinquen es un sitio que presenta una amplia belleza escénica debido a las características bióticas como abióticas, principalmente en la unidad de paisaje Montañoso Escarpada.

Debido a las características topográficas del AP, se encuentran importantes caídas o saltos de agua conocidas como cascadas lo cual dan un importante valor escénico al área de interés.

En la siguiente ilustración se muestra una de las caídas de agua ubicada en el río Salitral cerca de los hoteles Borinquen y Buena Vista.

102 Fotografía No. 5.1.96



Una de las principales razones de esta belleza escénica es la cercanía al Parque Nacional volcán Rincón de la Vieja lo cual permite que haya una cobertura boscosa abundante lo que crea un contraste visual con los pastizales de la unidad paisajística Montañoso Colinado Erosional, además de esto, es posible que se den avistamientos de algunas especies de mamíferos como por ejemplo venados, perezosos, monos, entre otros.

La Fotografía No.5.1.97 muestra la cobertura boscosa ubicada en las faldas del volcán Rincón de la Vieja en la unidad de paisaje Montañoso Escarpada

103 Fotografía No. 5.1.97



Además de las condiciones mencionadas anteriormente, los hoteles aprovechan la cercanía al volcán para desarrollar actividades recreativas como caminatas por senderos, monta a caballo, uso de cuadracillos, canopy, entre otros.

Otros atractivos que se encuentran en el sitio son las diferentes infraestructuras creadas con el fin de aprovechar los recursos naturales como las fuentes de aguas termales para lo cual se construyeron complejos de piscinas y saunas. Otro de los recursos aprovechados son las arcillas originadas en los volcancitos de barro las cuales son de gran interés turístico.

Las siguientes Fotografías muestran las piscinas de aguas termales ubicadas en el Hotel Borinquen

104 Fotografía No. 5.1.98



En la Fotografía No. 5.1.99 se observa uno de los sitios utilizados para la extracción de arcilla.

105 Fotografía No. 5.1.99



En la siguiente Fotografía se observa el sitio utilizado para la aplicación de la arcilla anteriormente extraída a los visitantes del hotel.

106 Fotografía No. 5.1.100



5.1.11.6 Sitios de interés turístico

Como se ha mencionado anteriormente, el área en estudio cuenta con una amplia riqueza natural la cual es aprovechada por los hoteles de la zona.

De esta forma, los hoteles realizan una serie de actividades acordes con la ubicación geográfica que poseen con el fin de ser más atractivos y poder así atraer la mayor cantidad de visitantes.

Debido a la cercanía del Hotel Borinquen al Área del Proyecto, los sitios de interés turístico que se mencionarán corresponden a los visitados por los diferentes tours que realiza dicho hotel en el Campo Geotérmico Borinquen.

Este hotel cuenta con una serie de tours con diferentes modalidades donde destacan la parte natural y la parte de aventura, las cuales pueden hacerse en cuadraciclo, a caballo y mediante caminatas, mientras que la parte de aventura corresponde principalmente al canopy. Ver la Figura No. 5.1.88.

Para los que les gusta disfrutar de la naturaleza, el hotel realiza el "tour ecológico", éste se lleva a cabo en uno de los senderos de la cobertura boscosa ubicada en las cercanías a los pozos #9 y #10 al norte del AP, se puede realizar a pie, a caballo y en cuadraciclo, se puede apreciar el bosque así como la observación de animales principalmente mamíferos como monos congo y araña.

En la Fotografía No. 5.1.101 se puede apreciar el bosque en uno de los senderos donde se realiza éste tour.

107 Fotografía No. 5.1.101



Otro tour que se realiza es el "de las cumbres", el cual consiste en una visita a los pastizales en las lomas ubicadas en la unidad de paisaje Montañoso Colinado Erosional, en las cercanías a pozo #5. Este tour se hace en cuadraciclo y a caballo en donde es posible observar el paisaje desde la parte alta.

Las siguientes Fotografías muestran lo anteriormente mencionado.

108 Fotografía No. 5.1.102



Además de éstos, se lleva a cabo otro tour tanto a caballo como en cuadraciclo hacia el mirador del hotel, el recorrido de éste pasa cerca de la caballeriza, continúa por el camino hacia pozo #2 y bordear el hotel para seguir hacia el mirador por el camino principal. Desde éste sitio es posible apreciar gran parte del AP debido a las características topográficas de la zona lo cual permite una vista panorámica.

A continuación se muestran dos Fotografías que ejemplifican lo mencionado anteriormente

109 Fotografía No. 5.1.103



El hotel también brinda un tour que no es muy frecuente al mirador ubicado detrás de la casa de la Hacienda Borinquen el cual se realiza en la tarde con el fin de ver la puesta del sol en el golfo Papagayo, el desplazamiento de los visitantes es en vehículo.

En las siguientes Fotografías se aprecia el vehículo empleado para dicho fin y la vista panorámica hacia el golfo Papagayo.

110 Fotografía No. 5.1.104

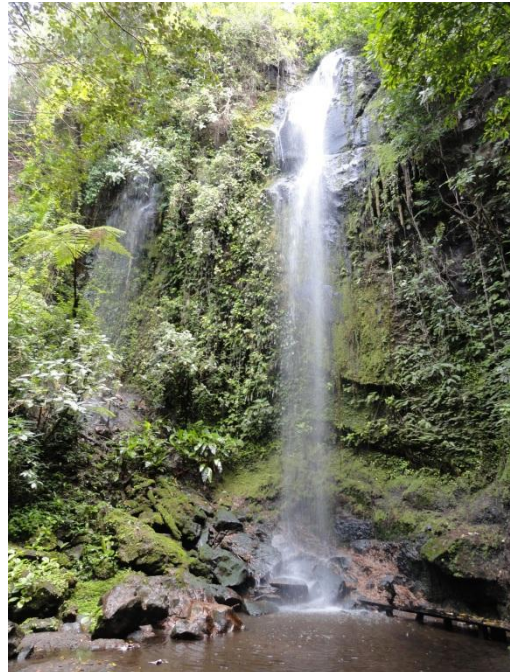


El tour "tempisque" consiste en un recorrido similar al del mirador del hotel solo que se desvía hacia la quebrada Pacayal; en donde dicho traslado deja de ser a caballo y en cuadraciclo para realizarse en caballo y a pie,

En este sendero se puede observar la naturaleza del sitio así como algunas especies de mamíferos como monos, venados principalmente, y dos cataratas llamadas Misterio y Escondida.

Las siguientes ilustraciones muestran parte del recorrido y las cataratas anteriormente mencionadas.

111 Fotografía No. 5.1.105



El hotel Borinquen cuenta con un sendero dentro de las instalaciones de 300 metros aproximadamente, el cual inicia en el sector de la piscina y finaliza en el área de las arcillas, éste se puede visitar tanto en el día, tarde o en la noche ya que no requiere de guía ni de algún tipo de desplazamiento.

En las siguientes ilustraciones se puede apreciar dicho sendero.

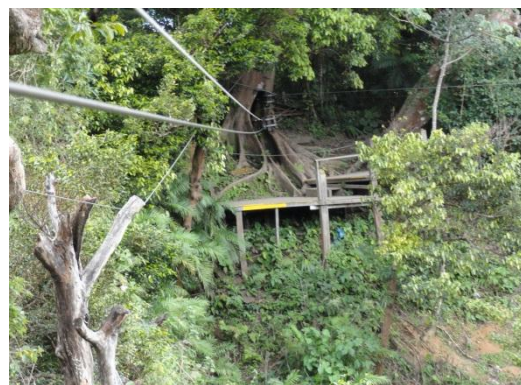
112 Fotografía No. 5.1.106



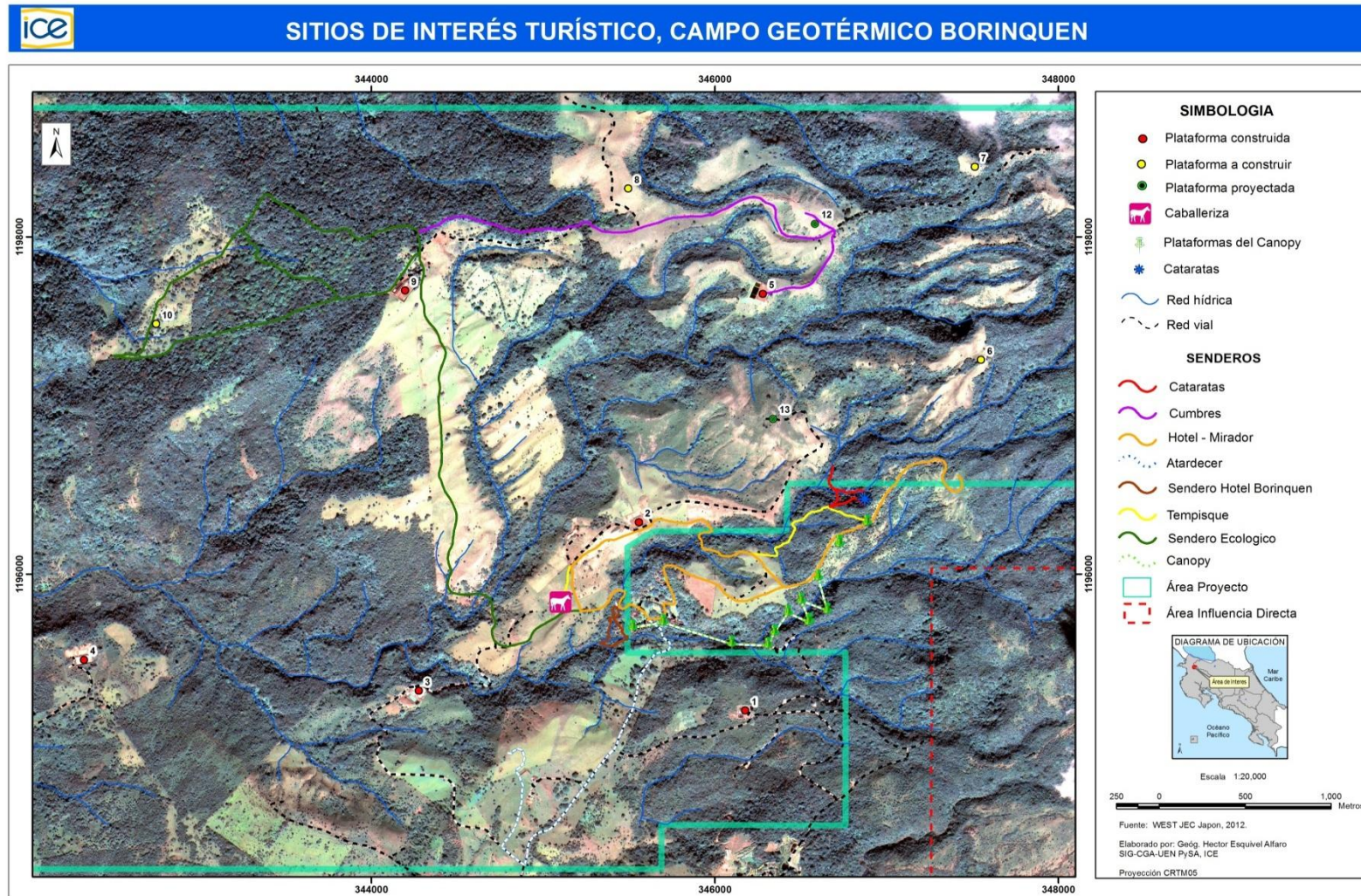
Con lo que respecta a la aventura, el hotel brinda un tour de canopy, el cual se ubica en el cañón del río Salitral, éste cuenta con un total de 9 cables con diversas longitudes que van desde los 83.95 metros hasta los 417.7 metros siendo éste el cable más largo y 13 plataformas en donde la plataforma 1 se encuentra cerca del camino que se dirige hacia el mirador del hotel y la plataforma 13 en el parqueo de dicho hotel.

A continuación se muestran dos ilustraciones que ejemplifican la actividad del canopy.

113 Fotografía No. 5.1.107



104 Figura No. 5.1.88 Sitios de Interés Turístico CG Borinquen



5.2 Entono Biológico

5.2.1 Introducción

El presente trabajo integra los principales hallazgos del estudio de la biodiversidad en el Área del Proyecto (AP) del campo Geotérmico Borinquen (PG Borinquen), donde se localizan las fincas Borinquen, Pedernales, Las Imágenes y Buenavista.

5.2.2 Ambiente terrestre

El área de estudio se ubica al suroeste del Parque Nacional Rincón de la Vieja, en el Distrito Cañas Dulces, Cantón Liberia, Provincia de Guanacaste. Esta zona es un complejo mosaico de vegetación en diferentes etapas de regeneración, conformada en un alto porcentaje de potreros bordeados por sectores en recuperación (charral y bosque secundario), y algunos sectores con bosque maduro y bosque ripario, lo cual a su vez favorece una composición particular de fauna terrestre y acuática. El AP se encuentra muy cercano a la zona protegida del Parque Nacional Rincón de la Vieja.

Debido a esta particularidad el área muestra condiciones para albergar una alta biodiversidad, ya que los sectores alterados como potreros, charrales y bosques en regeneración proveen hábitat y refugio para muchas especies que gradualmente están siendo portadoras y distribuidoras de semillas en un proceso creciente de restauración natural de los bosques.

5.2.3 Status de protección del AP

En el área de proyecto se ubican zonas de protección importantes como bosques riparios en la cuenca del río Salitral y sus subcuencas de las quebradas Gata

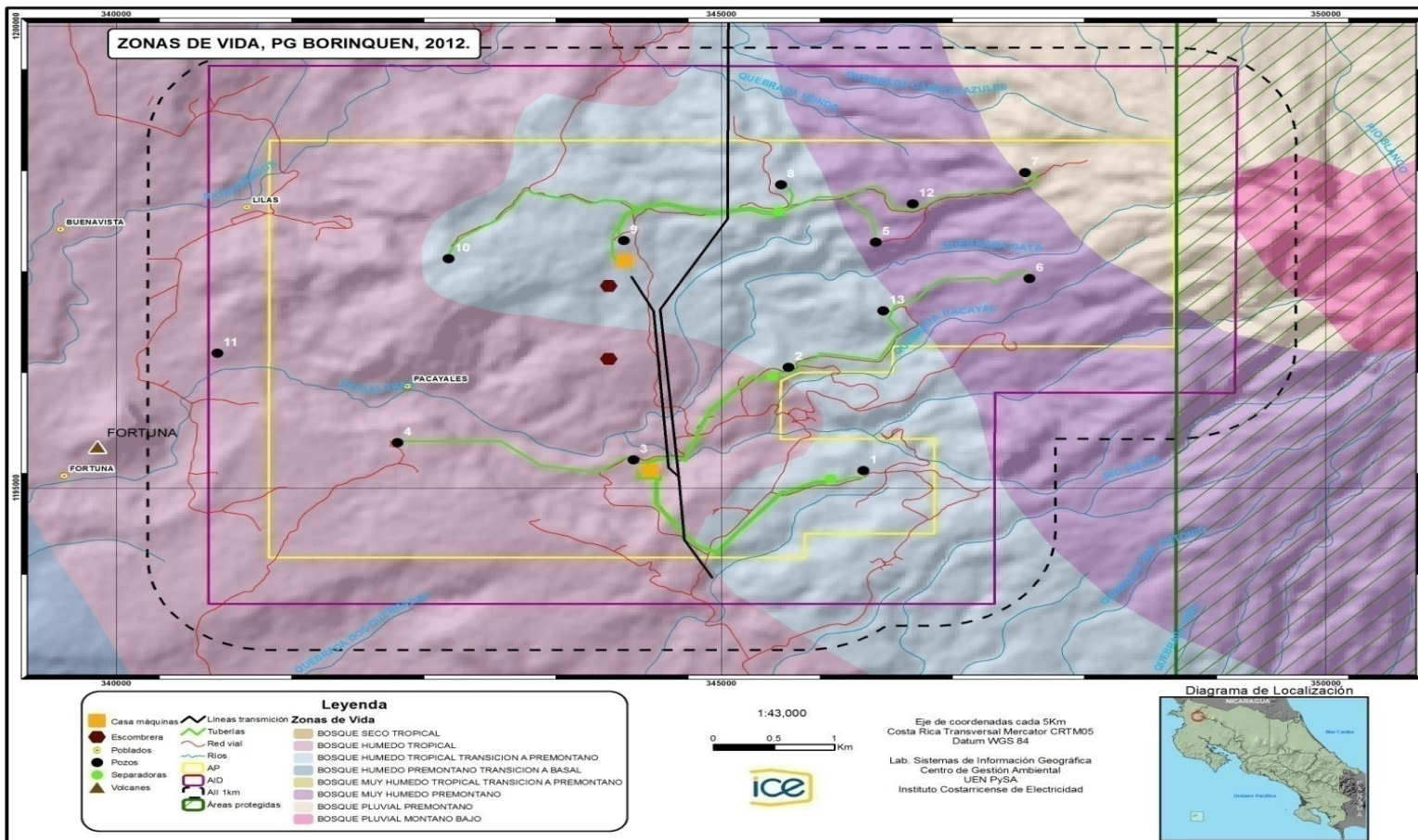
Pacayales, además de considerables extensiones de bosques maduro y secundario. En las vecindades del AP en una pequeña sección en la zona más al noreste, contiguo a la plataforma 7, el proyecto colinda un una sección del Parque Nacional Rincón de La Vieja.

5.2.4 Zonas de Vida

El AP se ubica en cuatro zonas de vida de conformidad con el sistema de Zonas de Vida de L.R. Holdridge (1982). En el Bosque húmedo tropical (**bh-T**) están las dos plataformas de perforación P4 y 3 junto a la casa de máquinas sur y en el Bosque húmedo tropical transición a Premontano (**bh-T Δ**) se encuentran la mayoría de obras. A mayor altitud en el Bosque muy húmedo premontano (**bmh-P**) se localizan tres plataformas de perforación (P 5, 6 y 12) y en el Bosque pluvial premontano (**bp-P**) solamente la plataforma P7. En la Figura No. 5.2.1 se muestra la distribución espacial de estos bioclimas.

5.2.4 Mapa de zonas de vida

105 Figura No. 5.2.1. Mapa de zonas de vida. Fuente ICE-West Jec Japón, 2012.



5.2.5 Asociaciones naturales presentes

En la sección norte del AP en la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano, a una altitud de 600 a 650 msnm se encuentra un bloque de bosque maduro en las cercanías de la divisoria continental de la Cordillera de Guanacaste entre los macizos volcánicos Rincón de la Vieja y Cacao. En esta depresión o paso de montaña, este ecosistema constituye una asociación atmosférica por viento y distribución anormal de la precipitación, debido a la influencia de los vientos alisios cargados de humedad del noroeste provenientes de la Vertiente Atlántica que provocan mayor nubosidad y precipitación en esta zona durante la época seca y el veranillo.

5.2.6 Cobertura vegetal por asociación natural

La cobertura vegetal para la asociación natural antes descrita corresponde al Bosque Maduro cuyas características específicas y ubicación se describen a continuación en la sección de Flora.

5.2.7 Fragilidad de ecosistemas

En La zona de estudio se considera la presencia de cuatro ecosistemas frágiles: bosque maduro, bosque secundario maduro, bosque ripario y el ecosistema acuático lótico conformado por el río Salitral y sus afluentes.

El bosque maduro asociado a los pozos 9 y 10 , descrito florísticamente en el apartado 5.2.8.2 (a), es uno de los ecosistemas más frágiles, que en caso de ser intervenido podría tener mayor afectación hacia un grupo de especies más sensibles, pues según como se verá en detalle en el apartado 5.9.2.4, ese criterio parte del hecho de que todas las especies amenazadas o en peligro registradas del grupo de los mamíferos, se localizaron en ése bosque y sus alrededores (antigua Finca Los Planes), de modo que de ser intervenido antrópicamente podría acarrear consecuencias significativas para las especies cuyo ámbito de hogar coincide con este sector.

El bosque maduro asociado al Pozo 9, es uno de los ecosistemas más frágiles, que en caso de ser intervenido podría tener mayor afectación hacia un grupo de especies más sensibles, pues según como se verá en detalle en el apartado 5.9.2.4 ese criterio parte del hecho de que todas las especies amenazadas o en peligro registradas del grupo de los mamíferos se localizaron en ése bosque y sus alrededores (Finca Los Planes), de modo que de ser intervenido antrópicamente podría acarrear consecuencias significativas para las especies cuyo ámbito de hogar coincide con este sector.

5.2.8 Flora

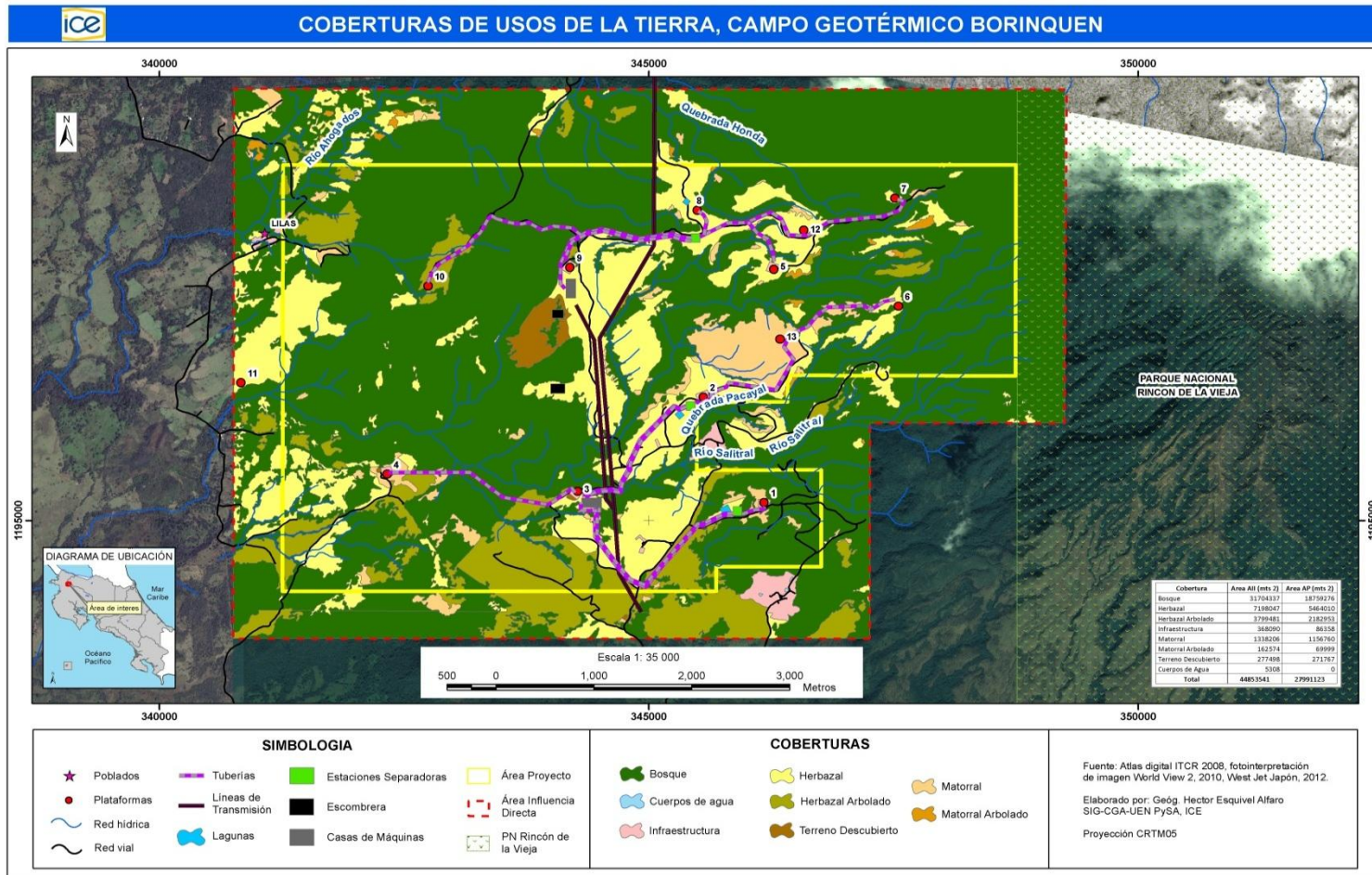
5.2.8.1 Mapa cobertura vegetal

En la Figura No. 5.2.2 se presenta el mapa de cobertura vegetal del área de influencia del Proyecto, elaborado con base en el sistema oficial estandarizado para la clasificación de los ecosistemas de Costa Rica, desarrollado por el proyecto Ecomapas (Kappelle et al, 2003), al cual se adiciono la categoría de bosque secundario.

Los ecosistemas presentes son: herbazal (potrero), herbazal arbolado (potrero arbolado), matorral (charral) y bosque que incluye tres tipos: maduro, ripario y secundario.

Mapa de cobertura vegetal

106 Figura No. 5.2.2 Mapa de cobertura vegetal.



5.2.8.2 Caracterización de la flora

La descripción de la flora se realizó con base en la composición florística y estructura de los diferentes tipos de vegetación que serían eventualmente o directamente afectados por las obras.

a. Bosque maduro

El bosque maduro localizado en la asociación atmosférica de la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano, localizado en el sector noroeste del campo geotérmico sería directamente afectado por el trazado de la tubería de reinyección del P9 al P10 y por un camino paralelo existente que deberá ser ampliado para el tránsito de la perforadora al P10, ver Fotografía No. 5.2.1 y Fotografía No. 5.2.2.

Éste posee una diversidad florística y estructura vertical diversa y compleja con 3 estratos bien definidos, el dosel o estrato superior posee una altura de 35 a 40 metros con gran abundancia de árboles que proveen frutos atractivos para la fauna silvestre tales como higuerones (*Ficus* sp. *F. jimenezii*, *F. obtusifolia* y *F. oerstediana* y otros), chilamate (*Ficus insípida*), cucaracho (*Billia rosea*), muchas Lauraceas tales como ira rosa, aguacatillos y quizarras (*Ocotea whitei*, *O. stenoneura*, *Nectandra hypoleuca* y *N. umbrosa*), al igual que sapotaceas como carey (*Elaeouma glabrecens*), zapotillo (*Micropholis crotonoides*), caimitos (*Chrysophyllum* sp y *C. brenesii*) y zapotes (*Pouteria* spp.), que son especies indicadoras de mayor humedad debido a la influencia Atlántica, creciendo asociadas a otras especies como nispero chicle (*Manilkara chicle*), azulejo (*Cornutia pyramidata*), ojoche (*Brosimum allicastrum*), ojoche negro (*Clarisia biflora*), además de cuero de vieja (*Mortoniendron anisophyllum*), higuerón colorado (*Coussapoa villosa*), chapernos (*Lonchocarpus* sp. y *L. oliganthus*), sangrillo blanco (*Pterocarpus rohrii*) surá (*Terminalia oblonga*) y bálsamo (*Myroxylon baslamum*) cuyo aprovechamiento está vedado por estar en peligro de extinción .

En el estrato intermedio de 10 a 25 metros de altura, predominan los ojochillos (*Pseudolmedia oxyphyllaria* y *Trophis racemosa*), anonillos (*Annona pruinosa* y *Rollinia danfortii*), cocora (*Guarea* sp.), huevos de caballo (*Stenmadenia donell-smithii*), cachito (*Tabernaemontana* spp.) y tucuico (*Ardisia revoluta* y *A. compressa*), junto con jorco (*Garcinia intermedia*), fosforillo (*Dendropanax arboreous*), yos (*Sapium glandulosum*), chaperno (*Lonchocarpus salvadorensis*), lagartillo (*Zanthoxylum setulosum*), muñecos (*Cordia eriostigma* y *C. lucidula*), *Maytenus segobiarum*, garrocho (*Quararibea asterolepis*), *Croton megistocarpus*, cascúa (*Cupania glabra*), guaba peluda (*Inga tonduzii* e *I. vera*), cuajiniquil (*Inga punctata*), matasano (*Casimiroa edulis*), fruta de pava (*Eugenia salamensis*), yayo (*Oxandra venezuelana*), fósforo (*Alchornea costaricensis*), cuipo (*Hampea platanifolia*), higuito (*Ficus pertusa*), cirrí (*Tapirira mexicana*) y manú platano (*Vitex cooperi*), los cuales en su mayoría poseen frutos apetecidos por la fauna silvestre.

En el sotobosque de 3 a 10 metros de altura, hay muchos aguacatillos (*Ocotea tenera* y *O. mollicela*), murtas (*Eugenia truncata*, *E. monticola*, *Calyptanthes pallens*, *Myrcia splendens*), zorrillos (*Solanum arboreum* y *Cestrum pittierii*), arrayán (*Myrica cerifera*), ojochillo (*Sorocea trophoides*) y guineíta (*Desmopsis bibracteata*), asociados a talcacao (*Capparis frondosa*), acerola (*Malpighia glabra*), molenillo (*Quararibea funebris*), papaturro (*Coccoloba acuminata*), huesillos (*Allophylus psilospermus* y *A. occidentalis*), uvilla (*Meliosma donnell-smithii*), naranjito (*Swartzia simplex*), nalga de india (*Guapira costaricana*), curilla (*Mollinedia pinchotiana*), talcacao (*Capparis frondosa*), garrapatillo (*Hirtella americana*), chupetillas (*Heisteria concinna* y *H. cyanocarpa*), uruca (*Trichilia havanensis*), tres dedos (*Crateva tapia*), *Prockia crucis*, espino (*Randia aculeata*), cacao de mico (*Capparis discolor*), anonillo (*Guatteria oliviformis*), cerillo (*Symphonia globulifera*), guatuso (*Hasseltia floribunda*), *Sapranthus viridiflorus* y *Amyris pinnata* que es una especie amenazada.

El piso del sotobosque es ralo en vegetación donde se camina fácilmente y abundan arbustos de varias familias como Piperaceae con anisillo, hoja de estrella y rabos de ratón (*Piper aduncum*, *P. amalago*, *P. auritum*, *P. dariense*, *P. reticulatum*, *P. tuberculatum*), al igual que varias Acalypha de las familia Euphorbiaceae, como rabo de gato y gusanillo (*A. diversifolia*, *A. ferdinandii* y *A. hispida*), junto a carmín (*Rivina humilis*), maicillo (*Tournefortia glabra*), *Neea* sp., chile congo (*Capsicum anum*), rabo de iguana (*Acacia tenuifolia*), tucuico (*Ardisia* sp.), *Phenax* sp., *Phytolacca* sp., *Senna hayesiana*, *Witheringia* sp., *Faramea* sp., piedrilla (*Erythroxylum macrophyllum*), *Razizea spicata* y *Stryphnos panamensis*. Las palmas son poco diversas siendo abundantes únicamente pacaya (*Chamaedorea costaricana*) y *Reinhardtia simplex*, otras más escasas son pacaya de danta (*Chamaedorea tepejilote*) y palmitillo (*Prestoea decurrens*).

Algunas hierbas como ajillo (*Petiveria alliacea*) cubren sectores del piso, junto con varias *Psychotrias* y caña agria (*Costus laevis*), también son comunes ciertas enredaderas como zarzaparilla (*Smilax* spp), *Cissus erosa*, *Serjania* spp. y *Xilophragma seemanii*. De acuerdo al inventario florístico realizado, este ecosistema posee 128 especies correspondientes a 95 árboles, 23 arbustos, 4 palmas y 6 hierbas y enredaderas.

Este bosque maduro es un ecosistema de alta biodiversidad en equilibrio ecológico, su estrato superior presenta dominancia de especies arbóreas de gran porte pertenecientes a las familias Moraceae, Lauraceae y Sapotaceae, las cuales desempeñan un rol sumamente relevante al brindar alimento y refugio a gran variedad de avifauna y mamíferos pequeños que constituyen presas importantes para el mantenimiento de la mastofauna incluyendo los felinos, actualmente en peligro de extinción. En el siguiente se presentan dichas especies arbóreas junto con el bálsamo (*Myroxylon balsamum*) cuya corta está vedada por estar en peligro de extinción.

51 Cuadro No. 5.2.1 Especies arbóreas de importancia ecológica del dosel del bosque maduro

Especies arbóreas			
Nombre científico	Nombre común	Familia botánica	Alimentación
<i>Ficus</i> spp.	Higuerones	Moraceae	Aves y mamíferos
<i>Ficus insipida</i>	Chilamate	Moraceae	Aves y mamíferos
<i>Clarisia biflora</i>	Ojochillo	Moraceae	Aves y mamíferos
<i>Clarisia racemosa</i>	Ojochillo	Moraceae	Aves y mamíferos
<i>Brosimum allicastrum</i>	Ojoche	Moraceae	Aves y mamíferos
<i>Nectandra umbrosa</i>	Quizarra sombrero	Lauraceae	Aves y mamíferos
<i>Nectandra hypoleuca</i>	Tiquísaro	Lauraceae	Aves y mamíferos
<i>Ocotea oblonga</i>	Aguacatillo peludo	Lauraceae	Aves y mamíferos
<i>Ocotea</i> sp.	Aguacatillo fruto ramificado	Lauraceae	Aves y mamíferos
<i>Ocotea stenoneura</i>	Quizarra amarillo	Lauraceae	Aves y mamíferos
<i>Elaeoluma glabrecens</i>	Carey	Sapotaceae	Aves y mamíferos
<i>Chrysophyllum</i> spp.	Caimitos	Sapotaceae	Aves y mamíferos
<i>Pouteria</i> spp.	Zapotillos	Sapotaceae	Aves y mamíferos
<i>Manilkara chicle</i>	Nispero chicle	Sapotaceae	Aves y mamíferos
<i>Cornutia pyramidata</i>	Azulejo	Verbenaceae	Avifauna
<i>Dendropanax arboreous</i>	Fosforillo	Araliaceae	Avifauna
<i>Myroxylon balsamum</i>	Bálsamo o chirraca	Papilionaceae	Vedado

114 Fotografía No. 5.2.1 Al fondo se observa el bloque de bosque maduro de la asociación atmosférica de la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano localizado en el sector noroeste del campo geotérmico. Marzo 2- 2012.



115 Fotografía No. 5.2.2. Bosque maduro de la asociación atmosférica de la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano localizado en el sector noroeste del campo geotérmico, donde se ampliaría el camino existente y se instalaría la tubería de reinyección al P10. Abril 17 – 2012.



b. Bosque ripario

En el sector sur del AP el bosque ripario de las márgenes del río Salitral localizado a menor altitud en la zona de vida bosque húmedo Tropical, sería eventualmente afectado por la casa de máquinas sur y directamente impactado por el paso las tuberías de P2 y P6 a la casa de máquinas y a la plataforma de reinyección P3, ver Fotografías No. 5.2.3 y No. 5.2.4. Esta zona de vida posee menor humedad y

así lo evidencia la presencia de especies arbóreas como guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), flor blanca (*Plumeria rubra*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), clavillo (*Adelia triloba*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), guachipelín (*Dyphisa americana*), talcacao (*Pilocarpus racemosus*), lengua de vaca (*Miconia argentea*), corteza amarga (*Picramnia antidesma*), lagartillo (*Zanthoxylum fagara*), tempisque (*Sideroxylum capiri*), aguacatillo (*Nectandra globosa*), cascúa (*Cupania guatemalensis*), mastate (*Daphnopsis americana*), chumico (*Sapindus saponaria*), jobo (*Spondias mombin*), palo de bejuco (*Machaerium biovulatum*), *Erblichia odorata*, *Tetrorchidium rotundatum* y ron ron (*Astronium graveolens*) especie arbórea de madera preciosa amenazada.

El descenso en la humedad también se refleja en una mayor abundancia de especies como jorco (*Garcinia intermedia*), uruca (*Trichilia havanensis*), muñeco (*Cordia eriostigma*), murta (*Eugenia truncata* y *Eugenia monticola*), guineíta (*Desmopsis bibracteata*), cuajiniquil (*Inga punctata*), níspero chicle (*Manilkara chicle*), espino (*Randia aculeata*), azulejo (*Cornutia pyramidata*), chaperno (*Lonchocarpus oliganthus*), surá (*Terminalia oblonga*) y gavilancillo (*Albizia adinocephala*).

En el sector central del AP, el bosque ripario de un brazo de la quebrada Gata sería también alterado por el paso de la tubería bifásica del P5 a la estación separadora 3.

116 Fotografía No. 5.2.3. Vista de la plataforma PGB 5 en una fila con pastizal, a la izquierda de la misma se aprecia el bosque ripario del cañon de la quebrada Gata. La tubería bifásica de esta plataforma cruzaría el cañon boscoso de otro brazo de esta quebrada. Noviembre 14 - 2012.



117 Fotografía No. 5.2.4. Bosque ripario del cañon de la quebrada Gata, en la parte alta del pastizal de la margen izquierda se ubicaría la plataforma PGB 6. Mayo 25- 2012.



c. Bosque secundario

En la zona central del campo geotérmico, al oeste del camino de la hacienda Borinquen y a ambos lados del río Salitral, se encuentran extensiones considerables de bosque secundario, ver Fotografía No. 5.2.5. Un bloque de bosque secundario de mediana extensión ubicado en la margen izquierda del río Salitral sería alterado por la tubería de reinyección del P3 al P4.

Este ecosistema se encuentra en una fase intermedia de la sucesión natural, posee dos estratos y una diversidad florística baja con predominio de especies arbóreas heliófitas y esciófitas parciales. El dosel con una altura de 5 a 7 m presenta dominancia de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), laurel (*Cordia alliodora*), gavilancillo (*Albizia adonocephala*), indio desnudo (*Bursera simarouba*), cedrillo (*Trichilia americana*) y guarumo (*Cecropia peltata*) con algunos emergentes de níspero chicle (*Manilkara chicle*) y guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), en asocio con uruca (*Trichilia havanensis*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), chaperno (*Lonchocarpus salvadorensis* y *L. oliganthus*), coyol (*Acrocomia aculeata*), cenízaro (*Samanea saman*), almendro de montaña (*Andira inermis*), cuajiniquil (*Inga punctata*), cascúa (*Cupania guatemalensis*), manteco (*Trichilia irta*), lagartillo (*Zanthoxylum fagara* y *Z. Setulosum*), clavillo (*Adelia triloba*), canelo (*Ocotea veraguensis*), espino (*Randia aculeata*), chumico (*Sapindus saponaria*), anonillo (*Rollinia membranacea*), anona (*Annona pruinosa*), mastate (*Daphnopsis americana*), roble sabana (*Tabebuia rosea*), muñeco blanco (*Cordia panamensis*), cortes negro (*Tabebuia impetiginosa*), madroño (*Calycophyllum candidissimum*), mora (*Maclura tinctoria*), nance (*Byrsonima crassifolia*), *Tetrorchidium rotundatum* y *Leucaena multicapitula*.

En el sotobosque predomina la vegetación arbustiva junto con regeneración natural de especies arbóreas del dosel y otras como tucuico (*Ardisia revoluta*), peipute (*Xilosma flexuosa*), achiotillo (*Vismia baccifera*), nance macho (*Clethra mexinaca*), papaya cimarrona (*Carica pennata*), escampa gallina (*Randia thurberi* y *R. karstenii*), corteza amarga (*Picramnia antidesma*), guayaba (*Psidium guajaba*), espuela de gallo (*Margaritaria nobilis*), azulejo (*Cornutia pyramidata*) y chilillo (*Phyllanthus acuminatus*), algunos arbustos presentes son abejoncillo (*Senna biflora*, *S. hayesiana* y *S. pallida*), *Lippia* sp., amapola (*Malvaviscus arboreus*), varios rabo de ratón (*Piper aduncum*, *P. amalago*, *P. marginatum* y *P. umbelatum*), *Cordia guanacastensis* y *Psycotria glabrecens*.

En sectores más abiertos hay pasto jaragua (*Hiparrhenia rufa*), abacá o yutí (*Musa textilis*), helechos de *Adiantum* sp., y *Lisodium venustum*, algunas hierbas como lechugilla (*Elephantopus mollis*) y *Criptonia morifolia*, junto con enredaderas de cucharilla (*Amphilophium paniculatum*), raspaguacal (*Petra volubilis*), *Gouania lupoloides*, bejuco azul (*Cissampelos pareira*), iasú (*Cissus pseudosicyoides*), ajillo (*Mansoa hymenaea*), pega pega (*Desmodium* sp.), *Aristolochia* sp., uña de tigre (*Pisonia aculeata*) y bejuco de corral (*Heteropterys obovata* y *H. laurifolia*).

118 Fotografía No. 5.2.5. Vista de bloque de bosque secundario en la margen derecha del río Salitral, se aprecia la dominancia de pocas especies arbóreas como guácimo (*Guazuma ulmifolia*) junto con laurel (*Cordia alliodora*), gavilancillo (*Albizia adonoccephala*) y guarumo (*Cecropia peltata*) entre otros. En primer plano se nota la diferencia con los árboles de copas más frondosas del bosque ripario del río Salitral. Marzo 2-2012.



d. Charral

Este ecosistema localizado en la zona bioclimática Bosque húmedo tropical transición a Premontano, al igual que la mayoría de las obras, ocupa una pequeña extensión en las cercanías de la plataforma de perforación 1 y sería afectado por la tubería de reinyección del P1 al P3.

Esta comunidad vegetal está compuesta por vegetación arbustiva con algunos árboles dispersos. En algunas zonas más abiertas con alta luminosidad hay pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) pero predomina la vegetación arbustiva de especies como rabo de zorro (*Stachytarpheta jamaicensis* y *S. frantzii*), *Cordia guanacastensis*, *croton morifolious*, cinco negritos (*Lantana camara*), caregre (*Lippia oxyphillaria*), dormilona (*Mimosa pudica*), cornizuelo (*Acacia collinsii*), rabo de ratón (*Piper marginatum*), amapola (*Malvaviscus arboreous*), escampa gallina (*Randia thurberii*), varios *Solanum* como *S. schlechtendalianum* y *S. torvum*, tuete (*Vernonia patens*) y *Waltheria glomerata*, algunas herbáceas como tora (*Montanoa tomentosa*), gavilana (*Neurolaena lobata*), mozote (*Triumfetta lappula*), Iresine calea, juanilama (*Lippia alba*), clavelillo (*Emilia fosbergii*), *Calea pittieri*, lechugilla (*Elephantopus mollis*), chan (*Hyptis suaveolens*), *Melanthera aspera*, y torilla (*Verbesina obatifolia*), junto con enredaderas como bejuco azul (*Cissampelos pareira*), iasú (*Cissus pseudosicyoides*), uña de gato (*Acacia tenuifolia*), cucharilla (*Amphilophium paniculatum*), bejuco plateado (*Banisteriopsis muricata*), gallinita (*Centrosema macrocarpum*), hoja chigue (*Davilla kunthii*), bejuco de fuego (*Desmosium axilare*), *Machaerium engellii*, *Macrocepis hirsuta*, ajillo (*Mansoa hymenaea*), *Mikania pittieri*, calzoncillo (*Passiflora biflora*), *Cynanchum racemosum*, *Rhynchosia reticulata*, *Blepharodon mucronatum* y *Securidaca sylvestris*.

El componente arbóreo lo conforman árboles aislados remanentes de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), higuérón (*Ficus spp.*), gavilancillo (*Albizia adinocephala*), laurel (*Cordia alliodora*), chapernos (*Lonchocarpus costaricensis* y *L. oliganthus*), guachipelín (*Diphysa americana*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), lengua de vaca (*Miconia argentea*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), dama (*Citharexylum costaricensis*), indio desnudo (*Bursera simarouba*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y nance (*Byrsonima crassifolia*) entre otros, además de regeneración natural de algunas especies arbóreas.

e. Potrero y potrero arbolado

La mayoría de las obras como las casas de máquinas, la subestación y las líneas eléctricas, al igual que las plataformas de perforación, estaciones separadoras y tuberías afectarían directamente potreros y potreros con árboles dispersos, ver Fotografías No. 5.2.6, No. 5.2.7 y No. 5.2.8. La vegetación principal de este tipo de vegetación la constituyen los pastos mejorados tales como *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens*, al igual que pastos naturalizados de jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en asocio con otros nativos como jengibrillo (*Paspalum notatum* y *P. conjugatum*).

En el caso de potreros arbolados el componente arbóreo en la zona de vida Bosque húmedo tropical transición a Premontano, lo componen individuos aislados de especies arbóreas remanentes del bosque original como carey (*Elaeouma glabrecens*), zapotillos (*Pouteria spp.*), cuero de vieja (*Mortonioidendro*

anisophyllum), manteco (*Trichilia irta*), higuerones (*Ficus* spp.), aguacatillos y quizarras (*Nectandra hypoleuca*, *N. umbrosa* y *Ocotea stenoneura*), ocoras (*Guarea* spp.), *Tetrorchidium rotundatum* y *Casearia arguta* junto con otras especies arbóreas propias de ambientes más abiertos como lengua de vaca (*Miconia argentea*), uruca (*Trichilia havanensis*), aguacatillo (*Nectandra globosa*), lagartillo (*Zanthoxylum fagara*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), lengua de gato (*Conostegia xalapensis*), jaboncillo (*Sapindus saponaria*), yos (*Sapium glandulosum*), chaperno (*Lonchocarpus oliganthus*), canelo (*Ocotea veraguensis*), papaturro (*Coccoloba acuminata*), almendro de río (*Andira inermis*), dama (*Cytherexylum donell-smithii*), cuajiniquil (*Inga punctata*), cascúa (*Cupania guatemalensis*), achiotillo (*Vismia baccifera*) y mastate (*Daphnopsis americana*).

A menor altitud en la zona de vida Bosque húmedo tropical, donde se ubican las plataformas de perforación 3 y 4, así como la casa de máquinas sur y la subestación, las especies arbóreas dispersas predominantes son: guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cenízaro (*Samanea saman*), muñeco (*Cordia eriostigma*), guachipelín (*Diphysa americana*), cedrillo (*Trichilia americana*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), indio desnudo (*Bursera simarouba*), cedro (*Cedrela odorata*), alcornoque (*Licania arborea*), capulín dulce (*Mutingia calabura*) mora (*Maclura tinctoria*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), capulín (*Trema micrantha*), guácimo molenillo (*Luhea candida*), laurel (*Cordia alliodora*), jobo (*Spondias mombin*), matapulgas (*Thounidium decandrum*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y peipute (*Xilosma flexuosa*).

119 Fotografía No. 5.2.6. Sector de potrero con árboles aislados donde eventualmente se ubicaría la escombrera 2. Setiembre 7-2012.



120 Fotografía No. 5.2.7. Sitio de la escombrera 1 del Proyecto localizada en una depresión de un terreno con pastizal arbolado, cercano al sitio de la casa de máquinas 1 en el sector norte del campo geotérmico. Marzo 2012.



121 Fotografía No. 5.2.8 Potrereros con árboles aislados del sector norte del campo geotérmico. Marzo 8-2012.



5.2.9 Fauna

El objetivo general del presente estudio fue el de disponer de una caracterización base de la fauna a ser potencialmente perturbada por el desarrollo y explotación del campo geotérmico Borinquen, que permita inferir la susceptibilidad de la misma ante este proyecto. El estudio se inició el mes de noviembre del 2011 hasta octubre del 2012.

En términos generales, la metodología empleada se llevó a cabo con la realización de un inventario de los grupos de fauna más representativos y de mayor factibilidad de ser muestreados bajo un régimen de muestreos mensuales a lo largo de once meses. Los grupos estudiados fueron: Mamíferos, Aves, Anfibios, Reptiles, Peces, Crustáceos e Macro Invertebrados Acuáticos.

Para la caracterización de la fauna del AP se ubicaron seis estaciones fijas de estudio que corresponden a los diferentes tipos de hábitat presentes:

PA- Potrero arbolado

CH- Charral

BS- Bosque secundario.

BM- Bosque maduro.

BR- Bosque ripario.

AS- Aguas superficiales (ríos, quebradas y lagunas temporales).

Los puntos fijos de muestreo y las coordenadas de la ubicación espacial así como la altitud de cada sitio se muestran en el Cuadro No. 5.2.2 y la Figura No. 5.2.3.

Además, en el caso de los mamíferos, se realizaron muestreos en fincas y sectores asociados a los sitios de pozos y accesos, explorando los diversos tipos de ecosistemas localizados en sus alrededores (bosques, poteros, charrales, bosques riparios), esto por cuanto son especies que al estar en el entorno del sitio de obra, podrían transitar por estos durante su desplazamiento

52 Cuadro No. 5.2.2 Coordenadas de sitios de muestreo biológico (CRTM05)

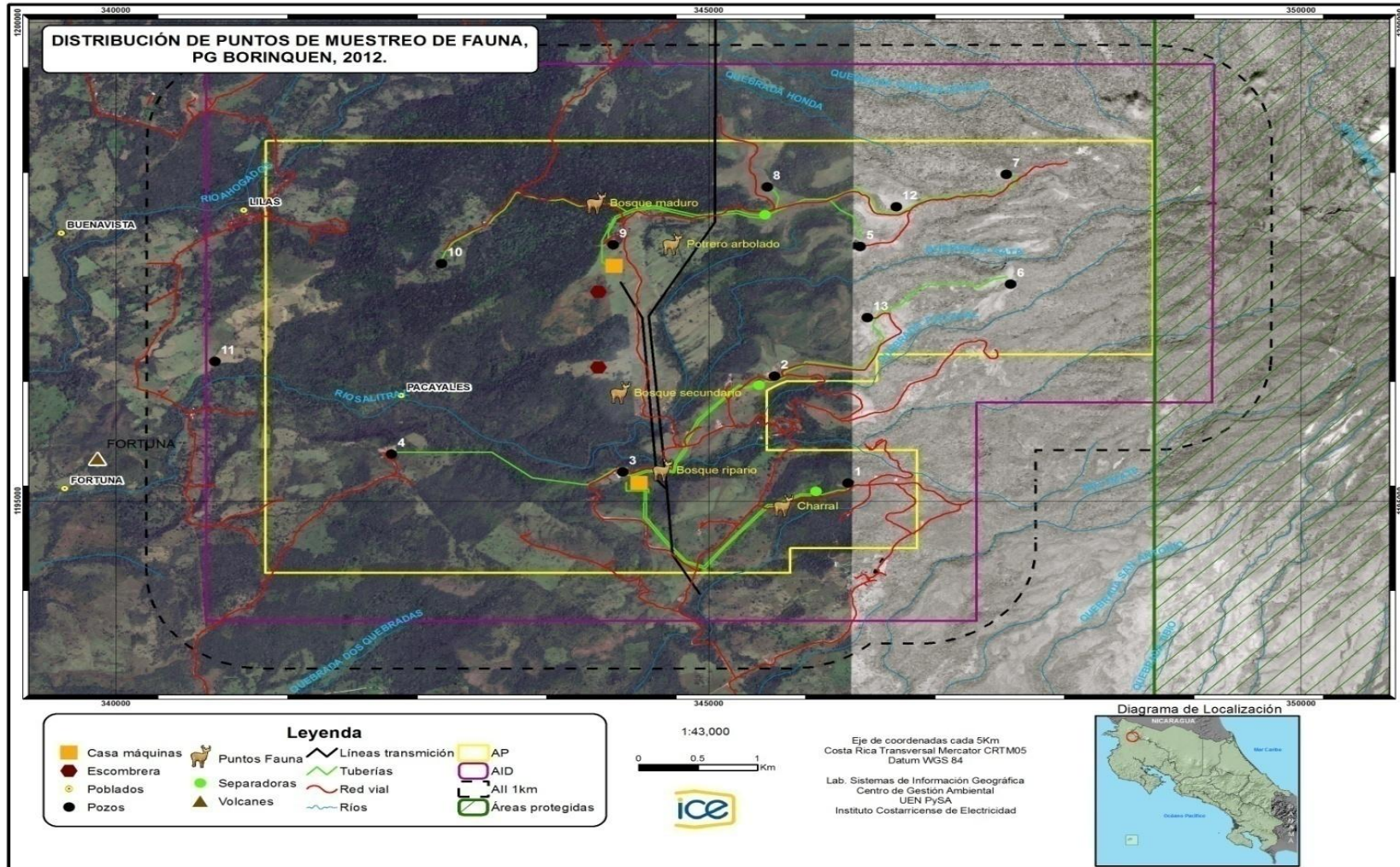
Sitio de muestreo	Longitud	Latitud	Altura
PA-Potrero arbolado	344691	1197689	670 m
CH-Charral	345627	1194952	647 m
BS-Bosque secundario	344251	1196132	598 m
BM-Bosque maduro	344047	1198118	664 m
BR-Bosque ripario	344608	1195325	494 m

Las variables evaluadas fueron: la riqueza de especies (expresada como el número de especies presentes), abundancia relativa (representada como porcentaje de individuos), la diversidad estimada mediante el índice de Shannon-Wiener y la comparación de similitud de especies entre sitios mediante el análisis de clusters de similitud de Jaccard.

Para el hábitat terrestre se realizó una determinación cualitativa de los hábitats estudiados, utilizando el procedimiento recomendado por Ralph et. al (1996).

La metodología específica para cada grupo de fauna se desarrolla con detalle en cada apartado.

107 Figura No. 5.2.3. Ubicación espacial de los sitios de muestreo de fauna. Fuente ICE-West Jec Japón, 2012

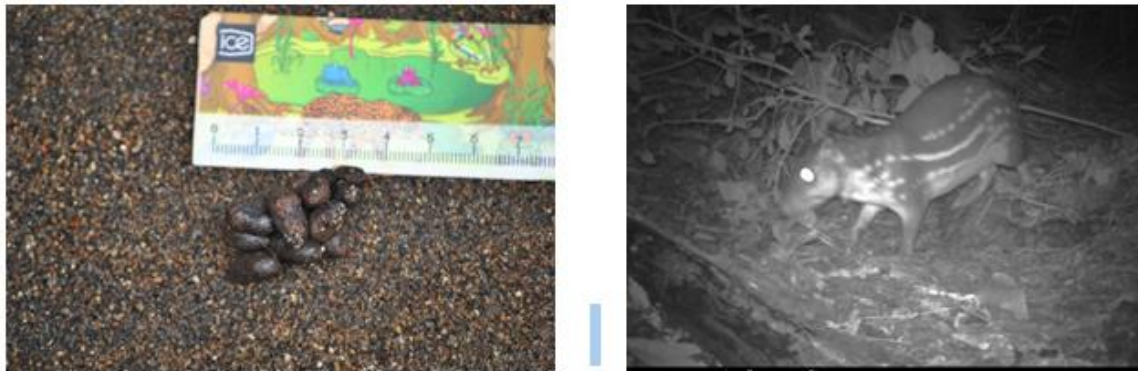


5.2.9.1 Mastofauna

El levantamiento de campo se llevó a cabo entre los meses de julio y octubre de 2012, con periodos de muestreo de cuatro días, una vez al mes. Adicionalmente se cuenta con datos obtenidos a través de observaciones casuales realizadas en los meses de enero y febrero del 2013.

Para recopilar la información correspondiente al grupo de los mamíferos, se registraron los individuos de este grupo encontrados a través de observación directa y rastros (huellas, excretas, llamados auditivos). Se colocaron cámaras trampa en áreas de bosque y trampas Sherman para captura de roedores, tanto en áreas de bosque como en áreas abiertas, ver Fotografía No. 5.2.9.

122 Fotografía No. 5.2.9. A la izquierda excretas de tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y a la derecha la misma especie localizada a través de una cámara trampa.



Los murciélagos se capturaron con redes de niebla (2.6x12m), se colocaron tres redes en cada sitio de muestreo, ver Fotografía No. 5.2.10. En promedio se mantuvieron las redes abiertas durante un periodo de tres horas (18:00-21:00), sin embargo, en casos excepcionales, tales como el Pozo 4 y el Pozo 11, estas se cerraron en la primera hora de muestreo, debido a la alta densidad de captura, para evitar el estrés excesivo de los individuos.

123 Fotografía No. 5.2.10. Red de niebla para captura de murciélagos colocada en el borde del bosque. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.



La identificación taxonómica se fundamentó en la claves de Timmet.al. (1999), Laval & Rodríguez-H (2002), Wainwright (2007) y Reid (2009).

Los sitios para los cuales se registraron mamíferos durante los muestreos de campo se incluyen en el Cuadro No. 5.2.3.

53 Cuadro No. 5.2.3 Sitios donde se registraron mamíferos y abreviaturas

Sitio	Abreviatura
Calle principal	CP
Camino Pozo 9-10	P9-10
Finca Borinquen	Fbor
Finca La Cascada	Lcas
Finca Los Planes	LPI
Finca Ojochal	Ojo
Las Lilas	Lls
Pozo 1	P1
Pozo 10	P10
Pozo 11	P11
Pozo 3	P3
Pozo 4	P4
Pozo 5	P5
Pozo 6	P6
Pozo 8	P8
Pozo 9	P9

Resultados y discusión

En total se registraron 34 especies y 245 individuos, de los cuales el 49% fue del grupo de los murciélagos, representados por 10 especies. La lista con el número de individuos por sitio se incluye en el Cuadro No. 5.2.4.

La especie predominante fue el murciélago *Artibeus jamaicensis*, ver Fotografía No. 5.2.11, con 66 individuos en total. Este es un murciélago insectívoro-frugívoro, por lo que su abundancia, podría ser un indicador de la disponibilidad de recursos en las áreas boscosas, ya que todos se capturaron dentro del bosque o en el borde del bosque.

En cuanto a los mamíferos no voladores el mayor número de individuos registrados corresponde al orden de los primates, con 55 individuos. De este orden se observaron tres especies: mono araña (*Ateles geoffroyi*), mono congo (*Alouatta palliata*) y mono carablanca (*Cebus capucinus*). Las tropas más grandes fueron del mono araña.

Por su parte el éxito de captura con las trampas Sherman fue nulo. Se observó evidencia de “escarbaderos” de taltuzas dentro del bosque aledaño al Pozo 6, sin embargo, no se observaron los individuos. Con base en los datos de distribución de las especies de Costa Rica, se podría inferir que la especie es *Orthogeomys cherriei*.

54 Cuadro No. 5.2.4 Lista de mamíferos y número de individuos por sitio, registrados en área de influencia del Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre 2012.

Fecha	Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	TE	N° Individuos por sitio														
					P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P9-P10	P10	P11	LPI	FBor	LCas	Ojo	Lls
ORDEN XENARTHRA																			
25-jul-12	Dasyopodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	B								1							
29-ago-12	Dasyopodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	B		1													
25-jul-12	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	BB												1			
26-jul-12	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	B								1							
ORDEN DIDELPHIMORPHIA																			
31-ene-13	Caluromyidae	<i>Caluromys derbianus</i>	Zorro de balsa	B			1												
29-ago-12	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Acc													1		
30-ago-12	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Acc														1	
19-sep-12	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Acc	1														
01-nov-12	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Acc															1
12-feb-13	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Acc					2	2									
ORDEN CHIROPTERA																			
25-jul-12	Moormopidae	<i>Pteronotus parnellii</i>	Murciélago	BB													2		
	Phyllostomidae																		
30-oct-12	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundos</i>	Vampiro	B									1						
29-ago-12	Glossophaginae	<i>Hylonycteris underwoodi</i>	Murciélago	Acc						1									
30-oct-12	Glossophaginae	<i>Hylonycteris underwoodi</i>	Murciélago	Pot									1						
30-oct-12	Glossophaginae	<i>Hylonycteris underwoodi</i>	Murciélago	B									2						
31-oct-12	Glossophaginae	<i>Hylonycteris underwoodi</i>	Murciélago	BRip													1		
31-oct-12	Phyllostominae	<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	Murciélago	BRip													1		
24-jul-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	BB													2		
28-ago-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	Ch						1									
19-sep-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	BB													2		
19-sep-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	B													1		

Fecha	Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	TE	N° Individuos por sitio																
					P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P9-P10	P10	P11	LPI	FBor	LCas	Ojo	Ls	CP	
30-oct-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	BB											1						
30-oct-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	B											1						
31-oct-12	Carollinae	<i>Carollia castanea</i>	Murciélago	BRip												6					
25-jul-12	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	BB														1			
28-ago-12	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	Acc, Ch							5										
19-sep-12	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	BB																	
30-oct-12	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	B			4							1							
31-oct-12	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago	BRip											11						
25-jul-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	BB													5				
26-jul-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	B														1			
28-ago-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	B							1										
19-sep-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	BB			7														
19-sep-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	B			15														
30-oct-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	B										13							
31-oct-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago	BRip											24						
29-ago-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>	Murciélago	Acc							1										
30-ago-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>	Murciélago	BB																1	
19-sep-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus phaeotis</i>	Murciélago	B			1														
30-oct-12	Stenodermatinae	<i>Artibeus phaeotis</i>	Murciélago	B										1							
30-oct-12	Stenodermatinae	<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago	B										2							
31-oct-12	Stenodermatinae	<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago	BRip											3						

Fecha	Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	TE	N° Individuos por sitio															
					P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P9-P10	P10	P11	LPI	FBor	LCas	Ojo	Lls	CP
ORDEN PRIMATES																				
	Atelidae																			
28-ago-12	Atelinae	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	B						14										
19-sep-12	Atelinae	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	Acc										20						
24-jul-12	Mycetinae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	B						ND										
18-sep-12	Mycetinae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	BRip														1		
19-sep-12	Mycetinae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	Acc										4						
24-jul-12	Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca	B						2										
29-ago-12	Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca	B						8										
30-ago-12	Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca	B						6										
ORDEN RODENTIA																				
	Sciuridae																			
26-jul-12	Sciurinae	<i>Sciurus variegatoides dorsalis</i>	Ardilla	B						1										
31-ago-12	Sciurinae	<i>Sciurus variegatoides dorsalis</i>	Ardilla	B										1						
21-sep-12	Sciurinae	<i>Sciurus variegatoides dorsalis</i>	Ardilla	Acc												1				
30-ene-13	Erethizontidae	<i>Sphiggurus mexicanus</i>	Puercoespin	B							1									
25-jul-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	B						1										
26-jul-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	Acc						1										
28-ago-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	Acc						1										
29-ago-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	Acc						1										
18-sep-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	BRip														1		
19-sep-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	Acc										1						
01-nov-12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza	B									1							
29-ago-12	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	BRip		1														
19-sep-12	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	B	1															
31-oct-12	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	B									1							
01-nov-12	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	B									1	1						
30-ene-13	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	B								1								

Fecha	Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	TE	N° Individuos por sitio															
					P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P9-P10	P10	P11	LPI	FBo	LCas	Ojo	Ls	CP
ORDEN LAGOMORPHA																				
	Leporidae																			
19-sep-12	Leporinae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de monte	Pot			2													
29-ene-13	Leporinae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de monte	Acc	1															
13-feb-13	Leporinae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de monte	Acc	1															
ORDEN CARNIVORA																				
01-nov-12	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	Acc			4													
31-oct-12	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Acc														1		
01-nov-12	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Acc														2		
29-ago-12	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Acc													1			
19-sep-12	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	B	1															
31-ago-12	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote	Pot												6				
12-feb-13	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote	Pot		1														
31-oct-12	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Martilla	BB				1												
12-feb-13	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Martilla	B							1									
13-feb-13	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Martilla	Ch	1															
13-feb-13	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorro hediondo	Acc			1													
19-sep-12	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorro hediondo	Acc													1			
29-ago-12	Mephitidae	<i>Spilogale putorius</i>	Zorro hediondo	Acc													1			
25-jul-12	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	Acc						1										
13-feb-13	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	B			1													
31-ago-12	Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	León breñero	Pot												2				
ORDEN PERISSODACTYLA																				
26-jul-12	Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>	Danta	B						1										

Fecha	Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	TE	N° Individuos por sitio															
					P1	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P9-P10	P10	P11	LPI	FBor	LCas	Ojo	Ls	CP
ORDEN ARTIODACTYLA																				
	Cervidae																			
25-jul-12	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Pot															1	
26-jul-12	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Pot															3	
19-sep-12	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Acc			1													
31-oct-12	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Acc				1												
31-ene-13	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Pot			1													
41317	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Acc				2												

Abreviaturas:

TE= Tipo de ecosistema:B= Bosque; Ch= Charral; Pot= Potrero; Rip= Ripario; BB= Borde de bosque; Acc= Accesos

Sitios: P1= Pozo 1; P3= Pozo 3; P4= Pozo 4; P5= Pozo 5; P6= Pozo 6; P8= Pozo 8; P9= Pozo 9; P10= Pozo 10; P11= Pozo 11; LPI= Los Planes; P9-P10= Camino pozo 9 -pozo 10

FBor= Finca Borinquen; LCas= Finca La Cascada; Ojo= Ojochal; CP= Calle principal

Estatus: **UICN:** EN= en peligro; LC= preocupación menor/ **MINAET:** PE= Peligro de extinción; PR= Poblaciones reducidas

APÉNDICES: CITES I= especies en peligro de extinción y se prohíbe el comercio internacional

CITES II: especies que no están amenazadas de extinción, podrían llegar a estarlo sino se controla estrictamente su comercio

ND= No determinado

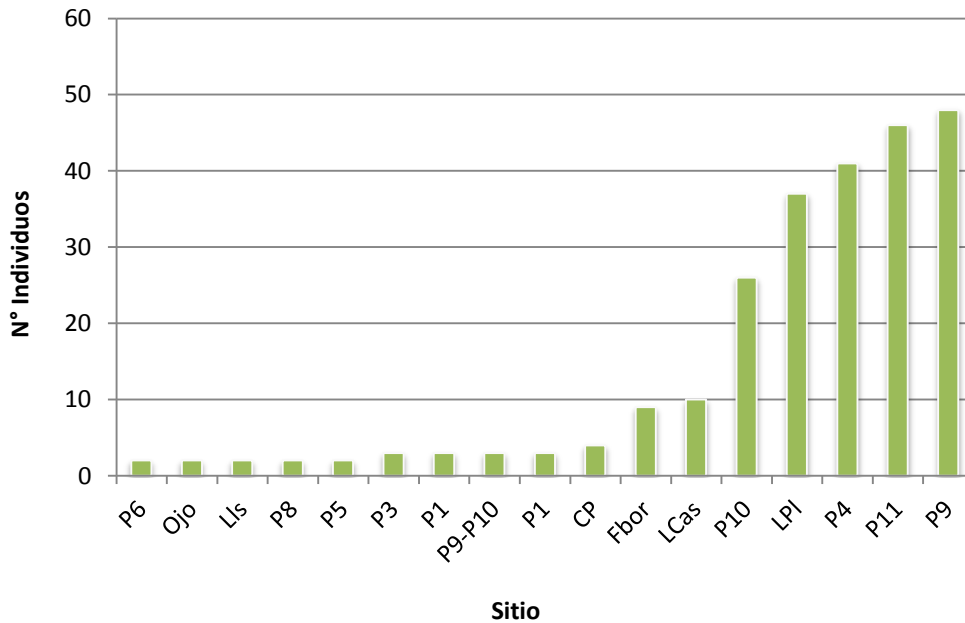
124 Fotografía No. 5.2.11. Hembra de *Artibeus jamaicensis*, especie de murciélago de la cual se registraron mayor número de individuos en el estudio. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.



Distribución y abundancia

Los sitios donde se registraron más individuos fueron el pozo 9 y pozo 11, cabe destacar que en el primer caso obedece a la presencia de tropas de monos de las tres especies ya señaladas (mono araña, mono congo y mono carablanca), y en el segundo caso a la abundancia de murciélagos capturados. En el caso del pozo 4 y el pozo 10 la abundancia se explica de la misma forma que para el pozo 11, mientras que la Finca Los Planes sigue la misma tendencia que lo observado en el pozo 9. Es importante tomar en cuenta que exceptuando los grupos de los monos y los murciélagos, la distribución de los demás mamíferos si es más heterogénea hacia los demás sitios, ver la Figura No. 5.2.4.

108 Figura No. 5.2.4. Distribución de mamíferos observados por sitio. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.

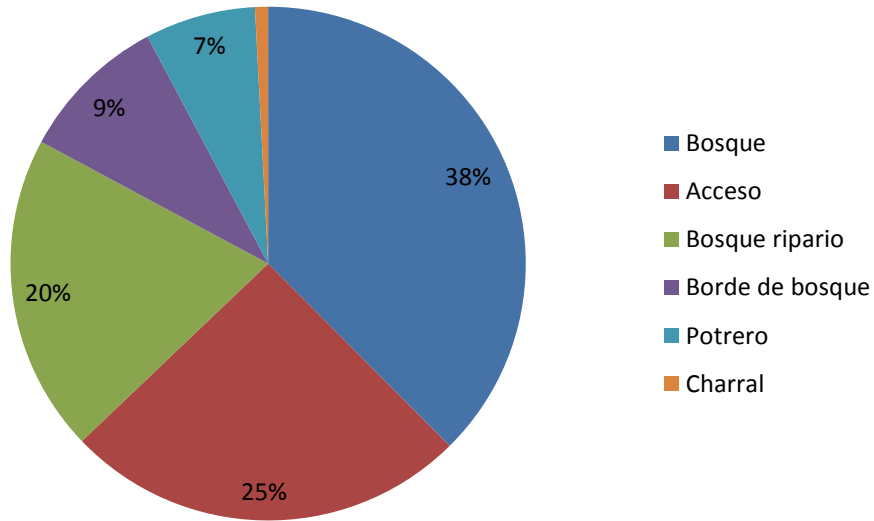


125 Fotografía No. 5.2.12. A la izquierda el zorro de balsa (*Caluromys derbianus*), observado en el sector del pozo 4, a la derecha un puercoespín (*Sphiggurus mexicanus*), localizado en el camino que comunica el pozo 9 con el pozo 10, ambos en áreas boscosas.



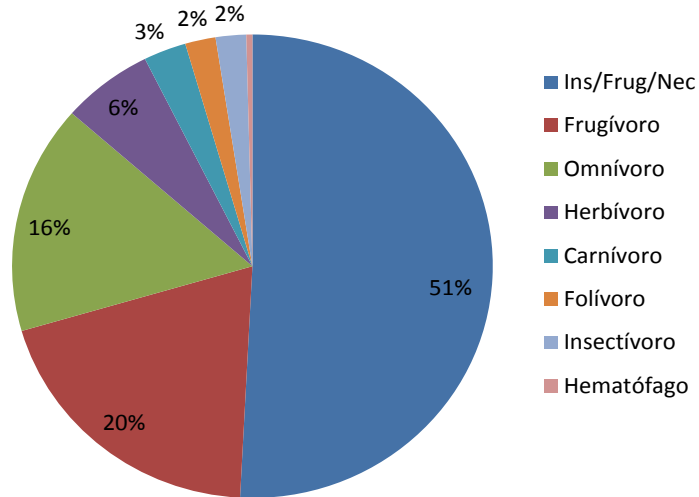
En cuanto al tipo de ecosistema, el 58% de los individuos se encontró en áreas boscosas, el resto se observaron en accesos, bordes de bosque, potreros y charrales, ver la Figura No. 5.2.5. Nótese que las zonas de potrero que ya se encuentran intervenidas, son las que están previstas para el establecimiento de los pozos y plazoletas de perforación, por lo tanto, las afectaciones directas a la mastofauna serán menores en la medida en que se eviten las áreas boscosas para el levantamiento de las obras.

109 Figura No. 5.2.5. Distribución porcentual de mamíferos observados, por tipo de ecosistema. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.



Refiriéndose al gremio trófico, el grupo que estuvo más representado es el de las especies que se alimentan tanto de insectos como de frutas y néctar, con un 51%, que agrupa principalmente algunos murciélagos, un 21% de los individuos pertenecen a especies frugívoras. Los generalistas (omnívoros), abarcaron un 14% y los grupos más especializados como los carnívoros, herbívoros, folívoros, insectívoros y hematófagos, tuvieron pocos representantes, con porcentajes inferiores al 5%, ver la Figura No. 5.2.6. No obstante, es importante considerar que esta variedad trófica evidencia el estado de salud del ecosistema a nivel macro para el área de estudio. Así mismo, la predominancia de algunos grupos tróficos puede obedecer también a la facilidad de observación y captura de ciertas especies (por ser gregarias), y no sólo a la menor abundancia de las otras.

110 Figura No. 5.2.6. Distribución porcentual de mamíferos observados, por grupo trófico. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.



Especies endémicas o con poblaciones reducidas

De las cinco especies de mamíferos endémicos reportados para Costa Rica por (Rodríguez-H, et.al., 2002), la taltuza (*Orthogeomys cherriei*), detectada por evidencia indirecta (escarbaderos), es la única que se encontraría presente en el área de influencia del proyecto.

En el Cuadro No. 5.2.5 se incluyen las especies encontradas en el área de influencia del proyecto, incluidas en la lista de MINAET (1997), CITES (2010) y UICN (2012).

55 Cuadro No. 5.2.5 Lista de especies de mamíferos según categorías de conservación de MINAET, UICN y CITES. Proyecto Geotérmico Borinquen. Julio-Octubre, 2012.

Familia/Sub-familia	Especie	Nombre común	Estatus
ORDEN PRIMATES			
Atelidae			
Atelinae	<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	EN, en descenso/PE/ CITES I
Mycetinae	<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo	LC, desconocido/PE/CITES I
Cebidae	<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca	Lc, desconocido/PR/CITES II
ORDEN CARNIVORA			
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	LC, en descenso/PE/CITES I
Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	León breñero	LC, en descenso/PE/CITES I
ORDEN PERISSODACTYLA			
Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>	Danta	EN, en descenso/PE/CITES I
Abreviaturas			
<u>Estatus:</u> UICN: EN= en peligro; LC= preocupación menor/ MINAET: PE= Peligro de extinción;			
PR= Poblaciones reducidas			
<u>APÉNDICES:</u> CITES I= especies en peligro de extinción y se prohíbe el comercio internacional			
CITES II: especies que no están amenazadas de extinción, podrían llegar a estarlo sino se controla estrictamente su comercio			

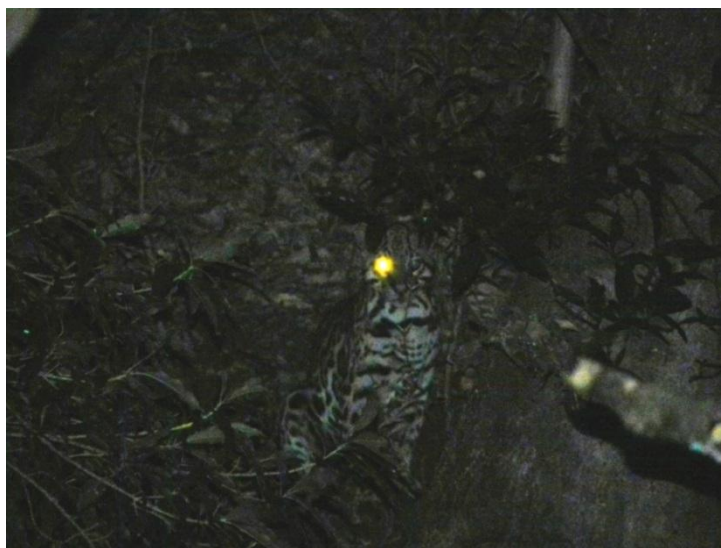
Del orden de los primates, el mono araña (*Ateles geoffroyi*), está catalogada según UICN y MINAET como especie en peligro de extinción y está incluida en el apéndice I de CITES, que controla el comercio internacional de especies, así mismo UICN reporta que su población está en descenso. Por su parte el mono congo (*Alouatta palliata*) y el mono carablanca (*Cebus capucinus*), ver Fotografía No. 5.2.13, aunque por parte de UICN no tienen datos para respaldar el estatus de la población, el primero se encuentra en peligro de extinción, según CITES y MINAET y el segundo está en el apéndice II de CITES y con poblaciones reducidas según MINAET.

126 Fotografía No. 5.2.13. A la izquierda mono ardilla (*Ateles geoffroyi*), especie en peligro de extinción, a la derecha mono carablanca (*Cebus capucinus*), especie con poblaciones reducidas.



Las dos especies del orden de los carnívoros encontrados: manigordo (*Leopardus pardalis*) y león breñero (*Puma yagouaroundi*), están catalogadas como especies en peligro de extinción según MINAET e incluidas en el apéndice I de CITES, así mismo, UICN señala que sus poblaciones están en descenso. *Tapirus bairdii* (danta), es otra especie que está con poblaciones en descenso y en peligro de extinción según UICN, CITES y MINAET.

127 Fotografía No. 5.2.14. Manigordo (*Leopardus pardalis*), observado en el bosque aledaño al Pozo 4, una de las especies declaradas en peligro de extinción e incluida en el apéndice I de CITES.



Tapirus bairdii (danta), es otra especie que está con poblaciones en descenso y en peligro de extinción según UICN, CITES y MINAET.

5.2.9.2 Ornitofauna

La avifauna se estudió entre los meses de noviembre del 2011 y agosto del 2012. El estudio de las aves se realizó mediante muestreos mensuales, durante diferentes horas del día, pero particularmente en el periodo de las 6.00 a las 10 am y de las 16 a las 18 horas. La ubicación espacial de los sitios de muestreo se muestra en el Cuadro No. 5.2.2 así como en la Figura No. 5.2.3.

Para la obtención de la información base de diversidad, riqueza y abundancia relativa de la avifauna de la zona se utilizaron dos técnicas de muestreo como se detalla a continuación

Observación cualitativa

Rutas de muestreo continuo variable: Este muestreo se realizó con el propósito de contar con un mejor conocimiento de la riqueza de aves del AP, AID y AII. Se trazaron varias rutas de observación de longitud variable, razonablemente distribuidas por caminos de lastre, con sitios altos de amplia visibilidad, también se muestrearon caminos, senderos y los puntos de construcción de las obras con el propósito de aumentar el número de especies y observar la dirección de vuelo de aves y determinar sitios de paso, descanso y de pernoctaje.

Con esta técnica se realizaron anotaciones a través de toda la ruta de observación sobre las especies detectadas durante el desplazamiento, sin considerar su número. El radio y el tiempo de observación fueron indefinidos; el recorrido se realizó en carro y a pie, a velocidad de desplazamiento variable, deteniéndose por periodos cortos para escuchar y observar con mayor detalle.

Observación cuantitativa

Para el análisis cuantitativo se utilizaron transectos lineales de 1 Km de longitud y se registraron las aves vistas y escuchadas a cada lado del transecto, a una distancia igual o menor de 50 m. Con la información recopilada con este método se estimaron la diversidad, la riqueza, la abundancia relativa y el análisis de clusters del índice de similitud de Jaccard de las aves en los diferentes sitios de muestreo dentro del AP.

Los análisis de riqueza, diversidad (índice de Shannon-Wiener) y abundancia relativa (%) se realizaron utilizando el programa Diversity 4, el análisis de clusters del índice de similitud de Jaccard mediante el programa Past 2.06.

Para el trabajo de campo se utilizaron binoculares con una resolución de 10x42. La colecta de la información durante los conteos se realizó utilizando los medios

tradicionales, a saber libretas de campo y las guías de aves de Costa Rica de Styles y Skutch (2007) y la de Garrigues y Dean (2007).

Resultados y discusión

Se observó que el área es muy diversa encontrándose 147 especies de aves en toda la zona, incluyendo AP, AID y AII, ver el Cuadro No. 5.2.5. Sin embargo la abundancia por especie es relativamente baja dominando principalmente algunas especies de Psitacidos, tales como el perico zapoyol (*Brotogeris jugularis*), el perico catano (*Aratinga canicularis*), la lora frente blanca (*Amazona albifrons*), la urraca celeste (*Calocitta formosa*) y una especie de golondrina de la Familia Hirundinidae, (*Hirundo rustica*), ver la Fotografía No. 5.2.15, la cual es migratoria y muy abundante entre los meses de diciembre y marzo en zonas abiertas.

128 Fotografía No. 5.2.15. Golondrina migratoria (*Hirundo rustica*).



Se observó una fauna típica del Pacífico seco, del Pacífico de zonas de altitudes intermedias típica de bosque tropical húmedo y especies de altura como también especies caribeñas. Ejemplo de aves típicas de la Vertiente Caribe y Norte del país son el setillero (*Sporophila americana*) raza Caribe, jacamar (*Galbula ruficauda*) y al momoto piquiancho (*Electron platyrhynchum*). La presencia de especies que son típicas de la zona norte y caribe se debe posiblemente a que el sector es un área de transición Caribe-Pacífico, debido a la depresión montañosa que existe entre el volcán Rincón de la Vieja y el volcán Cacao.

56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)

Familia	Especie	Nombre común	BM	B R	B S	C H	Ch a	P A	Ab.Re I.
Accipitridae	<i>Buteo albicaudatus*</i>	Gavilán cola blanca						X	0.06
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilán cola roja	X						0.06
	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán cola roja				X		X	0.17
	<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán gris	X	X		X		X	0.28
	<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán pollero	X			X		X	0.50
	<i>Buteogallus urubitinga *</i>	Gavilán negro mayor			X			X	0.11
	<i>Elanus leucurus</i>	Gavilán cola blanca		X				X	0.17
	<i>Leucopternis albicollis</i>	Gavilán blanco	X						0.17
	<i>Micrastur semitorquatus *</i>	Halcón del monte dorsigrís		X					0.06
Aldedidae	<i>Megaceryle torquata</i>	Martin pescador collarejo		X					0.06
	<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín pescador norteño		X					0.06
Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo común	X					X	3.17
	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collarejo	X					X	3.73
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	Garzón						X	0.06
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla de ganado				X		X	0.56
	<i>Ardea alba</i>	Garza real						X	0.06
Burhinidae	<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcarabán						X	1.00
Caprimulgidae	<i>Caprimulgus carolinensis</i>	Chotacabras de paso				X		X	0.39
	<i>Caprimulgus vociferus</i>	Chotacabras ruidoso	X						0.06
	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Cuyeo		X				X	0.95
Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	Pico grueso azul y negro				X		X	0.17
	<i>Passerina cyanea</i>	Azulillo norteño		X				X	0.22
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote, zonchiche	X	X	X	X		X	2.12
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote, zoncho				X		X	2.06
	<i>Sarcoramphus papa *</i>	Zopilote rey						X	0.11
Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlito de dos collares					X		0.06
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita colilarga				X		X	1.95
	<i>Columbina minuta</i>	Tortolita menuda						X	0.11
	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita común						X	0.33
	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita rojiza				X		X	1.00
	<i>Geotrygon montana</i>	Perdiz rojiza	X						0.11
	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma coliblanca				X		X	0.11
	<i>Patagioenas fasciata</i>	Paloma collareja				X			0.06
	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma piquirroja				X		X	0.28
	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma aliblanca		X		X		X	1.17

56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)

Familia	Especie	Nombre común	BM	B R	B S	C H	Ch a	P A	Ab.Re l.
Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca azul	X	X	X	X		X	5.68
	<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca parda	X		X	X			2.12
Cotingidae	<i>Procnias tricarunculata</i> *	Pájaro campana	X						0.17
Cracidae	<i>Crax rubra</i> *	Pavón mayor	X		X			X	0.45
	<i>Chamaepetes unicolor</i>	Pava negra	X						
	<i>Penelope purpurascens</i> *	Pava de cresta	X	X	X				1.28
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Tijo			X	X		X	4.90
	<i>Morococcyx erythropygius</i>	Cuclillo sabanero				X			0.28
	<i>Piaya cayana</i>	Bobo chizo				X			0.06
Furnariidae	<i>Deconychura longicauda</i>	Trepador cola larga	X						0.11
	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	Trepador barreteado						X	0.06
Emberizidae	<i>Aimophila botterii</i>	Sabanero pechianteadado				X			0.11
	<i>Aimophila ruficauda</i>	Sabanero cabeza listada				X		X	0.67
	<i>Sporophila americana</i>	Espiguero variable						X	0.06
	<i>Tyaris olivacea</i>	Gallito cara amarilla				X		X	0.50
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero azul-negro						X	0.06
Eurypygidae	<i>Eurypyga helias</i> **	Ave sol		X					0.06
Falconidae	<i>Caracara cheryway</i>	Caracara de cresta				X		X	0.56
	<i>Falco ruficularis</i>	Halcón cuello blanco	X						0.11
	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano				X		X	2.39
	<i>Herpetotheres cachinans</i>	Guaco						X	0.11
	<i>Milvago chimachima</i>	Caracara cabeza amarilla				X		X	0.33
Odontophoridae	<i>Colinus cristatus</i>	Codornis crestada	X	X					0.45
Galbulidae	<i>Galbula ruficauda</i>	Jacamar		X					0.11
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina azul-blanca						X	1.78
	<i>Petrochelidon pyrahonota</i>	Golondrina de los riscos						X	0.84
	<i>Petrochelidon rustica</i>	Golondrina cola de tijera				X		X	5.91
	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina norteña alas ásperas						X	1.61
	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor						X	0.11
	<i>Icterus bullocki</i>	Bolsero norteño	X						0.06
	<i>Icterus galbula</i>	Cacique	X			X		X	0.45
	<i>Molothrus aeneus</i>	Pius						X	0.84
	<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de montezuma				X		X	2.73
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate cola larga				X		X	0.84

56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)

Familia	Especie	Nombre común	BM	B R	B S	C H	Ch a	P A	Ab.Re I.
	<i>Sturnella magna</i>	Zacatera				X		X	2.23
Momotidae	<i>Electron platyrhynchum</i>	Momoto piquiancho			X				0.06
	<i>Eumomota superciliosa</i>	Bobo turquesa			X	X		X	1.61
	<i>Momotus momota</i>	Bobo común	X	X	X			X	0.33
Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita cabeza rojo-marrón	X	X	X	X			0.28
	<i>Dendroica pensylvanica</i>	Reinita de costados castaños	X					X	0.28
	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita amarilla	X					X	0.11
	<i>Geothlypis poliocephala</i>	Reinita de antifaz corona gris				X		X	1.17
	<i>Mniotilta varia</i>	Reinita trepadora	X						0.11
	<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>	Reinita de riberas		X					0.11
	<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita de tennessee	X		X	X			0.28
Picidae	<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero pico de plata	X	X					0.33
	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de hoffmann		X	X	X		X	0.89
Pipridae	<i>Chiroxiphia linearis</i>	Saltarín cola grande	X	X	X	X			3.23
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Patillo						X	0.11
Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i> *	Lora frentiblanca		X	X			X	0.72
	<i>Amazona auropalliata</i> **	Lora nuca amarilla						X	0.11
	<i>Amazona autumnalis</i> *	Lora frentirroja						X	0.11
	<i>Aratinga canicularis</i>	Catano	X		X			X	5.07
	<i>Aratinga finschi</i> *	Cotorro	X		X				1.11
	<i>Brotogeris jugularis</i> *	Periquito, zapollolito	X	X	X	X		X	5.29
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Curré	X						0.11
	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Cusingo de collar	X	X		X			0.50
	<i>Ramphastus sulphuratus</i>	Tucán pico arcoiris	X	X	X	X		X	5.73
Scolopacidae	<i>Actitis macularia</i>	Alzacolita						X	0.45
	<i>Calidris bairdii</i>	Correlimos de baird					X		0.06
	<i>Calidris himantopus</i>	Correlimos patilargo					X		0.06
Sylviidae	<i>Poliophtila albiloris</i>	Perlita cabeza negra	X						0.06
Thamnophilidae	<i>Thamnophilus punctatus</i>	Batará plumizo	X						0.06
	<i>Hylophylax naevioides</i>	Hormiguero moteado	X	X					0.45
Thraupidae	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Mielerero de patas rojas	X						0.17
	<i>Eucometis pericillata</i>	Tangara cabeza gris	X						0.06
	<i>Piranga rubra</i>	Tangara veranera	X	X				X	0.28
	<i>Thraupis episcopus</i>	Viudita						X	0.11

56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)

Familia	Especie	Nombre común	BM	B R	B S	C H	Ch a	P A	Ab.Re I.
Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Perdiz, gongola	X		X	X		X	0.67
	<i>Crypturellus soui</i>	Yerre, gongola	X	X					0.22
	<i>Tinamu major</i> *	Tinamú, gongola	X	X		X		X	0.22
Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira cara roja						X	0.39
Trochilidae	<i>Amazilia saucerrotei</i>	Amazilia culiazul			X	X			0.22
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibri rufo, amazilia rufa		X	X	X		X	0.33
	<i>Archilochus colubris</i>	Colibri garganta de rubi				X			0.17
	<i>Hylocharis eliciae</i>	Colibri colidorado				X			0.11
	<i>Phaethornis longirostris</i>	Ermitaño colilargo		X					0.06
	<i>Phaethornis longuemareus (striigularis)</i>	Ermitaño enano	X					X	0.11
	<i>Threnetes ruckeri</i>	Ermitaño barbudo	X						0.06
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Soterré nuca rojo-marrón				X			0.39
	<i>Salpinctes obsoletus</i>	Soterré roquero				X		X	0.17
	<i>Thryothorus maculipectus</i>	Soterré pecho moteado	X						0.06
	<i>Thryothorus pleurostictus</i>	Soterré barreteado				X			0.17
	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterré común						X	0.17
Trogonidae	<i>Trogon massena</i>	Trogon	X						0.17
	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogon, viuda amarilla			X			X	0.11
	<i>Trogon rufus</i>	Trogon	X	X					0.22
	<i>Trogon violaceus</i>	Trogon violaceo	X						0.17
Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de swainson	X	X					0.17
	<i>Hylocichia mustelina</i>	Zorzal de bosque				X			0.06
	<i>Turdus grayi</i>	Yigüirro			X			X	0.33
Tyranidae	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquerito chillón						X	0.06
	<i>Contopus cinereum</i>	Pibí tropical						X	0.06
	<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental						X	0.06
	<i>Contopus virens</i>	Pibí oriental			X	X			0.33
	<i>Elaenia flavogaster</i>	Elainia de copete		X				X	0.17
	<i>Empidonax albogularis</i>	Mosquerito garganta blanca	X						0.17
	<i>Empidonax alnorum</i>	Mosquerito de charral	X						0.06
	<i>Empidonax flavescens</i>	Mosquerito amarillento	X						0.06
	<i>Empidonax minimus</i>	Mosquerito de quebec	X						0.06
<i>Myiarchus crinitus</i>	Copetón crestón						X	0.06	

56 Cuadro No. 5.2.6 Lista total de especies de aves por sitio y abundancia relativa (%) de cada especie para toda el área de estudio. (**Fauna en peligro de extinción, *Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente. BM: bosque maduro, BR: bosque ripario, BS: bosque secundario, CH: charral, Cha: charca, Ab.Rel: abundancia relativa)

Familia	Especie	Nombre común	BM	B R	B S	C H	Ch a	P A	Ab.Re l.
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Copetón cresta parda						X	0.06
	<i>Myiarchus crinitus</i>	Copetón crestón						X	0.06
	<i>Myiarchus nuttingi</i>	Copetón de nutting	X			X		X	0.56
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón cresta oscura	X					X	0.45
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Mosquero cejas blancas	X			X			0.17
	<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero cejas blancas						X	0.45
	<i>Myodinastes maculatus</i>	Mosquero listado						X	0.06
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pecho amarillo	X		X			X	0.84
	<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla común						X	0.06
	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tirano cola de tijera				X		X	1.28
	<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero					X		
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical				X		X	1.34
Vireonidae	<i>Vireo flavifrons</i>	Vireo garganta amarilla	X						0.06
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	Avefría						X	

Según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), únicamente se reportan como especies vulnerables, con un decrecimiento de sus poblaciones al pavón mayor (*Crax rubra*), ver Fotografía No. 5.2.16 y como especie casi amenazada y sus poblaciones decreciendo a la lora nuca amarilla (*Amazona auropalliata*) y la gongola (*Tinamu major*). Es importante hacer mención que en el área de estudio se observaron en el bosque maduro una población estable de *Crax rubra* y en un sector de charral dentro del campo geotérmico un número continuo de avistamientos de individuos de *Tinamu major*.

129 Fotografía No. 5.2.16. Pava (Crax rubra)



Cabe destacar que el AP es una ruta de paso para especies semiacuáticas y acuáticas de las bajuras del río Tempisque, hacia las lagunas de Caño Negro, ubicadas en el Caribe, utilizando como medio de refugio y alimentación los estanques y lagunetas de las lecherías y los pozos de las plataformas ya existentes, ejemplo de ello son las observaciones de garzas (*Ardea alba*), aves costeras (*Charadrius vociferus*, *Actitis macularia*, *Calidris bairdii* y *Calidris himantopus*) y patillo (*Tachybaptus dominicus*).

Se ha ampliado el rango de distribución para ciertas especies que no estaban reportadas para este sector, por ejemplo el batará plumizo (*Thamnophilus punctatus*), Cusingo de collar (*Pteroglossus torquatus*), Jacamar (*Galbula ruficauda*), Trogones (*Trogon massena*, *Trogon rufus*), Setillero (*Sporophila americana*) (raza caribe), Cotorro (*Aratinga finschi*), ave sol (*Eurypyga helias*), Bobo (*Electron platyrhynchum*).

Por las características del manejo de los terrenos en la zona que son principalmente para uso de ganadería de leche, podemos determinar que las especies dominantes son las mosqueras de las familias Tyrannidae y semilleras de la familia Emberizidae, además de la especie omnívora como la urraca (*Calocitta formosa*), que se ha adaptado al medio, compite y domina por sus características etológicas con especies más especializadas.

La zona del AP es importante como coto de caza para especies carnívoras tanto residentes como migratorias, estas últimas protegen territorios en su estadía, ejemplo de ello son las rapaces *Falco sparverius*, en la Fotografía No. 5.2.17 y *Buteo platypterus*. Se han observado rapaces con territorios de caza bien definidos como *Falco ruficularis* que cuando ingresa *Falco sparverius* le sede el mismo coto de caza, además se ha observado *Buteo nitidus* en manchas de

bosque, *Buteo magnirostris* y *Elanus leucurus*, en zonas abiertas y *Micrastur semitorquatus* y *Leucopternis albicollis* en grandes territorios de bosque maduro.

130 Fotografía No. 5.2.17 Cernícalo americano (*Falco sparverius*)



Por otra parte se han observado especies que realizan migraciones altitudinales tales como el pájaro campana (*Procnias tricarunculata*), trogones (*Trogon massena*, *Trogon rufus*) y paloma collareja (*Patagioenas fasciata*).

Además se han observado también especies naturalizadas como *Elanus leucurus*, *Quiscalus mexicanus*, *Dives dives*, *Vanellus chilensis* y *Bubulcus ibis*, que han llegado al país o se empezaron a observar a partir de la segunda mitad del siglo veinte y que coinciden con la expansión ganadera hacia las partes altas de la Cordillera de Guanacaste.

Al inicio de este estudio octubre-noviembre del 2011, se observaron principalmente especies migratorias norteñas y conforme se asentaba el verano aumentó la cantidad de especies. Para finales de abril y principios de mayo estas especies fueron migrando hacia el norte y entre las más observadas están golondrinas (*Petrochelidon pyrrhonota*, *Hirundo rustica*), turdidos (*Catharus ustulatus*), ver Fotografía No. 5.2.18, reinitas (*Setophaga petechia*, *Vermivora peregrina*, *Mniotilta varia*), tangaras (*Piranga rubra*), picogrueros (*Passerina caerulea*), bolseros (*Icterus gálbula*), garzas (*Ardea alba*, *Ardea herodias*), rapaces (*Buteo platypterus*, *Falco sparverius*), mosqueros (*Tyrannus forficatus*), aves costeras como el chorlitejo de dos collares (*Charadius vociferus*), andarríos (*Actitis macularia*), correlimos (*Calidris bairdii* y *Calidris himantopus*), no observándose más aves migratorias para finales del mes de mayo.

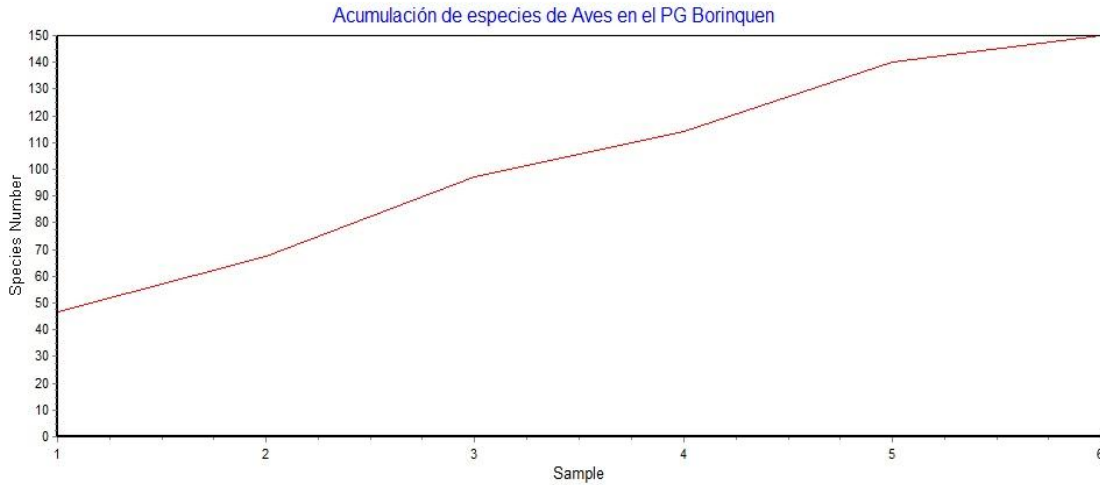
131 Fotografía No. 5.2.18 Zorzal de Swainson (Catharus ustulatus)



A partir del mes de febrero se observó cortejo, nidaje y reproducción de las aves en la zona, por ejemplo se observaron haciendo nido al aguio (*Euphonia hirundinacea*), viudas celeste (*Thraupis episcopus*), sacateras (*Sturnella magna*), zanates (*Quiscalus mexicanus*), oropéndolas (*Psarocolius montezuma*), yiguirros (*Turdus grayi*), soterrey nuquirrufo (*Campylorhynchus rufinucha*), soterrey cucarachero (*Troglodytes aedon*), mosqueros (*Elaenia flavogaster*, *Pitangus sulphuratus*, *Myiozetetes similis*), pavón (*Crax rubra*), pava crestada (*Penelope purpurescens*), tucan (*Ramphastus sulphuratus*) y loras y pericos tales como loro frentiblanco (*Amazona albifrons*), loro frenterojo (*Amazona autumnalis*), periquito barbinaranja (*Brotogeris jugularis*) y perico frentinaranja (*Aratinga canicularis*).

Por otra parte se calculó la curva de acumulación de especies total para la zona (AP, AID y AII), con el propósito de tener una medición de la cantidad de especies observadas, determinándose que aún faltan mayores esfuerzos de muestreo para tener una muestra representativa de la mayoría de la ornitofauna presente, en la Figura No. 5.2.7.

111 Figura No. 5.2.7. Curva de acumulación de especies de aves para el AP, AID y AII del PG Borinquen.



Para los muestreos por transectos en el AP se calcularon los índices de diversidad y la riqueza de especies, ver el Cuadro No. 5.2.7. En estos lugares se observó un total de 69 especies, siendo el charral el sitio de mayor riqueza y diversidad seguido por el bosque maduro, ripario y de último el bosque secundario. Es importante mencionar que en ocasiones a la hora de construir proyecto se subestiman los potreros arbolados y charrales, siendo estos sitios de mucha importancia para la avifauna como lo demuestra el índice de diversidad H' .

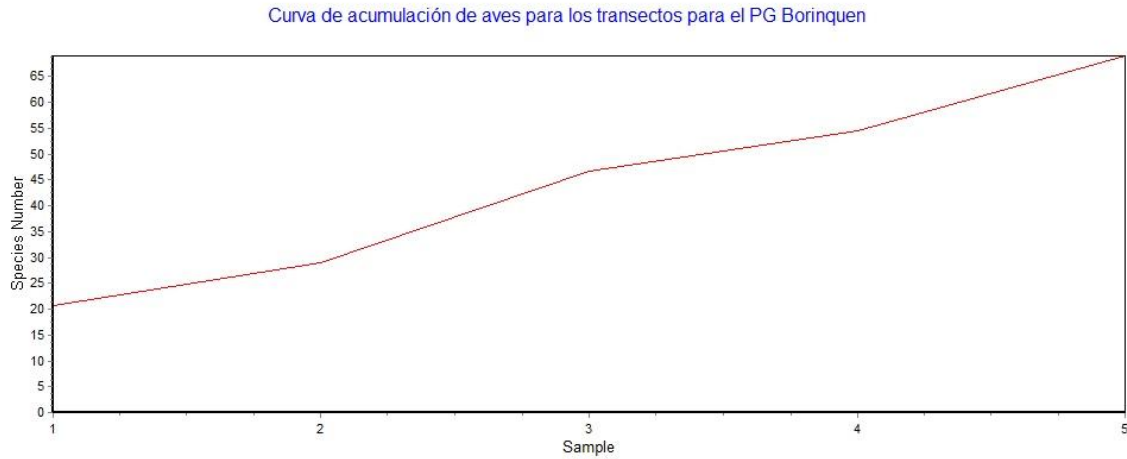
57 Cuadro No. 5.2.7 Índice de diversidad H' (Shannon-Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo.

Sitio	H	Varianza	Riqueza
BM (Bosque maduro)	1.921	0.012	14
BR (Bosque ripario)	1.332	0.083	4
BS (Bosque secundario)	1.040	0.093	3
CH (Charral)	2.862	0.010	42
PA (Potrero arbolado)	3.062	0.012	32

Esta información es específica para los sitios más cercanos a las futuras de obras civiles del PG Borinquen y por ello serán las más susceptibles de impactos junto con los sitios de muestreo de peces y anuros que al igual que los anteriores, están ubicados estratégicamente aguas abajo de las futuras obras.

La curva de acumulación de especies para estas áreas de estudio (muestreos por transectos) muestra que aún no se alcanza el total de la avifauna presente y nos indica que son necesarios mayores esfuerzos de observación cuantitativa, ver la Figura No. 5.2.8.

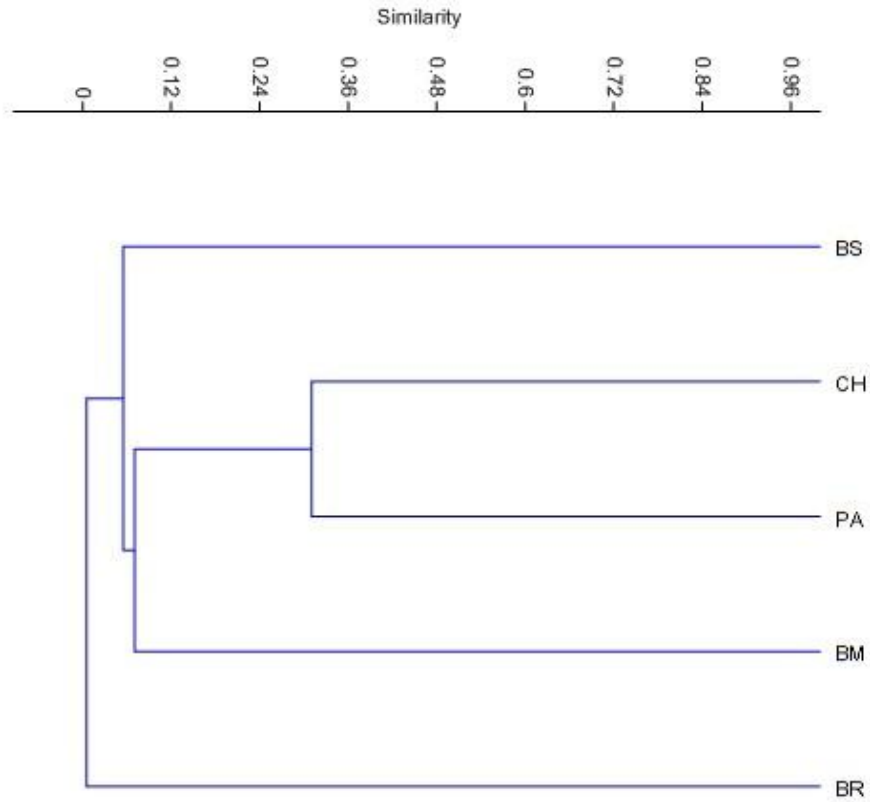
112 Figura No. 5.2.8. Curva de acumulación de especies de aves para el AP del PG Borinquen.



Se observa además que entre los sitios o ecosistemas se presentan bajos niveles de similitud de especies. Los que poseen mayor similitud de especies entre sí son el charral y el potrero arbolado (32 %), por otra parte aunque se observan semejanzas entre el bosque secundario y el bosque maduro, el nivel de similitud entre ellos es muy bajo (5%), sin embargo, aunque es evidente que se requiere mayor esfuerzo de muestreo, ver la Figura No. 5.2.9.

Los datos son consistentes con las observaciones de campo y la experiencia técnica de que el charral y el potrero arbolado son similares, ya que éstos proveen hábitats semejantes por el nivel de sucesión que presentan y los bosques secundarios y bosques maduros también se asemejan entre sí y difieren en condiciones de hábitat de los dos primeros. Estas observaciones pueden llegar a ser importantes a la hora de visualizar y tomar decisiones sobre el tipo y magnitud de un impacto según el tipo de ecosistema y de qué manera puede ser más adecuado mitigarlo (en términos de reforestación o recuperación de ecosistemas).

113 Figura No. 5.2.9. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de aves del PG Borinquen.



5.2.9.3 Herpetofauna

Se realizó un muestreo mensual durante el periodo de estudio. Se determinaron posibles sitios de desove de las especies que habitan el área de manera que se pueda estimar el impacto que genera la actividad de explotación del campo geotérmico sobre estas poblaciones.

Para la obtención de los análisis de diversidad, riqueza y abundancia relativa de la herpetofauna de la zona en general y del AP se utilizaron los sitios de muestreo descritos en el Cuadro No. 5.2.2 y en la Figura No. 5.2.3. Las técnicas de muestreo fueron las siguientes

Observación cualitativa.

Rutas de muestreo: Este muestreo se realizó con el propósito de contar con un mejor conocimiento de la riqueza total del área. Se trazaron varias rutas de observación, razonablemente distribuidas por cuerpos de agua, lagunas, caminos, senderos y sitios de construcción de las obras con el propósito de aumentar el número de especies. Para estas observaciones cualitativas se realizaron anotaciones continuas a través de toda la ruta de observación en el AP, AID y AII. El radio y el tiempo de observación fueron indefinidos, el recorrido se realizó en carro y a pie de día y de noche, a velocidad de desplazamiento variable, deteniéndose por periodos cortos para escuchar y observar con mayor detalle, se anotaron las especies detectadas durante el desplazamiento sin considerar su número.

Observación cuantitativa.

Rutas de muestreo continuo (Transecto): con el propósito de determinar la diversidad, riqueza y abundancia relativa de la herpetofauna en los diferentes sitios se realizaron muestreos por transecto dentro del AP, cada transecto consta de 1 km de longitud y se anotaron las especies vistas a cada lado a una distancia igual o menor de 10 m.

Los análisis de riqueza, diversidad (índice de Shannon-Wiener) y abundancia relativa (%) se realizaron utilizando el programa Divesrity 4. La determinación de las especies se realizó mediante la guía de anfibios y reptiles de Savage (2002) y de ranas de vidrio de Kubicki (2007).

Resultados y discusión

Al igual que los grupos anteriores, la herpetofauna se estudió entre los meses de noviembre del 2011 y junio del 2012. El área de estudio por las condiciones climáticas, mantiene una humedad por unos nueve meses, únicamente en los meses de febrero, marzo y abril los pozos de agua y algunas quebradas se secan, limitando los hábitats para algunas especies de anfibios. En el presente estudio se han observado hasta el momento 16 especies de anfibios y 22 especies de reptiles incluyendo AP, AID y AII, ver el Cuadro No. 5.2.8.

58 Cuadro No. 5.2.8 Lista total de especies de anfibios por sitio y abundancia para toda el área de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)

Familia	Especie	Nombre común	BM	BR	CH	PA	Abundancia Relativa %
Bufonidae	<i>Chaunus marinus</i>	Sapo		X	X	X	23
	<i>Incilius coccifer</i>	Sapo	X	X		X	4
	<i>Rhaebo haematiticus</i>	Sapo			X	X	5
Centrolenidae	<i>Sachatamia albomaculata</i>	Rana vidrio		X			2
	<i>Cochranella granulosa</i>	Rana vidrio		X			3
Hylidae	<i>Dendropsophus microcephalus</i> *	Rana	X				10
	<i>Scinax staufferi</i>	Rana arboricola	X				1
	<i>Smilisca baudinii</i>	Rana arboricola	X	X			1
Leiuperidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	Tungara			X	X	11
Eleutherodactylidae	<i>Diasporus diastema</i>	Rana			X		7
Craugastoridae	<i>Craugastor fitzingeri</i>	Rana hojarasca		X			3
Strabomantidae	<i>Pristimantis ridens</i>	Rana hojarasca	X	X			3
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labialis</i>	Rana		X			1
Ranidae	<i>Lithobates forreri</i>	Rana			X	X	10
	<i>Lithobates vaillanti</i>	Rana de charca			X	X	4
	<i>Lithobates warszewitschii</i>	Rana	X			X	2

La especie de anfibios de mayor abundancia para toda la zona es el sapo (*Chaunus marinus*), ver Fotografía No. 5.2.19, se observó en todos los muestreos y en los diferentes hábitats, por lo que se puede describir como una especie exitosa y muy competitiva, otro dato importante es que las tallas son en general (de manera cualitativa) muy grandes en comparación a las observadas en otras zonas del país.

A partir de mediados de mayo se empiezan a observar otras especies como *Cochranella albomaculata*, este último se observó en la parte boscosa aledaña al pozo 5 y en el bosque de galería de la quebrada Salitral, es un importante reporte

porque no se había descrito para la zona, por lo que se amplía su distribución hacia el Pacífico norte. En el potrero arbolado y charral se observó individuos y posturas de túngara (*Engystomops pustulosus*).

132 Fotografía No. 5.2.19. Sapo (Chaurus marinus)



Se ha observado que los pozos de agua construidos en las plataformas del PG. Borinquen, son importantes para algunas especies de anuros de aguas someras como, *Rhaebo haematiticus*, *Lithobates forreri* y *Lithobates vaillanti*, ya que sirven para puestas de huevos, protección y alimentación, pero a su vez si no se colocan mallas laterales para que suban los animales, pueden ser trampas mortales por ahogamiento.

Con respecto a los reptiles, varias observaciones son de importancia en el campo geotérmico. Son muy abundantes en número de individuos los garrobos (*Ctenosaura similis*) y las chisbalas (*Ameiva festiva*), ver Fotografía No. 5.2.20, ya que son adaptables en medios alterados y utilizan de refugio troncos caídos, infraestructura humana y áreas poco alteradas como bosque maduro. El garrobo, es una especie que no habitaba zonas tan altas como en el campo geotérmico. Por razones que no se han estudiado, ahora se encuentran en los potreros e infraestructura humana, lo que demuestra lo exitoso que es la especie para dominar otros hábitats. Las chisbalas son especies muy adaptables a diferentes ecosistemas ya que se ha encontrado en potreros, charrales, bosque secundario y bosque maduro.

133 Fotografía No. 5.2.20. Chisbala (*Aspidoscelis deppi*)



Se ha observado la tortuga amarilla (*Kinosternon leucostomum*), en potrero arbolado y en las charcas que se forman por las lluvias en ese medio. En el área de Bosque maduro se ha visto toboba chinga (*Porthidium ophryomegas*) y bocaracá (*Bothriechis schlegelii*), ver Fotografía No. 5.2.21. En áreas de charral se ha observado *Boa constrictor* y terciopelo (*Botrops asper*), esta última, reportan los lugareños, que es una especie abundante en todos los hábitats, aunque para nuestro estudio solo se ha observado un individuo, en el Cuadro No. 5.2.9 se muestran las especies de reptiles presentes en el área total del proyecto.

134 Fotografía No. 5.2.21. Bocaracá (*Bothriechis schlegelii*)



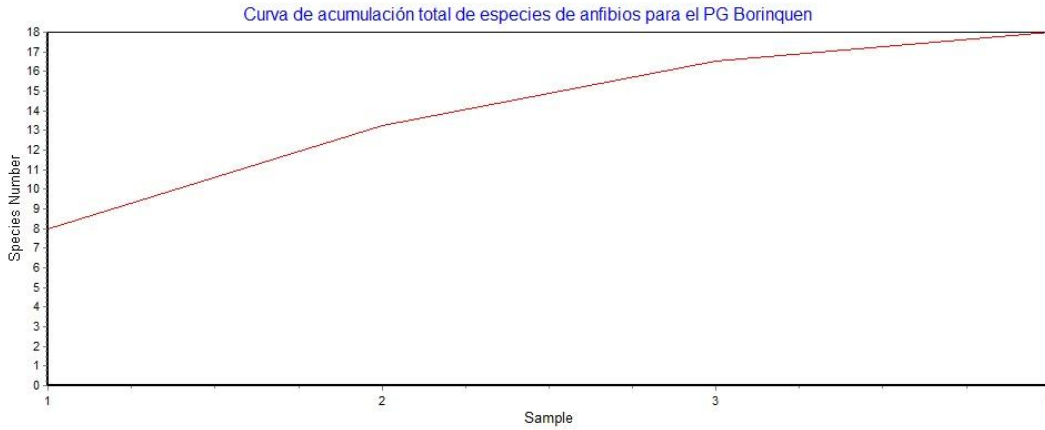
59 Cuadro No. 5.2.9 Lista total de especies de reptiles por sitio y abundancia para toda el área de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)

Familia	Especie	Nombre común	BM	BR	CH	PA	Abundancia Relativa %
Boidae	<i>Boa constrictor</i> **	Boa				X	1.67
Dispsadidae	<i>Imantodes cenchoa</i>	Ranera		X			1.67
	<i>Clelia clelia</i>	Zopilota				X	1.67
	<i>Leptodeira annulata</i>	Falsa terciopelo		X			1.67
Colubridae	<i>Oxybelis fulgidus</i>	Falsa lora	X				1.67
	<i>Spillotes pullatus</i>	Mica	X				1.67
Viperidae	<i>Bothriechis schlegelii</i>	Bocaracá	X				1.67
	<i>Botrops asper</i>	Terciopelo			X		1.67
	<i>Crotallus simus</i>	Cascabel					0.00
	<i>Porthidium ophryomegas</i>	Toboba chinga	X				1.67
Gekkonidae	<i>Gonatodes albogularis</i>	Geko			X		1.67
	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Geko			X	X	3.33
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo			X	X	23.33
Polychrotidae	<i>Norops cupreus</i>	Lagartija			X		6.67
	<i>Norops humilis</i>	Lagartija		X			1.67
	<i>Norops limifrons</i>	Lagartija			X	X	3.33
	<i>Norops oxylophus</i>	Lagartija		X			1.67
Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Tortuga de charca	X				1.67
	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga candado				X	1.67
Teiidae	<i>Ameiva festiva</i>	Chisbala	X		X	X	11.67
	<i>Ameiva undulata</i>	Chisbala	X		X	X	15.00
	<i>Aspidoscelis deppii</i>	Chisbala			X		13.33

Según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las especies de anfibios y reptiles observadas en el área de estudio, no se encuentran con poblaciones amenazadas o en peligro.

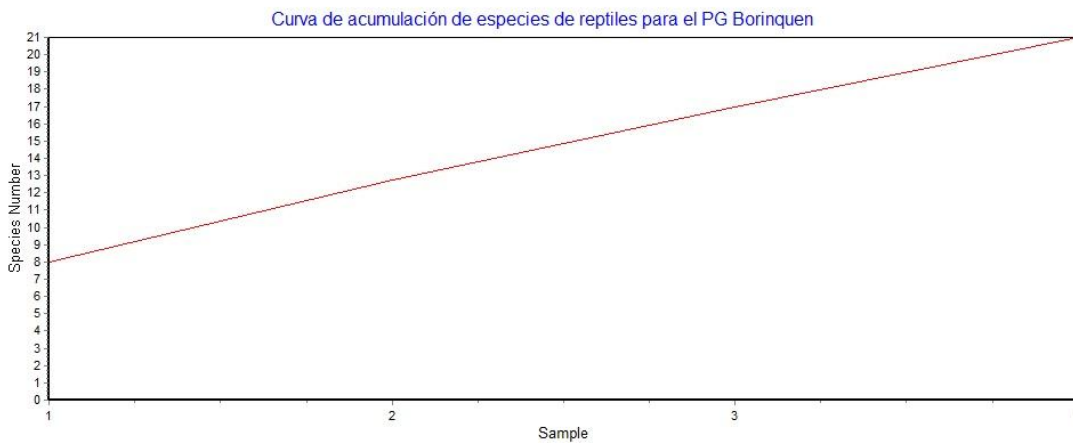
Se calculó la curva de acumulación de especies para la población de anfibios, ver la Figura No. 5.2.10, ésta muestra que aún no se alcanza la representatividad de la población (16 especies a la fecha).

114 Figura No. 5.2.10. Curva de acumulación de especies de anfibios para el AP y AID del PG Borinquen



La curva de acumulación para los reptiles, ver la Figura No. 5.2.11, aún es lineal, con crecimiento moderado por lo que se espera una riqueza de especies aún mayor que la encontrada hasta el momento (22 especies).

115 Figura No. 5.2.11. Curva de acumulación de especies de reptiles para el AP, AID y AII del PG Borinquen



Para los muestreos por transectos desarrollados en el AP se calcularon los índices de diversidad y la riqueza de especies por sitio. En estos sitios específicos, los cuales son los más cercanos a las futuras obras del PG Borinquen, se observaron 16 especies de anfibios y 18 especies de reptiles, ver el Cuadro No. 5.2.10 y Cuadro No. 5.2.11.

Con respecto a los anfibios, el bosque ripario es el más diverso y también el de mayor abundancia en tanto que para los reptiles la mayor diversidad y abundancia se presentan en el charral.

60 Cuadro No. 5.2.10 Índice de diversidad H' (Shannon Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo de Anfibios.

Sitio	H	Varianza	Riqueza
BM (Bosque maduro)	1.352	0.025	6
BR (Bosque ripario)	2.078	0.014	10
CH (Charral)	1.632	0.006	6
PA (Potrero arbolado)	1.798	0.009	9

61 Cuadro No. 5.2.11 Índice de diversidad H' (Shannon Wiener) y riqueza (# de especies) para cada sitio de muestreo de Reptiles.

Sitio	H	Varianza	Riqueza
BM (Bosque maduro)	1.792	0.069	6
BR (Bosque ripario)	1.099	0.111	3
CH (Charral)	1.921	0.018	9
PA (Potrero arbolado)	1.295	0.073	5

Cabe destacar que el listado de especies para los sitios de muestreo por transectos (AP) de los anfibios, resultó ser exactamente igual que el listado total (AP, AID, All), ver el cuadro No. 5.2.8.

Por otra parte en el caso de los reptiles, la riqueza de especies específica para los muestreos por transectos (AP) si presenta diferencias con respecto a la riqueza total (AP, AID, All), encontrándose 18 especies y 22 especies respectivamente. La distribución y abundancia relativa de las mismas se presenta en el Cuadro No. 5.2.12.

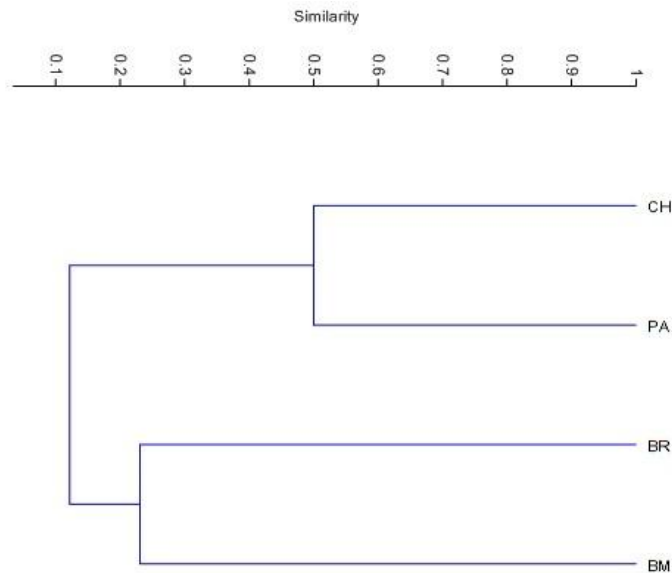
62 Cuadro No. 5.2.12 Lista de reptiles por sitio y abundancia relativa en los transectos de estudio. (** Fauna en peligro de extinción, * Fauna con poblaciones reducidas, según Reglamento Ley de Conservación de la vida Silvestre No 32633 artículos 29 y 26 respectivamente)

Familia	Especie	Nombre común	BM	BR	CH	PA	Abundancia Relativa %
Boidae	<i>Boa constrictor</i> **	Boa				X	1.67
Dispsadidae	<i>Imantodes cenchoa</i>	Ranera		X			1.67
	<i>Clelia clelia</i>	Zopilota				X	1.67
	<i>Leptodeira annulata</i>	Falsa terciopelo		X			1.67
	<i>Spillotes pullatus</i>	Mica	X				1.67
Viperidae	<i>Bothriechis schlegelii</i>	Bocaracá	X				1.67
	<i>Botrops asper</i>	Terciopelo			X		1.67
	<i>Porthidium ophryomegas</i>	Tobobachinga	X				1.67
Gekkonidae	<i>Gonatodes albogularis</i>	Geko			X		1.67
	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Geko			X	X	3.33
Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo			X	X	23.33
Polychrotidae	<i>Norops cupreus</i>	Lagartija			X		6.67
	<i>Norops humilis</i>	Lagartija		X			1.67
	<i>Norops limifrons</i>	Lagartija			X	X	3.33
Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Tortuga de charca	X				1.67
Teiidae	<i>Ameiva festiva</i>	Chisbala	X		X	X	11.67
	<i>Ameiva undulata</i>	Chisbala	X		X	X	15.00
	<i>Aspidoscelis deppii</i>	Chisbala			X		13.33

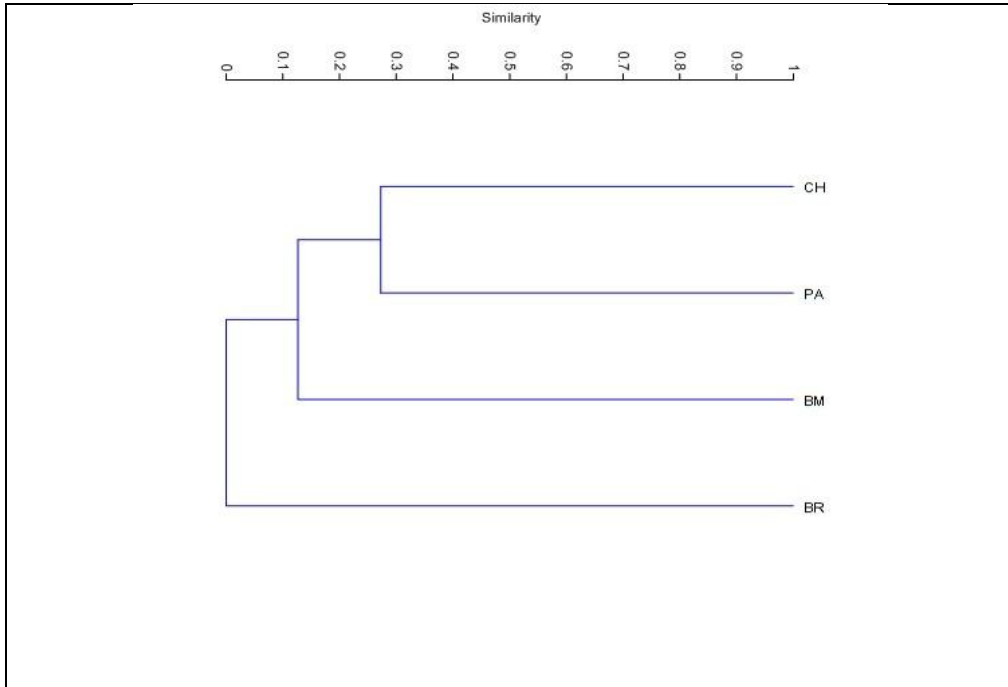
De nuevo las especies de reptiles más abundantes en los sitios muestreados por transectos son los garrobos (*Ctenosaura similis*) y las chisbalas (*Ameiva undulata*, *Cnemidophorus deppii* y *Ameiva festiva*) y se observaron en el mismo tipo de ecosistema (potreros, charrales, bosque secundario y bosque maduro).

Utilizando el análisis de clusters de similitud de Jaccard se observa que el nivel de similitud entre sitios es bastante alto para anfibios, entre los sitios de charral y potrero arbolado (50%), ver la Figura No. 5.2.12, en tanto que para los reptiles se mantiene la misma tendencia pero con un nivel de similitud mucho menor (28%), Figura No. 5.2.13.

116 Figura No. 5.2.12. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de anfibios del PG Borinquen



117 Figura No. 5.2.13. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de reptiles del PG Borinquen



Especies endémicas con poblaciones reducidas:

De los grupos observadas de aves, anfibios y reptiles, no se reporta en la literatura especie endémica para el área de estudio del Proyecto Geotérmico Borinquen.

5.2.9.4 Fauna Acuática

Ictiofauna

Para el estudio de los peces se realizó un muestreo mensual iniciando en el mes de diciembre del 2011 y finalizando en octubre del 2012. El nombre, ubicación y altitud sobre el nivel del mar de los sitios de muestreo se muestran en el Cuadro No. 5.2.14 En cada sitio se muestreó un área total de 30 m lineales por 3 m de ancho (90 m²).

Los sitios de muestreo en el cuadro No. 5.2.13, se escogieron de tal manera que el río Salitral quedara representado en su gradiente altitudinal dentro del AP, AID y All, debido a que éste pasa por el centro de los sitios de obras civiles y de la mayoría de los pozos, los sitios Salitral Balneario y Jacamar se ubicaron aguas arriba del pozo 1, de las dos casas de máquinas, estaciones de separación y de la subestación. El sitio río Salitral Pozo 3 está muy cercano a la plataforma del mismo nombre y muy cercano a las casas de máquinas sur, el sitio Salitral Las Lilas se ubica aguas abajo de todo el complejo constructivo. Los demás sitios: río

Ahogados, quebrada Guapote y quebrada Las Imágenes son sitios control, exentos de afectación y que reflejarían la diversidad natural de las zonas bajas, con escasa influencia volcánica y se ubican dentro del AII. La ubicación espacial de dichos sitios se presenta en la Figura No. 5.2.14

63 Cuadro No. 5.2.13 Altitud de los sitios de muestreo ícticos (AS Aguas superficiales) y su geo-referenciación (CRTM05) en el Campo Geotérmico Borinquen.

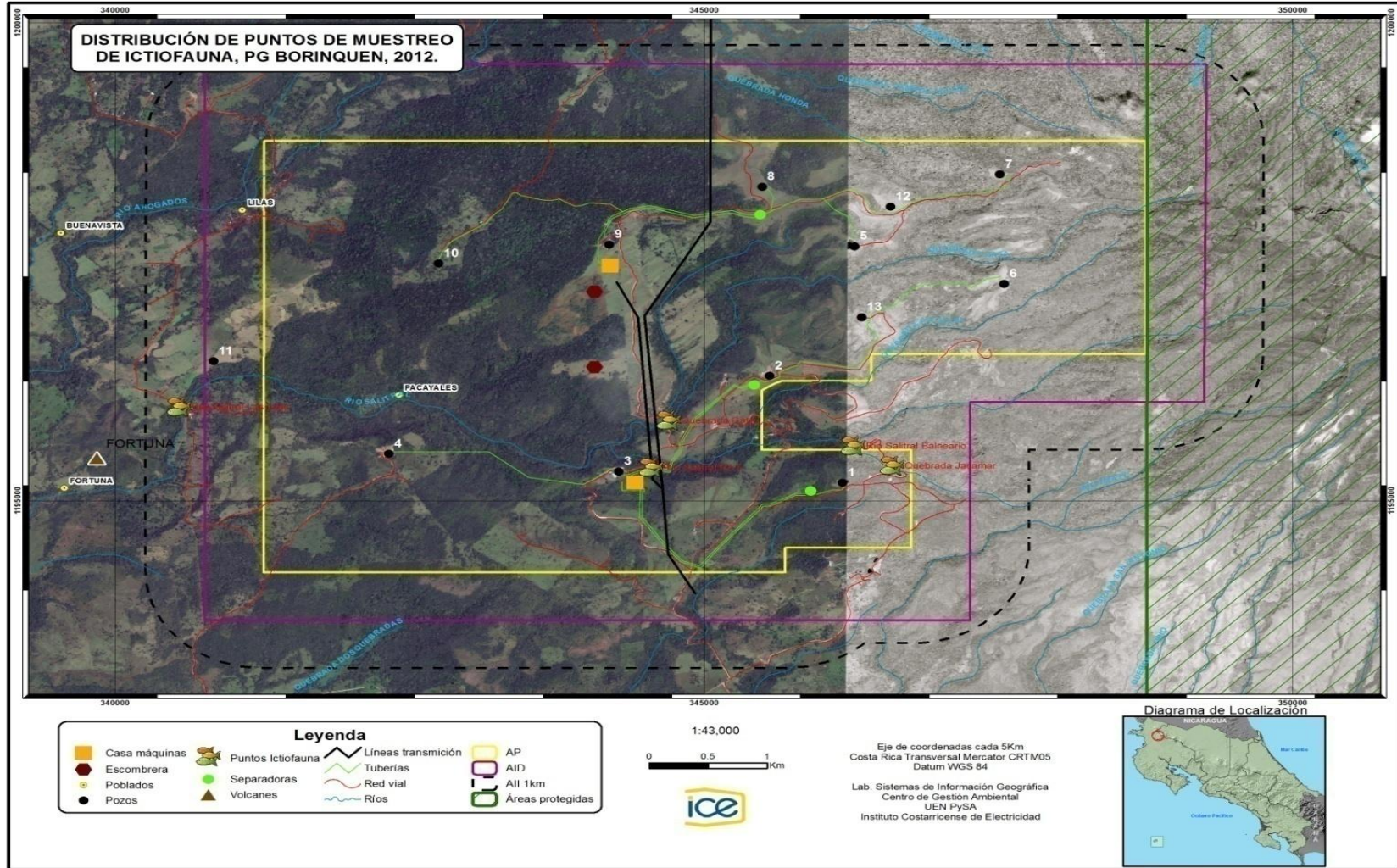
Sitio de Muestreo	Altitud	Latitud	Longitud
Río Salitral Balneario	608 m	1195570	346269
Quebrada Jacamar	697 m	1195370	346599
Quebrada Las Imágenes	318 m	1192780	340990
Quebrada Guapote	301 m	1191930	341736
Río Salitral Pozo 3	516 m	1195350	344554
Quebrada Gata	539 m	1195840	344702
Río Salitral Las Lilas	343 m	1195980	340545
Río Ahogados	439 m	1200220	343208

Los muestreos se realizaron con un equipo de electropesca marca Smith & Root de manera que luego de cada choque eléctrico se colectaron las especies con redes de mano para determinar número y especie. Debido a que el tamaño de los ríos y quebradas era muy pequeño no se hizo necesario la utilización de otras artes de pesca.

En cada muestreo los animales se devolvieron vivos al cuerpo de agua una vez identificados, la determinación de especie se realizó utilizando las claves de Bussing (2002).

Para el hábitat acuático se midieron las variables físicas de oxígeno disuelto, pH, temperatura y variables químicas de dureza, cloruros y sulfatos, además se realizaron dos mediciones de sólidos disueltos, bajo condiciones naturales, una correspondiente al agua en condiciones normales y frecuentes de claridad en época de verano (agua clara) y otra durante condiciones lluviosas y con gran arrastre de sedimentos (agua turbia).

118 Figura No. 5.2.14 Distribución espacial de puntos de muestreo de la Fauna Acuática. Fuente ICE-West Jec Japón, 20120.



Resultados y Discusión

Para el estudio de la ictiofauna del PG Borinquen los sitios escogidos para el monitoreo de los peces fueron determinados en base a la cercanía de los puntos de perforación e instalación de obras civiles, de manera que si ocurriese algún impacto sobre los cuerpos de agua, éste se viera reflejado en los sitios definidos.

Estos sitio en su mayoría se ubican cercanos a caminos de lastre y poseen una flora muy exuberante compuesta por bosques riparios muy bien conservados y de gran tamaño y con una amplia continuidad con otros bosques a lo largo de las riveras de los ríos, en el caso del río Salitral el bosque ripario mantiene una continuidad con los bosques protegidos por el área de Conservación Guanacaste.

De los ocho puntos de muestreo solamente dos puntos: quebrada Las Imágenes y quebrada Guapote, están rodeados de potreros con una incipiente vegetación ribereña que no alcanza a ser un verdadero bosque ripario, pero como se verá más adelante, presentan valores altos en su biodiversidad acuática.

La fauna de peces en el AP (quebrada Gata y río Salitral Pozo 3) mostró ensambles taxonómicos muy específicos según altitud y temperatura donde además pareciera haber alguna influencia de la actividad volcánica en la calidad de las aguas.

Bussing (2002), describe la distribución geográfica de los peces continentales para la zona de Guanacaste, destacando 22 especies, en toda la Provincia de Guanacaste. Para la zona de estudio se observaron nueve especies, las cuales representan el 41% de la riqueza de la provincia, ver el Cuadro No. 5.2.14.

64 Cuadro No. 5.2.14 Listado de especies de peces reportadas para la Provincia de Guanacaste y para el PG Borinquen.

Familia	Especie	Nombre común	Reportado Provincia de Guanacaste	Capturado Borinquen
Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	Sardina	X	X
	<i>Bryconamericus cleroparius</i>	Sardina	X	
	<i>Roeboides bouchellei</i>	Sardina	X	
Heptapteridae	<i>Rhamdia nicaraguensis</i>	Barbudo	X	
	<i>Rhamdia laticauda</i>	Barbudo	X	X
	<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo	X	
Rivulidae	<i>Rivulus isthmensis</i>	Olomina	X	
Poeciliidae	<i>Xenophallus umbratilis</i>	Olomina	X	
	<i>Alfaro cultratus</i>	Olomina	X	
	<i>Brachyrhaphis olomina</i>	Olomina	X	X
	<i>Poecilia gillii</i>	Olomina	X	X
	<i>Poecilia turrubarensis</i>	Olomina	X	
Cichlidae	<i>Amphilophus alfari</i>	Mojarra	X	X
	<i>Amphilophus longimanus</i>	Mojarra	X	
	<i>Amatitlania nigrofasciata</i>	Convicto	X	X
	<i>Parachromis dovii</i>	Guapote	X	X
Eliotridae	<i>Hemieliotris latifasciatus</i>	Guavinita	X	
	<i>Eleotris picta</i>	Vieja	X	
Gobiidae	<i>Sicydium salvini</i>	Chupapiedra	X	
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i>	Tepemechín	X	X
Symbranchidae	<i>Symbranchus marmoratus</i>	Anguila	X	X
Gymnotidae	<i>Gymnotus maculosus</i>	Cuchillo	X	

El Cuadro No. 5.2.15 muestra la abundancia relativa para cada especie y para cada sitio, la especie más abundante en la zona es la Olomina (*Brachyrhaphis olomina*), ver la Fotografía No. 5.2.22, seguida por el barbudo (*Rhamdia laticauda*) ver la Fotografía No. 5.2.23, la mojarra (*Amphilophus alfari*) ver Fotografía No. 5.2.24 y la olomina (*Poecilia gillii*). Estas observaciones son interesantes debido a que por lo general en el resto del país las especies de peces más abundantes y de mayor distribución son la sardina (*Astyanax aeneus*) y la olomina (*Poecilia gillii*) mientras que en la zona de estudio, la composición es muy diferente, siendo entre ellas las menos abundantes *P. gillii* y *Astyanax aeneus*. Cabe destacar la presencia de guapote (*Parachromis dovii*) presente en la Fotografía No. 5.2.25, en los sitios ubicados fuera del AP, la cual es una especie carnívora, que alcanza gran tamaño y es de interés para la pesca deportiva y como fuente de alimenticia y

la mojarra Convicto (*Amatitlania nigrofasciata*) ver la Fotografía No. 5.2.26, una especie ampliamente distribuida por todo el país y de interés para la acuariofilia.

65 Cuadro No. 5.2.15 Abundancia relativa (%) por sitio y para toda el área de estudio.

Especie	Sitios de observación								
	Río Ahogados	Quebrada Gata	Quebrada Guapote	Quebrada Jacamar	Quebrada Imágenes	Río Salitral Bañero	Río Salitral Las Lilas	Río Salitral Pz3	Área Total
<i>Agonostomus monticola</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0.15
<i>Amatitlania nigrofasciata</i>	1	0	24	0	21	0	20	0	16
<i>Amphilophus alfari</i>	13	0	15	0	32	0	1	0	18
<i>Astyanax aeneus</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	1
<i>Brachyrhaphis olomina</i>	34	100	4	0	17	0	25	80	26
<i>Parachromis dovii</i>	2	0	10	0	0	0	2	0	2
<i>Poecilia gillii</i>	0	0	38	0	14	0	38	0	17
<i>Rhamdia laticauda</i>	47	0	9	100	16	100	8	20	20
<i>Symbranchus marmoratus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0.10

135 Fotografía No. 5.2.22. Olomina (*Brachyrhaphis olomina*), especie de mayor abundancia en la zona de estudio



136 Fotografía No. 5.2.23. Barbudo (*Rhamdia laticauda*).



137 Fotografía No. 5.2.24. Mojarra (*Amphilophus alfari*) capturado en la Quebrada Las Imágenes, adulto.



138 Fotografía No. 5.2.25. Guapote (*Parachromis dovii*) capturado en la Quebrada Guapote, macho adulto

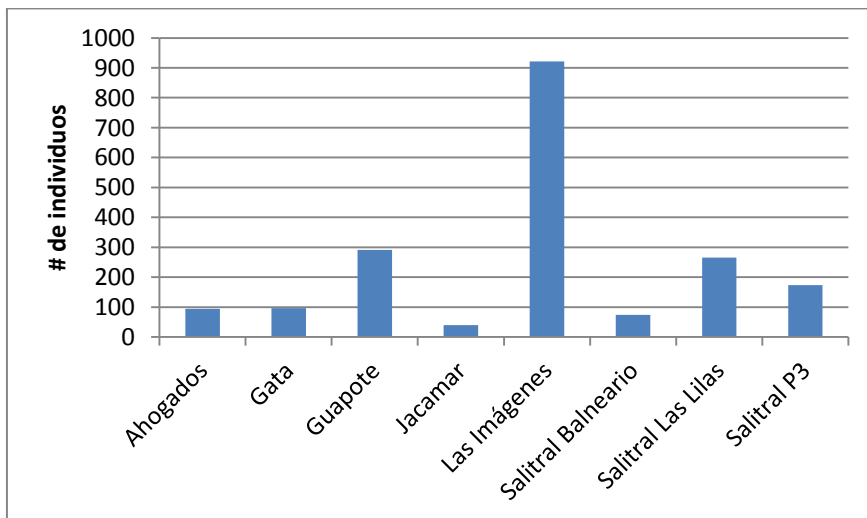


139 Fotografía No. 5.2.26. Mojarra Convicto (*Amatitlania nigrofasciata*) capturado en la Quebrada Guapote, macho adulto.



Los sitios donde se registraron más individuos son la quebrada Las Imágenes, quebrada guapote y río Salitral Las Lilas, Figura No. 5.2.15. Es importante resaltar que la gran abundancia y riqueza que muestran los sitios aguas abajo del AP, son indicativos de la buena calidad y buen estado de conservación de los ríos y quebradas de la zona.

119 Figura No. 5.2.15. Distribución de peces observados por sitio



El análisis de acumulación de especies muestra que se ha alcanzado una muestra muy representativa de la mayoría de la ictiofauna presente en la zona, ver la Figura No. 5.2.16.

120 Figura No. 5.2.16. Curva de acumulación de especies de peces para el AP, AID y All del PG Borinquen.

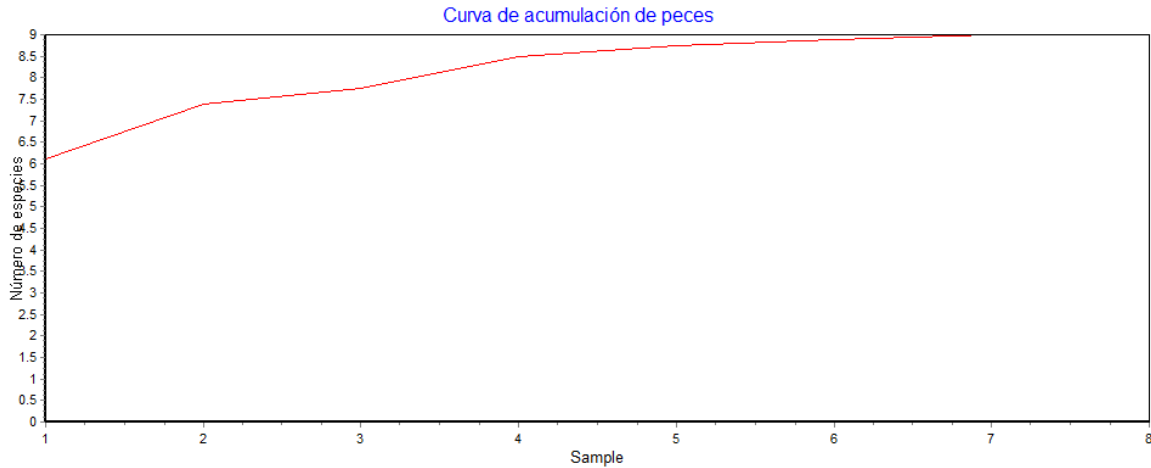
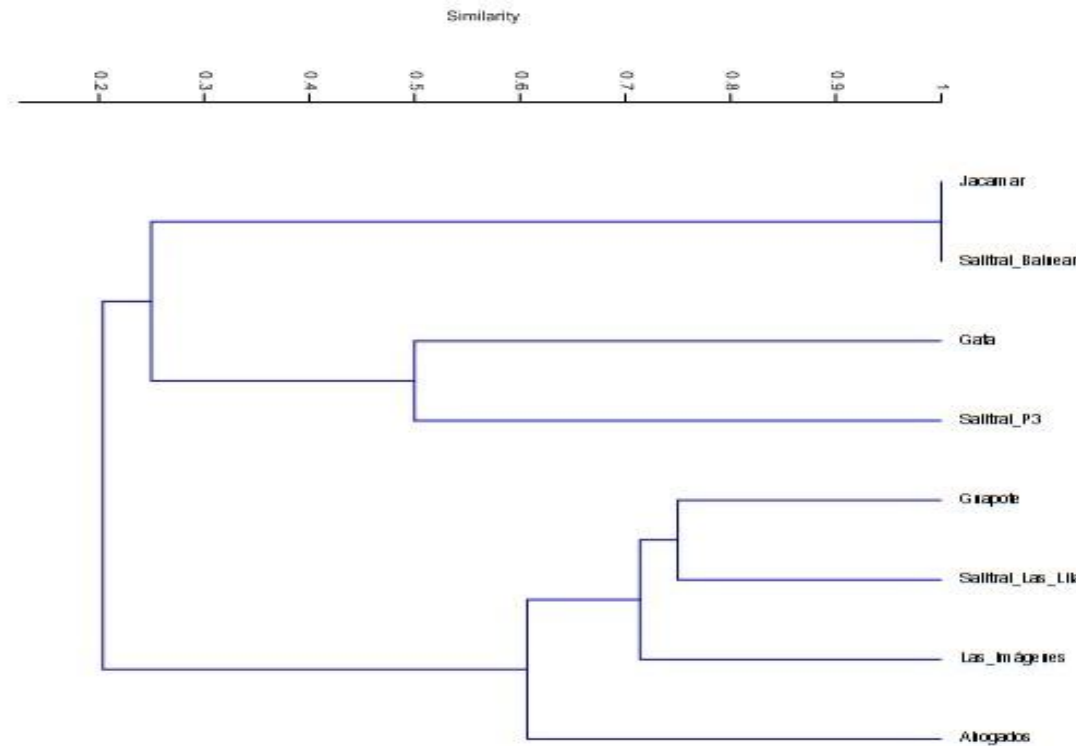


Figura No. 5.2.17 muestra los resultados del análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo. Se observa una semejanza total de especies (100%) entre la quebrada Jacamar y el río Salitral Balneario, lo cual se explica porque estos sitios albergan solamente una especie de barbudo (*Rhamdia laticauda*) y se encuentran a un nivel altitudinal similar, por otra parte se observa que la quebrada Guapote, río Salitral Las Lilas y quebrada Las Imágenes comparten una similitud mayor al 65% y el río Ahogados con más del 55% de similitud con los anteriores, esta similitud se da en cuanto al tipo y cantidad de especies lo cual se ve confirmado por las observaciones de campo que indican que estos sitios tienen condiciones similares de altitud, temperatura y calidad de agua. La quebrada Gata y el río Salitral Pozo 3, los cuales son los dos puntos que se encuentran más cercanos a los sitios de obras y serán los afectados por las obras de construcción, muestran una similitud del 100% entre sí, comparten una especie en común y se encuentran en niveles altitudinales similares.

121 Figura No. 5.2.17. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de peces del PG Borinquen.



Se observa además que el tepemechín (*Agonostomus monticola*) ver Fotografía No. 5.2.27 y la anguila (*Symbranchus marmoratus*), ver Fotografía No. 5.2.28, son especies de menor abundancia y raras, se capturaron en el río Ahogados y quebrada Guapote respectivamente. El tepemechín según el mapa de distribución geográfica para Costa Rica de Bussing (2002) tiene su distribución más al norte en la Vertiente Pacífica hasta Chomes y la península de Nicoya, no se reporta su presencia en la parte norte de la Provincia de Guanacaste; además por observaciones personales se ha corroborado su presencia en el río Corobicí y alrededores de la ciudad de Cañas, probablemente trasladado por el trasvase de agua del lago Arenal de la Vertiente Norte hacia la Vertiente Pacífica. Este hallazgo en la zona de Borinquen sería una ampliación de hábitat para esta especie.

140 Fotografía No. 5.2.27. Tepemechín (*Agonostomus monticola*) capturado en el río Ahogados. Hembra madura con una longitud standart de 24 cm.



141 Fotografía No. 5.2.28. Anguila (*Symbranchus marmoratus*) capturado en la Quebrada Guapote.



En el Cuadro No. 5.2.16 se muestran los índices de diversidad y la riqueza de los sitios muestreados. Algunos sitios tales como quebrada Gata, quebrada Jacamar y río Salitral Balneario presentan índices de Shannon-Wiener (H') con valores de cero debido a que solamente albergan una especie. La quebrada Gata solamente alberga la olomina (*Brachyrhaphis olomina*), mientras la quebrada Jacamar y el río Salitral Balneario solamente una especie de barbudo (*Rhamdia laticauda*).

66 Cuadro No. 5.2.16 Índices de diversidad (Shannon-Wiener) y la Riqueza (número de especies) según sitio de muestreo.

Sitio	Diversidad H'	Varianza H'	Riqueza
Río Ahogados	1.225	0.007	6
Quebrada Gata	0.000	0.000	1
Quebrada Guapote	1.598	0.002	7
Quebrada Jacamar	0.000	0.000	1
Quebrada Las Imágenes	1.561	0.0001	5
Río Salitral Balneario	0.000	0.000	1
Río Salitral Las Lilas	1.523	0.002	7
Río Salitral P3	0.502	0.002	2

La situación descrita en el párrafo anterior, probablemente se deba a que estos sitios coinciden en tener influencia volcánica. Por ejemplo el río Salitral Balneario posee una temperatura de 22 °C mientras la Quebrada Jacamar a pesar de ser uno de los sitios de mayor altitud y muy cercana al río Salitral Balneario, posee una temperatura promedio de 25.4 °C la cual es más elevada que este último, lo que supone que ahí hay una gran influencia termal y posiblemente cambios bruscos en la calidad del agua con respecto al tiempo. Para los demás sitios es difícil establecer un factor tan claro como el anterior, sin embargo, la quebrada Gata muestra aguas de coloración azulada producto del fenómeno óptico típico de aguas con deposición de compuestos de sílice, los cuales a su vez están asociados con actividad volcánica.

Los sitios con mayor diversidad fueron la Quebrada Guapote, Quebrada Las Imágenes y el río Salitral Las Lilas, coincidiendo todos en ser sistemas con gran diversidad de hábitat, menor altitud, mayor temperatura y menor influencia volcánica debido probablemente al mayor número de aportes de agua que colaboran a una mayor dilución.

En el Cuadro No. 5.2.17 se presentan los parámetros físico-químicos de febrero a noviembre del 2012 de los ríos y quebradas muestreados una vez al mes coincidiendo con las mismas fechas de muestreos de peces. Esta información refleja las características de calidad de agua para la época seca y lluviosa de la zona. Se observan valores de Oxígeno bastante altos, pH neutros y alcalinos y cloruros y sulfatos bajos. Los cloruros y sulfatos son ligeramente más altos en la quebrada Jacamar, la cual tiene influencia de una termal que incrementa la temperatura alrededor de 4 °C por encima del río Salitral Balneario, el cual se encuentra muy cerca y a la misma altitud que la primera y hace de la quebrada Jacamar un sitio bastante estable en la temperatura con pocos variaciones durante el año. Los sitios con menor concentración de sulfatos son la quebrada Las Imágenes y río Ahogados, mientras los demás sitios presentan valores

intermedios. La quebrada Gata muestra una coloración azulada, ver Fotografía No. 5.2.29, propia de precipitados de sílice.

Según investigaciones realizadas por Soucek (2005) para el Pennsylvania Department of Environmental Protection, se establece que el nivel de toxicidad del sulfato se ve incrementado o disminuido dependiendo de la dureza y concentración de cloruros en el agua. Para aguas con concentraciones menores a 25 mg/l de cloruros y mayores o iguales a 5 mg/l y dureza menor a 100 mg/l, la concentración máxima de sulfatos que no causa toxicidad a macro invertebrados acuáticos de agua dulce sería de 500 mg/l. Este es el caso de todas las aguas analizadas en los sitios de muestreo del PG Borinquen.

67 Cuadro No. 5.2.17 Parámetros físico-químicos según sitio de muestreo. Concentraciones en mg/l.

Sitios de muestreo	Fecha	O2	°C	pH	Dureza Total	Cloruros	Sulfatos
Río Salitral Balneario	15/02/2012	8	21	7.36	59.3	4.18	31.5
Quebrada Jacamar	15/02/2012	7.5	25	7.54	89.7	7.34	34.5
Quebrada Las Imágenes	15/02/2012	7.12	21.9	7.08	68.3	3.30	10.2
Quebrada Guapote	15/02/2012	8.05	22.6	7.33	63.9	3.78	17.2
Río Salitral PZ3	15/02/2012	8.15	21.9	7.32	60.3	4.91	31.4
Quebrada Gata	15/02/2012	8.1	22.7	7.02	75.3	3.97	68.0
Río Salitral Las Lilas	15/02/2012	7.9	24.3	7.45	64.9	4.23	33.9
Río Los Ahogados	15/02/2012	7.2	23	7.29	44.4	2.78	12.5
Río Salitral Balneario	07/03/2012	8.7	21.2	7.24	60.5	5.00	35.2
Quebrada Jacamar	07/03/2012	7.4	25	7.63	87.3	9.02	33.5
Quebrada Las Imágenes	07/03/2012	6.4	22.6	7.05	67.5	4.65	10.5
Quebrada Guapote	07/03/2012	7.41	23.2	7.30	61.9	4.65	20.5
Río Salitral PZ3	07/03/2012	7.64	21.4	7.58	63.5	5.62	31.1
Quebrada Gata	07/03/2012	7.84	21.5	7.10	75.3	4.60	74.0
Río Salitral Las Lilas	07/03/2012	7.55	23.9	7.61	64.7	4.94	35.7
Río Los Ahogados	07/03/2012	8	22.1	7.43	38.6	3.54	14.4
Río Salitral Balneario	18/04/2012	7.65	22.6	7.06	62.7	5.09	37.4
Quebrada Jacamar	18/04/2012	7.35	25.7	7.57	88.9	8.55	33.0
Quebrada Las Imágenes	18/04/2012	6.49	23.8	6.98	65.3	3.55	10.5
Quebrada Guapote	18/04/2012	7.42	24.5	7.19	65.7	4.74	18.6
Río Salitral PZ3	18/04/2012	7.6	23.9	7.33	68.9	5.76	31.5
Quebrada Gata	18/04/2012	7.85	24.2	7.13	83.1	4.99	77.9
Río Salitral Las Lilas	18/04/2012	7.5	25.3	7.48	69.9	5.28	36.5
Río Los Ahogados	18/04/2012	8.3	24	7.40	41.6	3.44	17.2
Río Salitral Balneario	16/05/2012	7.42	23.3	7.46	60.9	5.21	35.5
Quebrada Jacamar	16/05/2012	6.95	25.9	7.57	91.5	9.20	32.8
Quebrada Las Imágenes	16/05/2012	6.03	26.1	7.10	62.7	3.55	9.10
Quebrada Guapote	16/05/2012	6.8	26.4	7.48	63.9	5.09	25.0
Río Salitral PZ3	16/05/2012	7.55	24.8	7.04	65.1	5.11	25.2
Quebrada Gata	16/05/2012	7.32	25.1	7.03	76.9	3.99	57.7
Río Salitral Las Lilas	16/05/2012	7.65	25.1	7.23	65.7	4.77	27.5
Río Los Ahogados	16/05/2012	7.49	24.1	7.51	38.0	3.46	13.6
Río Salitral Balneario	13/06/2012	8.23	21.1	7.23	57.7	4.99	38.5
Quebrada Jacamar	13/06/2012	7.44	25.1	7.64	88.9	9.37	35.3
Quebrada Las Imágenes	13/06/2012	7.05	23.4	7.13	71.3	3.89	11.70
Quebrada Guapote	13/06/2012	7.78	24.3	7.31	60.1	5.59	21.4
Río Salitral PZ3	13/06/2012	7.60	23.3	7.56	60.5	6.12	33.8

67 Cuadro No. 5.2.17 Parámetros físico-químicos según sitio de muestreo. Concentraciones en mg/l.

Quebrada Gata	13/06/2012	7.58	23.2	7.10	62.9	4.46	64.7
Río Salitral Las Lilas	13/06/2012	7.72	24.2	7.60	61.3	5.47	36.7
Río Los Ahogados	13/06/2012	7.70	22.9	7.28	31.4	3.33	13.3
Río Salitral Balneario	10/07/2012	8.23	21.6	7.20	51.6	4.65	36.4
Quebrada Jacamar	10/07/2012	8.2	25.5	7.80	86.1	10.4	34.1
Quebrada Las Imágenes	10/07/2012	7.03	24.6	7.55	58.5	3.63	10.9
Quebrada Guapote	10/07/2012	7.6	25.3	7.49	65.7	5.55	20.9
Río Salitral PZ3	10/07/2012	7.52	23.7	7.62	58.5	6.02	30.1
Quebrada Gata	10/07/2012	7.64	23.6	7.26	54.8	4.28	52.2
Río Salitral Las Lilas	10/07/2012	7.88	23.9	7.58	57.3	5.22	32.5
Río Los Ahogados	10/07/2012	8.69	23.6	7.40	28.8	3.25	11.3
Río Salitral Balneario	08/08/2012	8.05	21.6	7.34	56.1	4.32	37.4
Quebrada Jacamar	08/08/2012	7.59	25.5	7.77	85.7	9.4	43.7
Quebrada Las Imágenes	08/08/2012	7.12	25	7.14	58.9	3.45	11.3
Quebrada Guapote	08/08/2012	7.88	25.8	7.30	60.1	4.78	20.6
Río Salitral PZ3	08/08/2012	8.13	24.2	7.59	59.9	5.65	33.2
Quebrada Gata	08/08/2012	8.5	24.3	7.40	60.9	4.14	62.9
Río Salitral Las Lilas	08/08/2012	7.7	25.2	7.61	65.3	4.17	36.1
Río Los Ahogados	08/08/2012	7.42	23.5	7.46	29.6	2.52	11.4
Río Salitral Balneario	26/09/2012	7.83	21.8	7.50	62.5	4.08	27.5
Quebrada Jacamar	26/09/2012	7.36	25.6	7.64	87.7	10.0	35.8
Quebrada Las Imágenes	26/09/2012	7.35	24.6	7.26	62.9	3.49	10.2
Quebrada Guapote	26/09/2012	7.5	25.0	7.39	72.7	5.40	20.7
Río Salitral PZ3	26/09/2012	7.80	24.5	7.49	65.3	6.11	31.5
Quebrada Gata	26/09/2012	7.83	24.9	7.57	65.3	4.36	58.9
Río Salitral Las Lilas	26/09/2012	7.18	25.2	7.68	62.5	5.13	33.3
Río Los Ahogados	26/09/2012	8.24	23.6	7.49	33.6	3.15	12.0
Río Salitral Balneario	23/10/2012	7.25	21.6	7.18	44.0	2.69	26.6
Quebrada Jacamar	23/10/2012	8.47	24.4	7.47	68.3	7.56	28.1
Quebrada Las Imágenes	23/10/2012	7.23	24.7	7.27	60.4	2.52	7.35
Quebrada Guapote	23/10/2012	7.47	25.1	7.26	50.8	3.37	12.1
Río Salitral PZ3	23/10/2012	7.84	24	7.48	54.4	5.15	25.0
Quebrada Gata	23/10/2012	7.93	24.1	7.18	56.1	4.03	53.5
Río Salitral Las Lilas	23/10/2012	7.8	24	7.10	40.4	3.21	20.7
Río Los Ahogados	23/10/2012	8.35	22.6	6.46	16.8	1.86	5.00

142 Fotografía No. 5.2.29. Quebrada Gata, se muestra la coloración azulada de sus aguas.



Los sitios cuyas características físico-químicas reflejan mayor influencia volcánica son la quebrada Gata, Jacamar y río Salitral Balneario, que son los de mayor altitud. Los demás sitios de muestreo, conforme reciben mayores aportes de agua por nacientes y escorrentía y disminuyen en altitud ofrecen mejor calidad de agua, mayor variedad de hábitats y de diversidad de especies. Se puede anotar que se destacan dos especies de peces que al parecer tienen una mayor tolerancia a la combinación de factores físico-químicos específicos de la quebrada Gata, Jacamar y río Salitral Balneario, las cuales son *Brachyrhaphis olomina* y *Rhamdia laticauda*.

En el Cuadro No. 5.2.18 se presentan valores de máxima concentración de sedimentos durante la época lluviosa, para cada sitio. Se observan concentraciones de 492 mg/l en la parte baja del río Salitral (río Salitral Las Lilas) en el AII. En el sitio específico que corresponde al AP, el cual corresponde al sitio más cercano a las obras (Salitral PZ 3), se observó una concentración de sólidos suspendidos de 180 mg/l. Estos valores son muy puntuales y requieren de más repeticiones, sin embargo son tolerables para la fauna acuática durante la época de lluvias, disminuyéndose a valores de hasta 2 mg/l de sólidos suspendidos en época seca.

68 Cuadro No. 5.2.18 Concentración (mg/l) de sólidos suspendidos durante época lluviosa.

Sitio	Sólidos suspendidos mg/l
Quebrada Gata	295
Quebrada Guapote	45
Quebrada Jacamar	71
Quebrada Las Imágenes	33
Río Los Ahogados	470
Río Salitral Balneario	135
Río Salitral Las Lilas	492
Río Salitral PZ3	180

Se ha observado que cada sitio de muestreo posee condiciones muy particulares siendo muy constantes en cuanto a riqueza, abundancia y parámetros físico-químicos, lo cual brinda información muy confiable sobre las características de cada sitio y nos permitirá en el futuro contar con una línea base para monitorear y comparar futuros cambios debido a actividades antropogénicas o naturales.

Especies endémicas con Poblaciones Reducidas

De todas las especies encontradas en la zona solamente *Brachyrhaphis olomina* es una especie endémica para Costa Rica, ésta especie se conoce solamente de Costa Rica, en La Vertiente Pacífica (donde es común), de la cuenca del río Tempisque hasta el río Grande de Tárcoles y en la Vertiente Atlántica en muy pocos sitios entre el río Sapoá y los ríos Reventazón y Parismina, (Bussing, 2002). No se encuentran en la zona especies acuáticas reportadas por CITES o UICN como amenazadas o en peligro de extinción.

Carcinofauna

Los crustáceos se evaluaron utilizando los mismos muestreos realizados para los peces. Debido a que la identificación de especies de cangrejos es actualmente muy imprecisa, ya que no existen claves adecuadas para la determinación a nivel de género y de especie, se consideró a los cangrejos con el nombre genérico de cangrejo. En cuanto a los langostinos se determinó que todos son de la familia Carideae y del género *Macrobrachium* pudiéndose identificar hasta nivel de especie. Los individuos juveniles y hembras se anotaron como *Macrobrachium* sp, debido a que para determinar la especie solamente se utilizan machos adultos. La determinación de las especies se realizó con la ayuda de la clave de identificación de Valencia y Campos (2007) y la guía de camarones dulceacuícolas de Rolier (2009).

Resultados y Discusión

Se encontraron dos especies de Carideos: *Macrobrachium americanum* y *Macrobrachium digueti*, además las especies que en las capturas fueron hembras o juveniles se les denominó *Macrobrachium. sp*, sin embargo se considera probable que éstas especies sean *M. digueti* (Debido a la semejanza morfológica).

En el Cuadro No.5.2.19 se muestra la abundancia relativa de especies según sitio de muestreo. Se observa que *M. digueti*, ver la Fotografía No.5.2.30, y *M. americanum*, son más abundantes en la quebrada Las Imágenes, en el río Salitral Las Lilas, quebrada Guapote y río Ahogados, los cuales son sitios control situados en el All.

Entre los sitios situados dentro del AP, la quebrada Gata y río Salitral Balneario no albergan ningún tipo de crustáceo aunque si insectos acuáticos, el río Salitral Pozo 3 presenta cangrejos, en la Fotografía No. 5.2.31, aunque éstos no son muy abundantes y en la quebrada Jacamar solamente en una ocasión se capturó un langostino (*M. americanum*).

69 Cuadro No. 5.2.19 Abundancia relativa (%) de cada especie por sitio y para toda el área de estudio. Crustáceos

Especie	Sitios de observación								
	Río Ahogados	Quebrada Gata	Quebrada Guapote	Quebrada Jacamar	Quebrada Imágenes	Río Salitral Balneario	Río Salitral Las Lilas	Río Salitral Pz3	Área Total
Cangrejo	40	100	0	50	10	100	9	100	24
<i>M. americanum</i>	0	0	0	50	3	0	0	0	3
<i>M. digueti</i>	50	0	29	0	47	0	27	0	36
<i>Macrobrachium sp</i>	10	0	71	0	40	0	64	0	37

143 Fotografía No. 5.2.30. Langostino (*Macrobrachium digueti*) capturado en el río Ahogados.



144 Fotografía No. 5.2.31. Cangrejo capturado en el río Salitral Pozo 3.



La quebrada Jacamar es un afluente del río Salitral, muy cercano y similar en altitud al sitio de muestreo Salitral Balneario y con influencia de termales, presentó en una ocasión un ejemplar adulto muy grande de *M. americanum*, que se considera fue casual debido a que para llegar ahí tuvo probablemente que remontar el río Salitral, pasar por el sitio de muestreo río Salitral Pozo 3 y antes de llegar al sitio de muestreo Salitral Balneario se desvió hacia la quebrada Jacamar, se conoce que la quebrada Jacamar tiene una gran diferencia en temperatura en relación al río Salitral en los puntos mencionados, siendo aproximadamente 4 °C superior, esto podría indicar que a ésta altitud posiblemente la temperatura es un factor limitante en la distribución de langostinos ya que en los sitios antes nombrados no se ha observado su presencia.

A pesar de que algunos sitios que probablemente tienen influencia volcánica (quebrada Gata, quebrada Jacamar y río Salitral Balneario), albergan algún tipo de fauna, ya sean peces, insectos o crustáceos, se evidencia que estas aguas son de buena calidad para la vida acuática y que posiblemente de manera esporádica sufren incremento en las concentraciones de sulfuros, cloruros, dureza etc. que podrían afectar cíclicamente las poblaciones existentes y explicar así la diversidad y abundancia característica de estos sitios.

Las observaciones anteriores se ven respaldadas por el estudio de calidad biológica del agua utilizando macro invertebrados acuáticos, que refleja una excelente calidad de agua en todos los sitios muestreados.

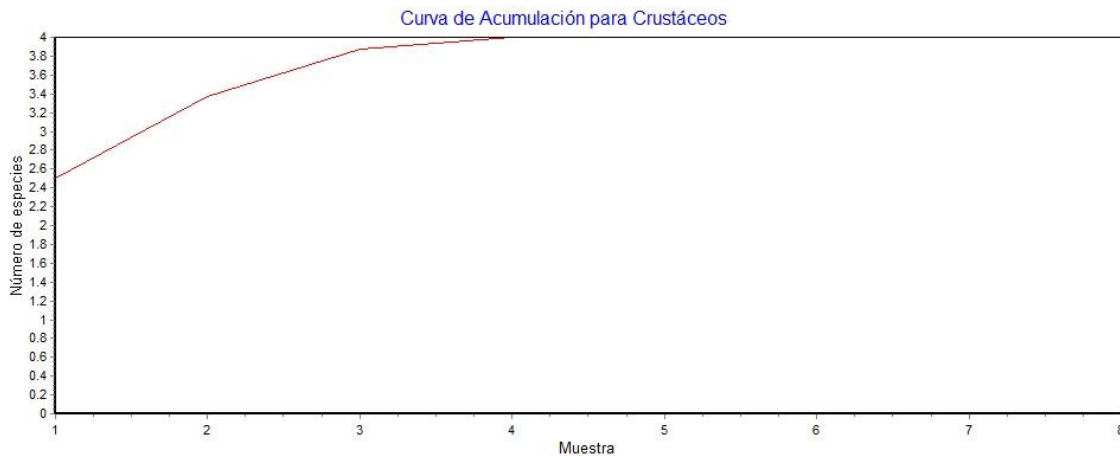
En el Cuadro No. 5.2.20 se muestran los índices de diversidad y la riqueza según sitios de muestreo. Los sitios con mayor diversidad y riqueza son el río Ahogados y río Salitral Las Lilas. La quebrada Las Imágenes presenta bajo índice de diversidad pero una alta riqueza. Todos los sitios anteriores coinciden en ser sistemas con gran diversidad de hábitat, menor altitud, y menor influencia volcánica, debido probablemente al mayor número de aportes de agua que colaboran a una mayor dilución. Es importante aclarar que estos sitios se encuentran por fuera del AP y AID y son sitios control para determinar la fauna total de la zona dentro del AII. Dentro del área AP se ubican los sitios con índice de diversidad de cero, producto de que solamente es una especie o una individuo el capturado en los muestreos, en el caso de la quebrada Jacamar se debe a la aparición de un solo individuo de *M. americanum* y uno de cangrejo, en el río Salitral Pozo 3 y río Salitral Balneario solamente se capturaron cangrejos. Esto evidencia que la riqueza de crustáceos en esta zona del río Salitral es muy baja al igual que sucede con la ictiofauna.

70 Cuadro No. 5.2.20 Índices de diversidad (Shannon-Wiener) y la Riqueza (número de especies) según sitio de muestreo.

Sitio	Diversidad H'	Varianza H'	Riqueza
Río Ahogados	0.9433	0.0316	3
Quebrada Gata	0	0	1
Quebrada Guapote	0.5983	0.0347	2
Quebrada Jacamar	0.6931	0.1250	2
Quebrada Las Imágenes	1.066	0.0145	4
Río Salitral Balneario	0	0	1
Río Salitral Las Lilas	0.8600	0.0422	3
Río Salitral P3	0	0	1

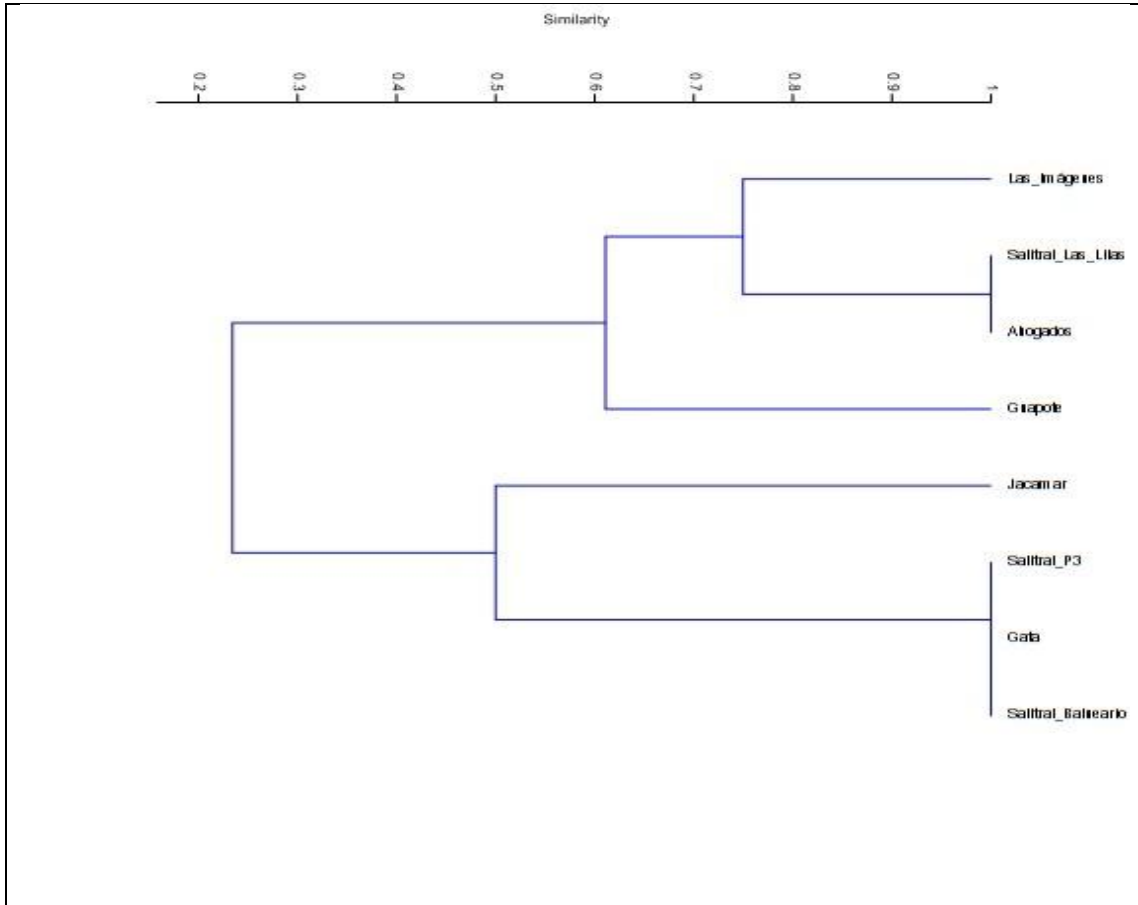
En todos los sitios se ha observado una contante en la composición de especies, de manera que los sitios desde el inicio del estudio no han mostraron cambios, manteniendo el mismo número de especies a lo largo del tiempo, por lo tanto se ha alcanzado la mayoría de la carcinofauna presente en estos ecosistemas. El análisis de acumulación de especies para la zona confirma estas observaciones en la Figura No. 5.2.18.

122 Figura No. 5.2.18. Curva de acumulación de especies de crustáceos para el AP, AID y All del PG Borinquen.



El análisis de clusters de similitud de Jaccard, ver la Figura No. 5.2.19, muestra en términos generales que hay muy poca similitud (25%) entre los sitios de zonas bajas que se ubican en el All (Las Imágenes, Salitral Las Lilas, Ahogados y Guapote), con los sitios cercanos al AP y que son de mayor altitud. Además se puede concluir que entre los sitios más cercanos a las obras de construcción la quebrada Gata y el río Salitral Pozo 3 comparten un 100% de similitud con respecto a las poblaciones de crustáceos, en este caso en específico porque albergan solamente cangrejos, además no albergan camarones (Carideos).

123 Figura No. 5.2.19. Análisis de clusters de similitud de Jaccard para los sitios de muestreo de crustáceos del PG Borinquen.



Se recomienda realizar muestreos tanto de ictiofauna y carcinofauna durante la etapa de construcción y operación de la planta geotérmica, para monitorear y detectar los posibles impactos que a la fauna acuática se le pueda causar por efecto del aumento en concentración de sedimentos y sustancias tóxicas en los cuerpos de agua

5.2.9.5 Macro Invertebrados acuáticos

La utilización de macroinvertebrados bentónicos tiene como ventaja la generación de una “Fotografía” del lugar, su presencia o ausencia permiten discernir sobre la condición de la alteración del cuerpo de agua. Debido a su hábito relativamente sésil, adheridos al sustrato presente en el fondo del río, estos organismos soportan espacio-temporalmente el efecto de los cambios que se producen en el agua (Escobar, 1989)

Los macroinvertebrados acuáticos son utilizados en los monitoreos de contaminación en los cursos fluviales, ya que se consideran como un método para evaluar los impactos causados por los desechos domésticos, industriales, entre otros (Abarca, 2007).

La biodiversidad de macroinvertebrados sirve como un índice de condiciones ambientales. Algunas especies o grupos son comúnmente encontrados en condiciones de eutrofía (ejemplo de esto la abundante presencia de Tubifex en zonas de desagües), mientras que otros grupos son sensibles a factores ambientales específicos, tal es el caso de los ephemerópteros, plecópteros y tricópteros, los cuales son considerados como una comunidad indicadora de aguas limpias, ya que tienen altos requerimientos de oxígeno (Dodds, 2002).

Una ventaja destacable en la utilización de los macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua y el estado del ecosistema acuático, es que simplifica las actividades de campo y de laboratorio, ya que su aplicación se basa en la identificación y cuantificación de estos individuos ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Roldán, 1999)

Metodología

Los muestreos se llevaron a cabo en época seca los días 15 y 16 de Febrero y en época de transición a la lluviosa los días 11 y 12 de Julio, en los mismos sitios de muestreo de la ictiofauna y la carcinofauna (río Salitral, éste se divide en tres puntos los cuales corresponden a “Lilas, Balneario y Pozo 3, Quebrada Jacamar, Quebrada Guapote, Quebrada Imágenes, Quebrada Ahogados y Quebrada Gata).

La muestra de macroinvertebrados acuáticos se colectaron removiendo el sustrato del cauce, y con una red triangular de 0.5 mm de luz de malla, ubicada a no más de 30 cm contra corriente aguas abajo del sitio de remoción. Este método se realizó en cada uno de los distintos tipos de microhábitat (rápidos, rápidos de bajo gradiente, pozas, paquetes de hojas, zonas de salpicadura, raíces expuestas, troncos dentro del cuerpo de agua, etc) que se encontraran en los puntos de muestreo. El material atrapado se colocó en una bandeja plástica para la búsqueda de los distintos tipos de organismos. Los macroinvertebrados fueron preservados en un vial de 8.0x3.0 cm, con etanol al 90%. El resto de la muestra se depositó en un envase plástico y se fijó con etanol al 80 %.

Las muestras fueron procesadas posteriormente en un laboratorio, utilizando tamices para facilitar la separación del material del río y los organismos preservados. Los macroinvertebrados fueron depositados en los mismos viales utilizados en el campo con etanol al 80% y se identificaron al mayor nivel taxonómico posible. Este proceso se realizó utilizando las siguientes claves taxonómicas y documentos especializados: guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de antioquia (roldán, 1988), aquatic entomology: the fishermen's guide and ecologists' illustrated guide to

insects and their relatives (mccafferty, 1983), macroinvertebrados de agua dulce de costa rica (springer, et al. 2010), an introduction to the aquatic insects of north america (merrit, 2008).

Índice BMWP-CR

El BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) es un índice que se estima sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de bentos. La puntuación adquirida para cada familia, se asigna en función del grado de sensibilidad a la contaminación. La clasificación de las aguas según este índice adquieren un valor comprendido entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar los 200; para mejorar su comprensión se asocia un color a cada categoría del grado de calidad del agua.

Índice del hábitat fluvial (IHF)

El IHF valora aspectos físicos del cauce, relacionados con la heterogeneidad de hábitat, y que dependen de la hidrología y el sustrato presente. Toma en cuenta características propias del cauce como la frecuencia de rápidos, pozas, profundidades, la sedimentación y la cantidad de sustrato. Además incorpora a la materia alóctona como una variable a calificar, ya que toma en cuenta la cantidad de hojarasca, la presencia de troncos, entre otros. (Acosta et al., 2009; Pardo et al.2002).

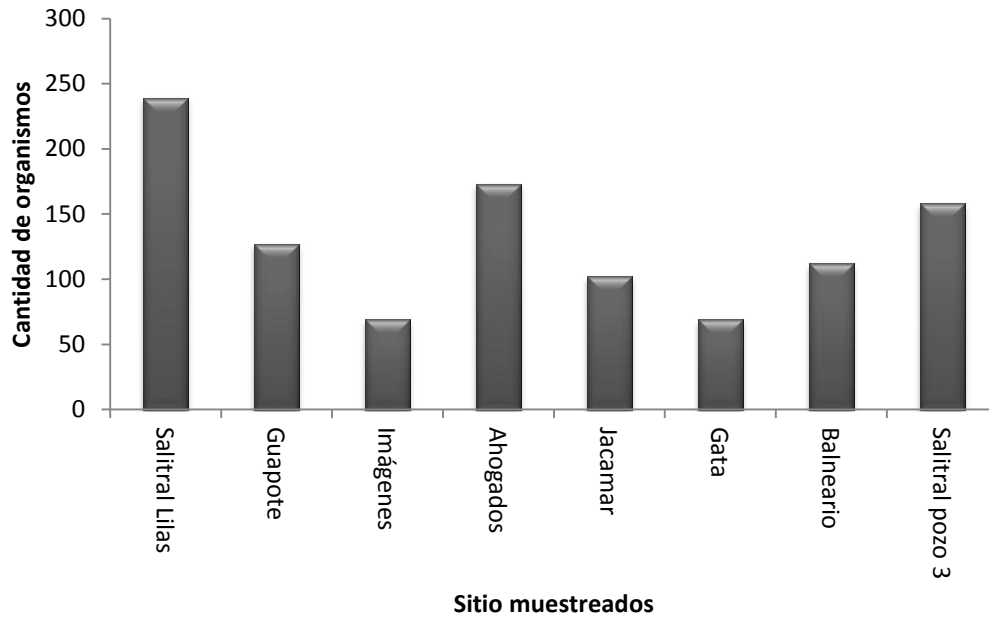
El IHF consta de siete bloques o apartados, en donde se valora la presencia de distintos componentes en el cauce y la ribera. La puntuación final se obtiene sumando cada uno de los puntos adquiridos en cada bloque, el resultado final no sobrepasa el valor de 100 (Acosta et al., 2009; Pardo et al.2002).

Resultados

Época seca:

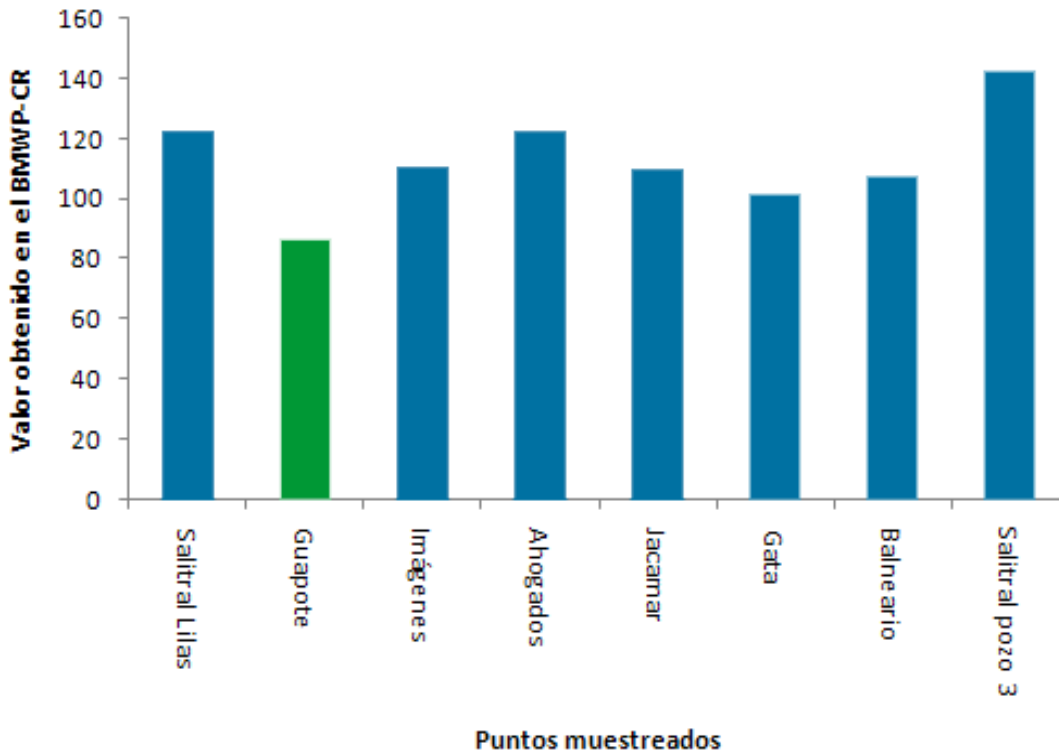
En total se recolectaron 1076 organismos en los 8 puntos muestreados. El punto de muestreo denominado “Salitral Las Lilas” fue el sitio que presentó la mayor cantidad de macroinvertebrados encontrados, mientras que la Quebrada Gata, fue el sitio que contó con menor número de organismos, ver la Figura No. 5.2.20.

124 Figura No. 5.2.20. Cantidad de organismos encontrados para cada sitio de muestreo, en los cuerpos de agua en la zona de Borinquen.



De los 8 sitios muestreados, 7 se catalogan dentro del índice BMWP-CR, como aguas de excelente calidad, no contaminadas ni alteradas. Únicamente la Quebrada Guapote presentó un puntaje de 86, lo cual en el índice cataloga al cuerpo de agua como de calidad regular, eutrofia y contaminación moderada, ver la Figura No. 5.2.21.

125 Figura No. 5.2.21. Valor adquirido dentro del índice BMWP-CR, para cada sitio de muestreo en la zona de Borinquen. El color de la barra indica el color asignado por el BMWP-CR. Época seca



Los 8 puntos muestreados poseen bajos valores de dominancia y altos valores de equitatividad, esto debido a que no hay ningún taxón que posea una mayor abundancia en relación al resto de los taxones. El índice de Shannon indica que todos los cauces muestreados son diversos, ya que obtuvieron valores superiores a 2, ver el Cuadro No. 5.2.21.

71 Cuadro No. 5.2.21 Valores de los Índices de Diversidad para los 8 cuerpos de agua muestreados en la zona de Borinquen.

índices	Salitral_Lilas	Guapote	Imágenes	Ahogados
Dominancia	0,1478	0,1345	0,09378	0,09501
Shannon_H	2,316	2,301	2,61	2,573
Equitatividad	0,7387	0,83	0,8864	0,8589
Índices	Jacamar	Gata	Balneario	Pozo3
Dominancia	0,1319	0,1189	0,1738	0,1343
Shannon_H	2,386	2,384	2,086	2,465
Equitatividad	0,8103	0,8414	0,7361	0,7658

Los 8 sitios muestreados poseen valores altos dentro del índice del hábitat fluvial, siendo “Salitral Pozo 3” el que obtuvo el mayor puntaje dentro del índice, y la Quebrada Imágenes fue la que obtuvo el menor puntaje, sin embargo como se refirió anteriormente este puntaje también es considerado como un valor elevado dentro del índice, ver el Cuadro No. 5.2.22.

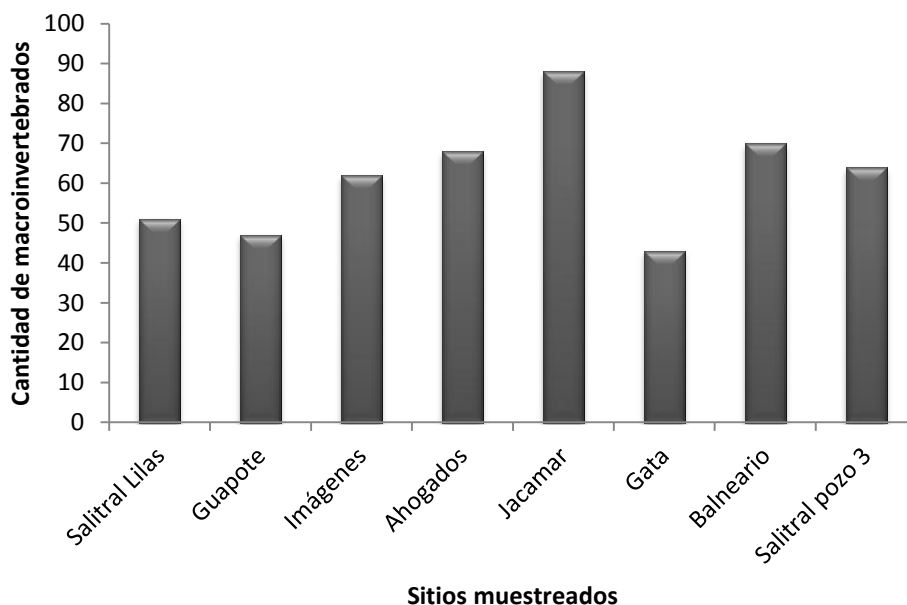
72 Cuadro No. 5.2.22 Valores del Índice del Hábitat Fluvial obtenidos para los 8 cuerpos de agua, muestreados dentro de la zona de Borinquen.

Sitio	Valor
Balneario	64
Jacamar	60
Imágenes	44
Guapote	47
Pozo3	66
Gata	58
Lilas	63
Ahogados	48

Época transición seca-lluviosa:

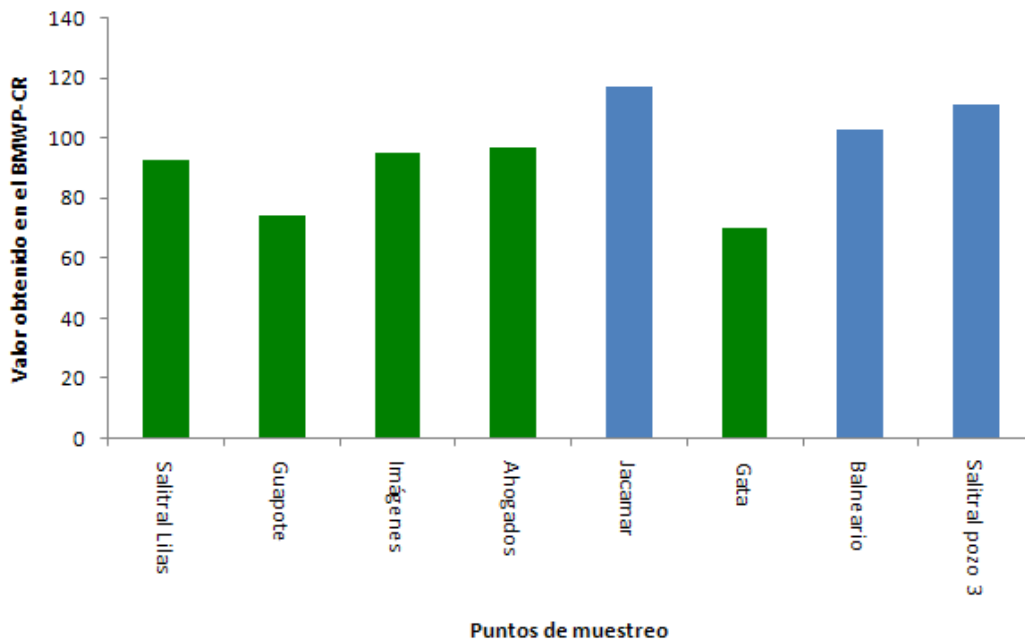
En los 8 sitios muestreados se colectaron un total de 493 individuos. Siendo la quebrada Jacamar la que presentó la mayor concentración de macroinvertebrados acuáticos, mientras que la quebrada Gata fue el cuerpo de agua con menor cantidad de estos organismos acuáticos, ver la Figura No. 5.2.22.

126 Figura No. 5.2.22 Cantidad de macroinvertebrados



De los 8 sitios muestreados la quebrada “Jacamar” fue el que presentó el valor más alto dentro del Índice BMWP-CR lo cual indica que ésta quebrada, junto con Salitral Pozo 3 y Salitral Balneario, son cuerpos de agua catalogados como de excelente calidad no contaminados ni alterados. Mientras que el resto de las quebradas son catalogadas como aguas de calidad regular de contaminación moderada. Siendo la quebrada Gata, la que presentó el valor más bajo dentro del índice en la Figura No. 5.2.23.

127 Figura No. 5.2.23. Valor adquirido dentro del índice BMWP-CR, para cada sitio de muestreo en la zona de Borinquen. El color de la barra indica el color asignado por el BMWP-CR. Época de transición.



Similar a la época seca, los 8 puntos muestreados poseen bajos valores de dominancia y altos valores de equitatividad, esto debido a que no hay ningún taxón que posea una mayor abundancia en relación al resto de los taxones. El índice de Shannon indica que todos los cauces muestreados son diversos, ya que obtuvieron valores superiores a 2, ver el Cuadro No. 5.2.23.

73 Cuadro No. 5.2.23 Índice de dominancia, diversidad y equitatividad según sitios de muestreo.

Índices	Pozo 3	Guapote	Jacamar	Salitral Lilas	Gata	Imágenes	Balneario	Ahogados
Dominance_D	0,1271	0,2169	0,1867	0,08958	0,1736	0,1333	0,1502	0,1518
Shannon_H	2,454	2,004	2,262	2,615	2,145	2,339	2,293	2,273
Equitability_J	0,8335	0,7812	0,755	0,9047	0,8129	0,8435	0,7934	0,8198

Discusión

Bajo condiciones naturales, la diversidad y la distribución de los macroinvertebrados acuáticos están determinadas por factores como el tipo de sustrato, la cantidad de hábitat, el oxígeno disuelto, la temperatura del agua, y la morfología del cauce. Al darse algún tipo de disturbio relacionado a fuentes de contaminación, ya sean domésticas, industriales o agrícolas, las condiciones físico químicas del agua cambian, traduciéndose en una pérdida o reducción de las especies (Medianero & Samaniego, 2004).

Cuerpos de agua que presentan contaminación, poseen una comunidad de macroinvertebrados simple, donde prevalecen las especies tolerantes, mientras que los sistemas que no poseen intervención o alteraciones, hay presencia de especies tolerantes e intolerantes de manera equitativa (Alba, 1996; Roy et al. 2003). Tal es el caso de los 8 sitios muestreados en época seca; estos presentan puntajes elevados dentro del índice BMWP-CR, lo cual se puede interpretar como quebradas que poseen gran cantidad de familias, por lo que se consideran como quebradas con una calidad de agua limpia y sin contaminación.

La quebrada Guapote presentó tanto en época seca como en la transitoria, valores que la catalogan como un cuerpo de agua con eutrofia y contaminación leve. Esto se puede deber a que en los alrededores de la quebrada hay presencia de potreros con ganado, lo cual puede generar que las heces producidas por los animales estén contaminando la quebrada, sin embargo no se puede catalogar como una contaminación excesiva debido a que la quebrada aún presenta, gran cantidad de organismos indicadores de calidad de agua buena como los plecópteros y los ptilodactilidos (Ptylidactilidae: Coleoptera) (Roldan, 1998).

En la época de transición la mayoría de los puntos muestreados presentaron valores dentro del Índice BMWP-CR menores a 100, lo que las catalogó como aguas con eutrofia y de calidad regular. Sin embargo por la elevada cantidad de organismos de la familia Perlidae, presentes en todos los sitios muestreados tanto en época seca como de transición, se puede cavilar que estos sitios poseen agua de buena calidad ya que según Tamaris et al. (2007) estos organismos requieren de aguas bien oxigenadas y de buena calidad. Además por tratarse de la

transición a la época lluviosa, se dan precipitaciones las cuales generan aumentos espontáneos del caudal de los ríos, lo cual puede provocar una disminución en la cantidad de organismos encontrados, y es quizás por esta razón que en los segundos muestreos se encontró una concentración menor de organismos en comparación con el primer muestreo realizado a principios del año 2012, que es cuando las quebradas están más estables.

Poulton et al (2003) asevera que los ríos de buena calidad, presentan una composición particularmente diversa y abundante a diferencia de aquellos cuerpos de agua que están sometidos a perturbaciones antropológicas. Siguiendo este concepto se puede afirmar que los sitios muestreados no presentan alteraciones o intervenciones severas, para las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, ya que la comunidad de estos Artrópodos se mantienen equitativas y sin dominancia, estos dos parámetros justifican los elevados puntajes del índice de diversidad de Shanon.

La alta diversidad encontrada en la zona de Borinquen se puede ligar por dos razones. La primera debido a que son quebradas que no presentan alteraciones antropológicas y se mantienen conservadas. La segunda se puede deber a que los sitios evaluados poseen una alta heterogeneidad del hábitat fluvial, como lo reflejó el IHF. Se entiende que a mayor oferta de hábitat, habrá mayor riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos (Pardo et al. 2002).

Por último se recomienda realizar muestreos de macroinvertebrados durante los procesos de operación y construcción de la planta geotérmica, para evaluar posibles afectaciones que se puedan originar a los cuerpos de agua y así evitar un daño permanente a la comunidad de macroinvertebrados y por ende al ecosistema.

145 Fotografía No. 5.2.32. Muestra de insectos acuáticos encontrados en el río Salitral (Odonata-Zigoptera a la izquierda, Odonata-Libellulidae a la derecha, Ephemeroptera-Heptagenidae abajo al centro).



5.3 Entorno Social-Económico-Cultural

5.3.1 Uso actual de la tierra en sitios aledaños

5.3.1.1 Uso de la tierra a nivel regional, explotación, extensión y cobertura.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (Dirección Regional – MAG 2012), señala la provincia de Guanacaste, como una región dedicada a la Agricultura y la Ganadería por excelencia. Así, se describe el uso de la tierra para actividades de labranza, con explotaciones dedicadas a: Cultivos estacionales y permanentes, conjuntamente a la distribución de pastos para la población bovina, regional.

La Actividad Agropecuaria Regional, estaría representada por dos usos de la Tierra principalmente: Actividad Agrícola; con cultivos estacionales y permanentes y, la Actividad Pecuaria; “Ganadería”. El Uso Agrícola de la tierra comprende la producción de arroz, sorgo, caña de azúcar y granos básicos, entre otros cultivos de épocas más recientes, principalmente establecidos para el mercado externo. Pastos, para la ganadería extensiva y semi-extensiva, naturales, así como los mejorados de altura con mejoramiento de los pastos de piso (distrito Cañas Dulces) por ejemplo, área de interés de este estudio.

5.3.1.2 Actividad agrícola (tierra de labranza regional)

Consultado el Censo Agropecuario 1984 con todo y lo antiguo de la información generada, éste posee datos relevantes de destacar referente al Uso de Tierra de Labranza (Cultivos anuales, tierras en rastrojo, en descanso y toda otra clase de tierra de labranza), datos en detalle del tamaño y número de las explotaciones en hectáreas se describen a continuación. Ver siguiente cuadro.

74 Cuadro No. 5.3.1. Explotaciones con cultivos estacionales, rastrojo, otros.

Tamaño de la Explotación	Cultivos Estacionales	Tierras en rastrojo	Tierras en descanso	Toda otra clase de tierras de labranza	Extensión Total (Ha.)
	Extensión	Extensión	Extensión	Extensión	
Explotación con tierra	52.041.7	20.230.7	14.732.3	7.308.8	94.313.5
Menos					
1	343.9	27.2	16.3	22.5	409.9
1 a menos de	705.6	58.3	45.5	44.9	854.3
2	752.3	113.0	66.5	56.1	987.9
2 a menos de	405.3	83.0	48.2	33.6	570.1
3	469.3	80.2	57.4	66.8	673.7
3 a menos de	1.675.4	401.0	236.8	296.9	2.610.1
4	2.583.9	815.7	547.5	405.9	4.352.6
4 a menos de	5.666.2	2.857.2	1.829.2	1.023.8	11.376.4
5	5.347.4	2.798.2	2.238.5	1.021.8	11.405.9
5 a menos de	5.056.0	2.510.9	1.892.7	976.5	10.436.1
10	8.209.0	4.723.9	3.183.3	1.879.5	17.995.7
10 a menos de	5.751.3	1.431.1	1.567.9	212.5	8.952.8
20	15.076.1	4.331.0	3.002.5	1.268.4	23.678.0
20 a menos de					
50					
50 a menos de					
100					
100 a menos de					
200					
200 a menos de					
500					
500 a menos de					
1.000					
1.000 a menos					

Fuente: Censo Agropecuario, 1984.

Del Cuadro anterior, se desglosa que tierras de labranza se refiere a Tierras; que reciben alguna preparación del suelo (actividad que puede ser manual o mecanizada), para el establecimiento de uno u otro cultivo. En este caso, los datos se refieren a cultivos estacionales o anuales, por ejemplo: cultivo de Granos básicos (Maíz, arroz, frijol), entre otros cultivos de ciclo corto de desarrollo y producción. Con una importante área registrada de tierras de labranza en rastrojo, descanso y toda otra clase de tierras de labranza.

5.3.1.3 Cultivos permanentes y pastos

Igualmente, consultado el Censo Agropecuario 1984 referente al Uso de la Tierra: Cultivos permanentes y pastos, este describe detalladamente el tamaño y número de las explotaciones en hectáreas. Ver Cuadro No. 5.3.2.

75 Cuadro No. 5.3.2. Explotaciones (Cultivos permanentes y Pastos), regional.

Tamaño de la Explotación		Cultivos Permanentes		Pastos ¹	Total (Ha.)
		Explotaciones	Extensión	Explotaciones	
Explotación con tierra		1.730	27.046.8	7.214	481.146.2
Menos	1	116	49.2	85	36.6
1 a menos de	2	145	112.8	167	145.9
2 a menos de	3	112	122.6	258	411.0
3 a menos de	4	75	100.3	209	466.8
4 a menos de	5	90	105.6	225	679.1
5 a menos de	10	244	520.8	809	4.008.8
10 a menos de	20	214	509.9	1.080	11.032.9
20 a menos de	50	341	1.236.4	1.915	43.216.1
50 a menos de	100	191	937.1	1.158	57.643.9
100 a menos de	200	99	1.370.9	623	62.207.7
200 a menos de	500	67	2.982.0	452	100.027.5
500 a menos de	1.000	26	718.6	147	75.978.9
1.000 a menos		20	18.280.6	86	125.289.0

Fuente: Censo Agropecuario, 1984.

Este cuadro desglosa la existencia de explotaciones con cultivos permanentes, refiérase a las especies frutales entre otras: Aguacate, cítricos (limón, mandarina y naranja), mango, guaba, guayaba, caimito. Musáceas (guineo, plátano, banano), y caña de azúcar. Identificada a manera de ejemplo en el área de interés y/o de estudio (distrito Cañas Dulces), con elaboración de la tradicional tapa de dulce, el trapiche de la finca El Aprecio, ubicada en el caserío Buena Vista (2 Km noreste del Templo Católico).

Las áreas de pastos incluyen los pastos tanto naturales y/o naturalizados, como los introducidos (semillas mejoradas para el mejoramiento de las pasturas de piso). Igualmente, el cuadro anterior incluye los pastos de corta (o bancos de forrajes), como dietas suplementarias principalmente para los periodos de sequía (verano), de mayor contenido proteínico.

5.3.1.4 Rendimientos de la productividad

El siguiente desglose presenta la estadística de producción de las principales agrocadenas de la región. Con cultivos de exportación: como el melón, jugos y concentrados de frutas y los productos de la acuicultura (tilapia). No menos importantes son los cultivos de caña de azúcar, arroz, frijol, que son parte

¹ Total pastos, incluye: Pastos para corte (14,213.0 ha). Cultivados o mejorado para pastoreo (314,961.9 ha) y, naturales (151,971.3 ha), correspondientemente.

importante de la dieta alimentaria de la población regional y del país en general. Así como los maderables.

Estas actividades agrícolas, además de generar riqueza generan una gran cantidad de empleo. Los rubros destinados al consumo interno, a diferencia de los de exportación, están en manos de una gran cantidad de medianos y pequeños productores y generan divisas, porque parte de la producción también se exporta Ver desglose en el Cuadro No. 5.3.3.

76 Cuadro No. 5.3.3. Principales Agrocadenas de la Región Chorotega, rendimiento, producción, número de productores.

Cultivo	Área (Ha.)	Rendimientos (TM/HA)	Producción en el periodo (TM)	Número de productores
Caña de azúcar*	30.527	80	2.442,160	3.600
Arroz (I y II Ciclo)	23.008.78	4	92.035.12	505
Melón (Dos ciclos)	9.190	2800 cajas/ha.	25.732.000 cajas	12
Cítricos	9.629	8	81.392	1.550
Maderables	6.300	2.50 m3/ha.	15.750	40
Frijol	4.000	0.50	2.000	2000
Café sostenible	1.410	23 fanegas/ha.	28.500	768
Maíz	1.295	1.5	1.887	
Mango	1.900	8	7.464	
Tilapia	660	40	26.400	5
Sandía	520.45	20	10.415	
Sábila	460	16	2.496	20
Tiquizque	260.5	15	5.265	
Maracuyá	200	20	2.200	10
Plátano (dedos)	86.25	15.000 dedos /ha.	720.000	
Chile picante	80	12	960	
Yuca	80	9	360	
Cebolla	66	60	3960	40
Elote	65	20.000 unid.	1.720.000 Unid.	
Aguacate	65	10.5	21	
Piña	40	80	0	
Tomate´	26.28	25	657	42
Chile dulce	24.5	450 jivas/ha.	6.300 jivas	
Guayaba	17.5	16.2	148.8	20
Papaya	14	23	425.5	
Ñame	10	15	46	

Fuente: Plan Regional de Desarrollo del Sector Productivo de la Región Chorotega, 2007 – 2010. La Dirección Regional Chorotega, Unidad de Planificación – MAG y el Comité Sectorial Región Chorotega.*. Industria azucarera.

La provincia de Guanacaste sigue siendo la región que aporta casi el 50% de la producción de arroz y de caña de azúcar y, un 92.5% de la producción de melón a nivel nacional; así como el aporte importante en la producción de cítricos en el sector noroeste de la región (empresa Del-Oro).

5.3.1.5 Actividad pecuaria

Consultado el tema de Ganadería, el Censo Ganadero del 2000 (Gusano Barrenador - SENASA), este define para la región Chorotega según detalle de la información la existencia de 377.625 hectáreas de terreno (pasto) ocupados por la actividad Ganadera de la región, lo que estaría representando un 38% del territorio regional.

Para ese territorio, la población bovina representada es de 323.722 animales, con la participación de 6.625 familias productoras, de las cuales el 70% se dedica a la producción de ganado de carne, el 22% a la producción de ganado de doble propósito (carne, leche) y, un 8% a la producción de leche.

El tamaño promedio de las fincas Ganaderas de la región es de 57 hectáreas, con una unidad animal por finca de 49 animales. En donde el 81% del total de las unidades productivas, son menores de 80 hectáreas (Censo ganadero, 2000), lo cual indica claramente la amplia participación de pequeños y medianos productores y productoras, en esta actividad productiva.

Resulta relevante la distribución de la actividad en toda la región, ya que se encuentra presente en todos los cantones, tanto en áreas de llanura como en terrenos de ladera. El siguiente cuadro muestra la distribución de la población bovina regional. Ver Cuadro No. 5.3.4.

77 Cuadro No. 5.3.4. Población bovina por área, número de fincas y carga animal a nivel Regional.

Cantón	Áreas de Pasto (Ha.)	Población Bovina	Nº De fincas	Nº Animales por finca	Área promedio finca (Ha.)	Carga animal (UA/ha)
Liberia ²	42.584	35.428	294	121	144,84	0,62
Nicoya	61.367	55.455	1.334	42	46,00	0,68
Santa Cruz	43.773	36.347	964	38	45,41	0,62
Bagaces	45.202	35.410	542	65	83,40	0,59
Carrillo	14.300	12.779	345	37	41,45	0,67
Cañas	30.296	25.516	378	68	80,15	0,63
Tilarán	40.060	38.722	930	42	43,08	0,72
Abangares	34100	30.188	558	54	61,11	0,66
Nandayure	34456	30.052	496	61	69,47	0,65
La Cruz	21689	15.427	470	33	46,15	0,53
Hojancha	9798	8.398	314	27	31,20	0,64
Total	377.625	323.722	6.625	49	57,00	0,64

² Cantón Liberia, la gran área de interés.

El cuadro anterior, evidencia que el cantón de Liberia, entre otros Bagaces, Cañas y Nandayure, son los cantones con la mayor área promedio de fincas (Ha.) y con la mayor cantidad de animales por finca. No obstante, poseen las menores cargas animales por hectárea. Comparativamente, los cantones de Nicoya, Santa Cruz y Tilarán, son los que mayor carga animal poseen. Tilarán, es el cantón provincial que mejor uso de la tierra presenta, debido a que posee una estación seca muy corta y consecuentemente la mayor presencia de fincas lecheras.

5.3.1.6 Diferentes explotaciones: agro-pecuaria a nivel cantonal

El (Censo Agropecuario 1984 pg. 48. Cuadro N° 21), posee datos referente al régimen de Uso de la tierra, explotaciones y extensión en hectáreas (Extensión total, tierras de labranza, cultivos permanentes y pastos. Así como; bosques y montes, charrales tacotales y toda otra clase de tierra del cantón de Liberia y sus distritos, cítense: Liberia (distrito primero), Cañas Dulces, Mayorga, Nacascolo y Curubandé, respectivamente.

78 Cuadro No. 5.3.5. Número de explotaciones y extensión de las tierras de labranza (Cultivos permanentes, pastos y bosques), distrital

Cantón y Distritos	Número explotaciones	Extensión Total (Ha.)	Tierras de labranza	Cultivos Perma- nentes	Pastos	Bosques y Montes ³
Total Cantón	545	108.469.0	16.642.6	3.404.7	62.430.4	25.991.1
Liberia (distr.1º)	204	32.789.0	7868.2	3.054.2		7.108.0
Cañas Dulces*	130	20.398.4	2.547.2	57.9	14.758.	4.620.6
Mayorga	65	14.221.7	255.8	23.8	8	3.467.8
Nacascolo	98	31.915.5	4.011.9	6.4	13.172.	10.551.2
Curubandé	48	9.144.4	1.959.7	262.4	7	243.5
					10.474.	
					3	
					17.346.	
					0	
					6.678.8	

Fuente: Censo Agropecuario, 1984 (Censos de población 1973 - 1984). Este Censo de 1984, presenta mayor área de pastos comparativamente al Censo Ganadero 2000, el cual identifica en el cuadro anterior para el cantón de Liberia: 42.584 Ha (Igual proporción a nivel Regional). Subsiguientemente, se manejará ese dato para referencia de cálculo actualizado para el Área de Proyecto PG. Borinquen (*) Distrito de interés.

El cuadro anterior (de referencia estadística CA.1984), evidencia la extensión territorial de los distritos del cantón de Liberia. Para lo cual, haciendo referencia puntual al distrito de Cañas Dulces, éste refiere una extensión de 20.398.4 ha., con un área de tierras de labranza de 2.547.2 ha., y aproximadamente 58 hectáreas de cultivos permanentes.

³ Bosques y Montes incluye: Charrales, Tacotales y toda otra Clase de tierra.

Igualmente, el área de pastos es de 13.172.7 ha., y el área de Bosques y Montes representa de 4.620.6 ha. Con una estimación de más menos un 22% de ese territorio cubierto con Bosques y montes, a esa fecha (Censo Agropecuario, 1984).

Se podría suponer que esos Bosques descritos (CA del 84) se mantienen hoy en día, principalmente aquellos ubicados en las márgenes de los ríos, identificados éstos como Bosque de galería. Como cobertura denominada por Bosques y Montes con 2.941.6 ha, Charrales y Tacotales con un área de 1.421.5 ha, y toda otra Clase de Tierra con 257.5 ha., respectivamente. Las cuales podrían haber pasado a través del tiempo a engrosar la cobertura de bosque actual. Al menos, aparentemente así visible en los territorios de interés del Campo Geotérmico Borinquen (octubre 2011).

Agrícola, a nivel cantonal.

La Dirección Regional Chorotega del Ministerio de Agricultura (MAG, 2011), señala sobre la productividad del cantón de Liberia y refiriéndose a su producción agrícola, con predominancia del cultivo la Caña de azúcar, la cual ocupa el 74.7% del total de la superficie cultivada, con un rendimiento de 75 toneladas por hectárea. Un tanto inferior al 107.39 del promedio nacional, para la zafra 2005-2006.

Le sigue en importancia, el cultivo de arroz seco con el 21.94% de la superficie cultivada, además de otros productos en áreas menores como maíz, frijol, elote y sandía.

La estructura productiva en el cantón de Liberia está en un proceso de cambio, donde el sector Agrícola reduce su importancia. No obstante, mantienen relevancia el cultivo de arroz y caña de azúcar. Ver cuadro de producción y rendimiento por hectárea para los periodos 2007, con actualización 2012, respectivamente.

79 Cuadro No. 5.3.6. Producción y Rendimientos por hectárea de granos entre otros cultivos estacionales y permanentes, por cantón.

Actividad	Área (Ha.)	Rendimientos en hectáreas	Producción total
Caña de Azúcar	5.788	75 ton. /ha.	434.100
Arroz Secano	1.700	3	5.100
Maíz	100	3	300
Frijol sembrado	60	0.8	48
Frijol tapado	24	0.5	12
Naranja	56	NI*	N.I
Papaya	2	20	40
Plátano	2.5	15.000	37.500
Sandía	5	25	125
Elote	10	30.000	300.000
Tomate, campo abierto	2	20	40
Chile, campo abierto	1	30.000	30
Total	7.748		

Fuente: Dirección Regional Chorotega – MAG, diciembre 2007. Y, Plan de Desarrollo Municipal del Cantón de Liberia 2008 – 2012. NI*. No indica.

80 Cuadro No. 5.3.7 Actualización: Producción y Productividad por hectárea de granos, cultivos estacionales y permanentes, para el cantón.

Actividad	Área Cultivada (Ha) 2011	Rendimientos en (TM/Ha), año	Producción Total, TM/2011	Número de productores por actividad
Caña de Azúcar	8.078	82	662.396	18
Arroz	3.844	4	15.376	21
Melón	1.260	20	25.200	1
Maíz	250	2	500	150
Frijol	300	0.7	210	220
Papaya	1	40	3	3
Plátano	2	7	14	1
Sandía	10	25	250	7
Cebolla	.50	50	25	1
Tomate	2	25	50	10
Chile dulce	3	10	30	5
Mango	618	8	4.944	2
Naranja	0	NI*	0	0

Fuente: Dirección Regional Chorotega – MAG, abril 2012. NI*. No indica

Los cultivos no tradicionales, según la Dirección Regional Chorotega (MAG), en el periodo 2004-2006 anterior. Liberia, presentó un incremento del valor de las exportaciones provenientes del cantón. Ver el siguiente cuadro No. 5.3.8.

81 Cuadro No. 5.3.8. Principales productos de exportación de la actividad agrícola no tradicional cantonal.

Descripción	2005	Porcentaje (%)	2006	Porcentaje (%)	Var. 2006-2005
Piña	6,6	31,0	8,3	42.2.	26,4
Otros jugos y extractos vegetales	4.9	23.2	4.5	23.0	-8.0
Alcohol etílico	47	27	2.9	14.15	-50.1
Mango	2.8	13.3	2.8	14.5	0.7
Otros	1.2	5.6	1.1	5.8	-4.4
Total	21.3	100	19.7	100	-7.4

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal del Cantón de Liberia 2008 – 2012. (Dirección Regional Chorotega – MAG, diciembre 2007).

Pecuaria, a nivel cantonal.

Dentro del sector primario del cantón de Liberia, se desarrolla principalmente la actividad de Ganadería extensiva bovina. Aproximadamente con 42.584 hectáreas utilizadas actualmente en actividades ganaderas (pastoreo), principalmente en producción de carne y doble propósito, en un hasta ahora tradicional sistema de producción extensivo (con algunas tendencias de especialización de la actividad).

Existe, un total de 294 fincas a nivel cantonal dedicadas a la actividad productiva, de las cuales: 124 de doble propósito, 165 son de carne y 5 de leche (MAG, 2010).

Estos datos están basados en el Censo Ganadero del 2000, los cuales evidencian con relación al Censo Agropecuario 84 (Pastos), una importante disminución del área dedicada a esa actividad y consecuentemente la disminución del hato ganadero. Para ese entonces, el dato refería al tema de pastos 62.430.4 ha.

Dentro del sector de producción bovina, éste fenómeno es bien conocido pues esa tendencia no es solo regional; es por de ya padecida y generalizada a nivel nacional. Particularmente evidente en las últimas décadas (de finales de la década de los 80 a la fecha). Razones varias, tales como: Costo de mantenimiento de las fincas, un financiamiento Bancario casi inexistente (en contraste con la década de los 70's, que dio un fuerte impulso al desarrollo de la ganadería nacional), el transporte mismo a los sitios de subasta ganadera, entre otros costos como las guías e impuesto de comercialización, aunado a los bajos precios de venta en pie, entre otros como la caída de los precios de la carne en el mercado internacional. Aunado a baja productividad del hato, al poco incentivo económico y asistencia técnica, por parte de las entidades del ramo.

La producción ganadera local se comercializa en los últimos tiempos, en las Subastas ganaderas regionales (Liberia - Cañas), con comercialización en pie y/o directamente recibida en los mataderos del valle central, cítense: El Arreo, Matadero Del Valle y CoopeMontecillos, entre otros. No obstante, aquel productor

pequeño; con ganadería de cría y desarrollo, no llega a este estado de avance de la cadena productiva (por tanto, no es beneficiado directo) pues a este nivel, aparece el intermediario que se lleva la mejor ganancia. Igualmente, se registran datos de fincas del sector norte del cantón con exportación de ganado en pie, tal vez con mayor rentabilidad económica para esos productores.

Con esos datos de referencia, se podría señalar sin lugar a dudas que la cadena agroproductiva de ganadería de carne, al menos en esta gran área de estudio experimenta importantes asimetrías en la cadena de valor y recuperación socioeconómica de la actividad, con un sector acompañado de bajos precios y comercialización todavía desfavorable para los pequeños y medianos productores, viablemente por el grado de control que han logrado establecer sobre las Subastas ganaderas regionales, importantes grupos de la cadena productiva mayor, lo cual ejerce control sobre los flujos de valor de toda la cadena agroalimentaria, misma.

Paralelamente a esta actividad, la actividad lechera tiene una dinámica económica un poco diferente, pues el mercado de la leche, tanto en forma fluida como en la elaboración de queso y natilla entre otros, presenta mayor posibilidad de reconversión inmediata de capital para el pequeño o mediano productor. Sin embargo, la región presenta parámetros bajos de productividad concerniente a la carga animal, con un rendimiento estimado en más menos 1000 kg de leche por vaca/año. Actividad no especializada, comparativamente con otras regiones del país (Valle Central). Esta, una actividad regional que en el fondo se convierte en una actividad de reproducción: Cría y desarrollo, con venta de terneros al destete y/o engorde, en algunas fincas más especializadas.

Los distritos de Cañas Dulces y Mayorga, desarrollan una actividad aunque baja, importante a nivel de cantón de producción láctea en su sección noroeste y en colindancia con la Cordillera Volcánica de Guanacaste, región con climas más frescos. Con producción de leche entera y entrega a Coopeleche y la Dos Pinos, entre otras industrias locales (para producción de queso natural o ahumado), entre otros subproductos lácteos de producción artesanal local.

Cobertura de la tierra.

Referente a la Cobertura de la tierra a nivel cantonal de data más reciente, el Diagnóstico Ambiental para el Plan Regulador de la Municipalidad de Liberia (Municipalidad Liberia, 2012), éste identifica para el cantón Liberiano predominancia de Pastizales, mismos dedicados a la actividad pecuaria (58.15%), concentrándose la mayor extensión en la parte media. No obstante, el abandono de muchas de las áreas de pastoreo ha incrementado el número de Tacotales y Charrales, ocupando alrededor de un 9.14% de la superficie cantonal, distribuida a lo largo y ancho del cantón con mayor representatividad en la sección noreste, sección de interés del estudio.

Igualmente, ese Diagnóstico hace evidente la expansión urbana, con crecimiento más acelerado de las zonas suburbanas, así como la actividad dedicada al turismo, la cual podría estar ejerciendo desplazamiento de actividades Agropecuarias hacia zonas más alejadas y posiblemente a suelos, con mayor limitante productiva y de comercialización, misma.

La segunda cobertura de importancia local identificada la constituye el área Forestal, distribuida en todo el cantón y principalmente en la sección noreste, relacionada con las topografías irregulares de la Cordillera volcánica de Guanacaste. Con actividades que se relacionan o asociaron con la Agricultura, la Ganadería y el sector Servicios; muy ligado al desarrollo Eco-turístico.

La cobertura de Cultivos anuales y permanentes, los identifica en la sección sureste del cantón Liberiano, donde las características de humedad del terreno (cuenca baja del río Tempisque), favorece y permite la existencia de grandes extensiones de caña de azúcar y arroz, este último; puede asociado a la acuicultura “cultivo de tilapia”, abarcando estas actividades una cobertura total 7.47% del área agrícola cantonal.

El siguiente cuadro puntualiza la cobertura de la tierra del cantón de Liberia, 2012 descrita como dato de referencia comparativa con el Número de explotaciones y extensión de las tierras de labranza; Cultivos permanentes, pastos y bosques (anterior, Censo Agropecuario de 1984) el cual citaba en el apartado de pastos, un área menor en más de 21.000 ha, respectivamente. Ver Cuadro No. 5.3.9 de cobertura actual cantonal.

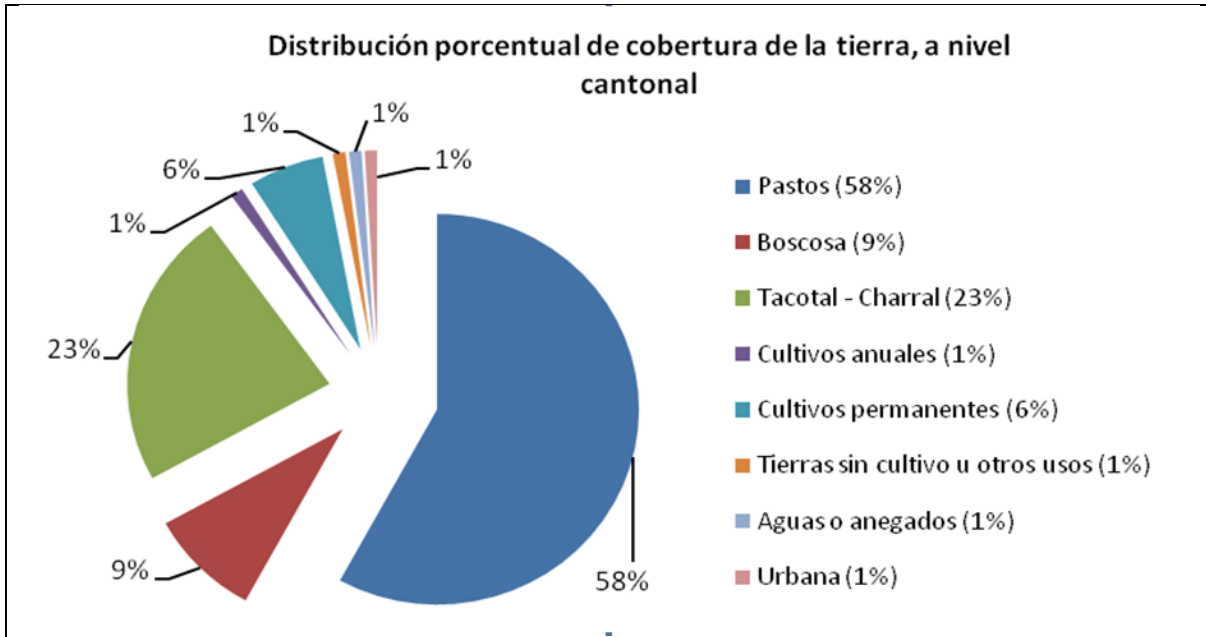
82 Cuadro No. 5.3.9. Cobertura actual cantonal, por área y distribución porcentual

Descripción del Uso Actual	Extensión Total (Ha.)	Distribución porcentual (%)
Pastos	83.500	58.15
Boscosa	13.130	9.14
Tacotal, Charral	33.610	23.40
Cultivos anuales	1.480	1.03
Cultivos permanentes	9.250	6.44
Tierras sin cultivos dominantes y/o otros usos	1.490	1.03
Aguas o anegados	530	0.36
Área Urbana	600	0.41

Fuente Diagnóstico Ambiental preliminar para la Municipalidad de Liberia, 2012.

En la siguiente Figura se puede ver más claramente y con mejor proporcionalidad visual, la distribución de la cobertura actual de la tierra a nivel cantonal. Ver la Figura No. 5.3.1.

128 Figura No. 5.3.1



Fuente: Diagnóstico Ambiental preliminar para la Municipalidad de Liberia, 2012.

5.3.2 Tenencia de la tierra en sitios aledaños.

En esta Caracterización Agropecuaria del área de estudio del Pg. Borinquen, lo más cercano encontrado referente al tema de Tenencia, lo refiere el Régimen de Tenencia de las Explotaciones que se ubicó en el Censo Agropecuario 1984, información recopilada y complementada con datos proporcionados de instituciones regionales del ramo o relacionadas de una u otra forma con el tema de menor data. Igualmente, se adjuntan datos recopilados del Plan de Desarrollo Municipal del Cantón de Liberia 2008 - 2012.

Consultado el (Censo Agropecuario 1984 pg. 26. N° Cuadro 11), con todo y lo antiguo de generada la información, éste Censo posee datos relevantes de destacar referente al régimen de tenencia de la tierra por provincia. Ver desglose para la provincia de Guanacaste, en el siguiente Cuadro No. 5.3.10.

83 Cuadro No. 5.3.10. Régimen de Tenencia de la tierra, regional.

Tamaño de las Explotaciones	Número de explotación	Extensión (Ha.)
Total:	12.325	
Exp. sin tierra	1.718	.0
Exp. con tierra	10.607	772.030.1
a menos	1	538.8
1 a menos de	2	1.171.0
2 a menos de	3	1.625.4
3 a menos de	4	1.227.5
4 a menos de	5	1.190.7
5 a menos de	0	7.848.8
10 a menos de	20	17.851.5
20 a menos de	50	66.006.6
50 a menos de	100	84.155.2
100 a menos de	200	89.718.2
200 a menos de	500	143.220.3
500 a menos de	1.000	107.410.9
1.000 a mas	94	249.664.2

Fuente: Censo Agropecuario, 1984.

Igualmente, éste (Censo Agropecuario pg. 28. Nº Cuadro 12), posee datos relevantes de destacar referente al régimen de tenencia de las explotaciones por cantón, entre ellos Liberia. Ver siguiente cuadro.

84 Cuadro No. 5.3.11. Régimen de Tenencia de las explotaciones para el cantón de Liberia.

Formas de tenencia	Número de explotaciones	Extensión (Ha.)
Total cantón (Liberia)	545	108.469.1
Forma Simples ⁴	488	88.429.8
Forma Mixtas ⁵	57	20.039.2

Fuente: Censo Agropecuario, 1984.

De estos datos se desglosa que la forma de tenencia de la tierra en el cantón de Liberia, tiene varias modalidades. Pudiendo ser, ejemplo: Simple (propiedad del

⁴ Forma Simple (Propiedad del productor o a modo de propietario), incluye: en arrendamiento y otras formas simples.

⁵ Forma Mixta (Propio o alquilado), incluye: propio y esquilmo entre otras formas mixtas.

productor o a modo de propietario) o Mixta (Propio o alquilado). Del modo por arrendamiento, pueden darse las siguientes Figuras (Alquiler, Esquilmo y/o Gratuitamente, entre otras formas de arrendamiento).

5.3.3 Tenencia y uso de la tierra del Área de Estudio del Proyecto PG. Borinquen

La Dirección Regional Chorotega del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2012), refiere el Uso de la tierra del área de Estudio del Geotérmico Borinquen principalmente a las Haciendas Buena Vista y Borinquen (como las propiedades más grandes y reconocidas del área de interés) entre otras fincas, de menor tamaño ubicadas en el sector Sureste y Noroeste (Nayarit “Cuesta Diablo” y Las Lilas), respectivamente. Esta, una Región con actividad Agropecuaria colinar, particularmente dedicada a la Ganadería extensiva de carne y doble propósito (Cría, desarrollo, engorde, leche), según sea en particular el sistema productivo.

Actividad emparejada o en combinación, con desarrollo de data más reciente como lo es el Eco-turístico de montaña, tal como lo evidencian los dos principales desarrollos hoteleros del lugar, cítense los hoteles Borinquen y Buena Vista Lodge. Con similar inclinación Eco-turística local. La Hacienda Catasulapa se estaría incorporando a las anteriores (Borinquen y Buena Vista), con la construcción de un picadero para la competencia de Barriles (actividad ecuestre), con caballos Cuarto de Milla importados.

Así, esta región de interés del Proyecto posee un dinamismo importante tanto a nivel Agropecuario (de Ganadería extensiva) como de Eco-turístico, aunado al más reciente interés en el desarrollo Energético Regional, proveniente de fuentes de generación Geotérmica y/o Eólica, de principio público - privado.

Tenencia.

La Uso y Tenencia de la tierra, dentro de las áreas de Estudio del PG. Borinquen se detallan a continuación por nombre de finca o propietario, según la actividad agropecuaria “Ganadería”, misma referida tanto al Área de Proyecto (AP) como, al Área de Influencia Directa (AID), territorios delimitado según interés del estudio mismo, y en concordancia productiva con la Base de datos del SENASA – MAG, 2012. Entidades Gubernamentales, las cuales caracterizan la actividad agroproductiva local de estas áreas de estudio, como dedicadas a la Ganadería extensiva de producción de carne y doble propósito.

El siguiente Cuadro, resume la lista de los propietarios identificados en los territorios de interés con verificación de campo mediante corrección de datos GPS, referente a la ubicación de las explotaciones (accesos). La visita a finca se llevó a cabo en aquellas propiedades que identificaron alguna actividad Agropecuaria dentro de las respectivas áreas de estudio.

85 Cuadro No. 5.3.12 Fincas identificadas en las Áreas de Estudio del PG. Borinquen (AP - AID).

Ubicación en Mapa	Nombre de Propietario AP	Ubicación de referencia	Actividad Agropecuaria	Población Animal	
				Ganado Vacuno	Equino
1	CASTILLO ALPIZAR JOSÉ MANUEL (Ganadería Borinquen).	1,5 Km. Sur del Hotel Borinquen, Cañas Dulces	GANADERIA PRODUCCIÓN DE CARNE	100	
2	JIMENEZ AGUILERA ADOLFO (Hda. BORINQUEN S.A). <i>Finca 1"Quiebra Patas"</i> .	1 Km. Sur del Hotel Borinquen, <i>Cañas Dulces</i> .	PRODUCCIÓN DE CARNE	282 (*)	90
3	OCAMPO BALTODANO GERARDO (<i>Entrada Pozo 1</i>).	Albergue Buena Vista Lodge, Cañas Dulces	PRODUCCIÓN DE CARNE	7	250
7	VARGAS CORDERO ANTONIO (Finca Piedra Alquimia).	250 Mts. Oeste de la Escuela Las Lilas, Cañas Dulces.	GANAD. DOBLE PROPO.	12	
8	JIMENEZ AGUILERA ADOLFO (Hda. BORINQUEN S.A). <i>Finca 2"Pozo 9"</i> .	3.5 Km. Este Escuela Las Lilas, Cañas Dulces	PRODUCCIÓN DE CARNE	282 (*)	90
9	LEIVA MUÑOZ JULIO CESAR (Ganadería Las Lilas, finca La Ceiba).	200 Mts. Noreste de la Escuela Las Lilas, Cañas Dulces.	PRODUCCIÓN DE CARNE	50	
12	GONZALEZ PALACIOS JUAN G. (Finca Aquí me quedo).	1 Km. Norte Escuela Las Lilas, Mayorga.	PRODUCCIÓN DE CARNE	12	
13	CASTRO ALVAREZ DANIEL (Finca Corral Piedra Negra).	200 Mts. Oeste de la Escuela de Las Lilas, Cañas Dulces.	GANAD. DOBLE PROPO	20	

Ubicación en Mapa	Nombre de Propietario AID	Ubicación de referencia	Actividad Agropecuaria	Población Animal	
				Ganado Vacuno	Equino
4	DÁVILA MIRANDA JOSE ROQUE (Ganadería Berlín S.A).	2 Km. Norte, Canales Hacienda Las Imágenes, Cañas Dulces.	DOBLE PROPOSITO	50	
5	BADILLA MORALES ANCELMO.	400 m. Suroeste. Escuela Las Lilas, Cañas Dulces	GANAD. DOBLE PROPO.	76	
6	PEÑA MELENDEZ JORGE.	300 m. Sur. Escuela Las Lilas, Cañas Dulces.	PRODUCCIÓN DE CARNE	5	
10	RODRIGUEZ ESPINALES CONRELIA.	500 Sur. Escuela Las Lilas, Cañas Dulces.	PRODUCCIÓN DE CARNE	ND	
11	SANCHEZ JUANA.	200 Mts. Sur de la Escuela Las Lilas, Cañas Dulces.	PRODUCCIÓN DE CARNE	ND	

Fuente: Base de Datos Ganadería SENASA (Región Chorotega 2012). Y, Caracterización Agropecuaria Uso Actual y Tenencia de las tierras aledañas al Campo Geotérmico Borinquen, 2012. (*) Hda. Borinquen SA., con dos fincas dentro del AP., con rotación de animales.

El cuadro anterior detalla en la tenencia, la actividad y población animal identificada en cada una de las áreas de estudio del AP y AID. Con actividad dedicada a la producción de Ganadería de Carne y de Doble Propósito, correspondientemente.

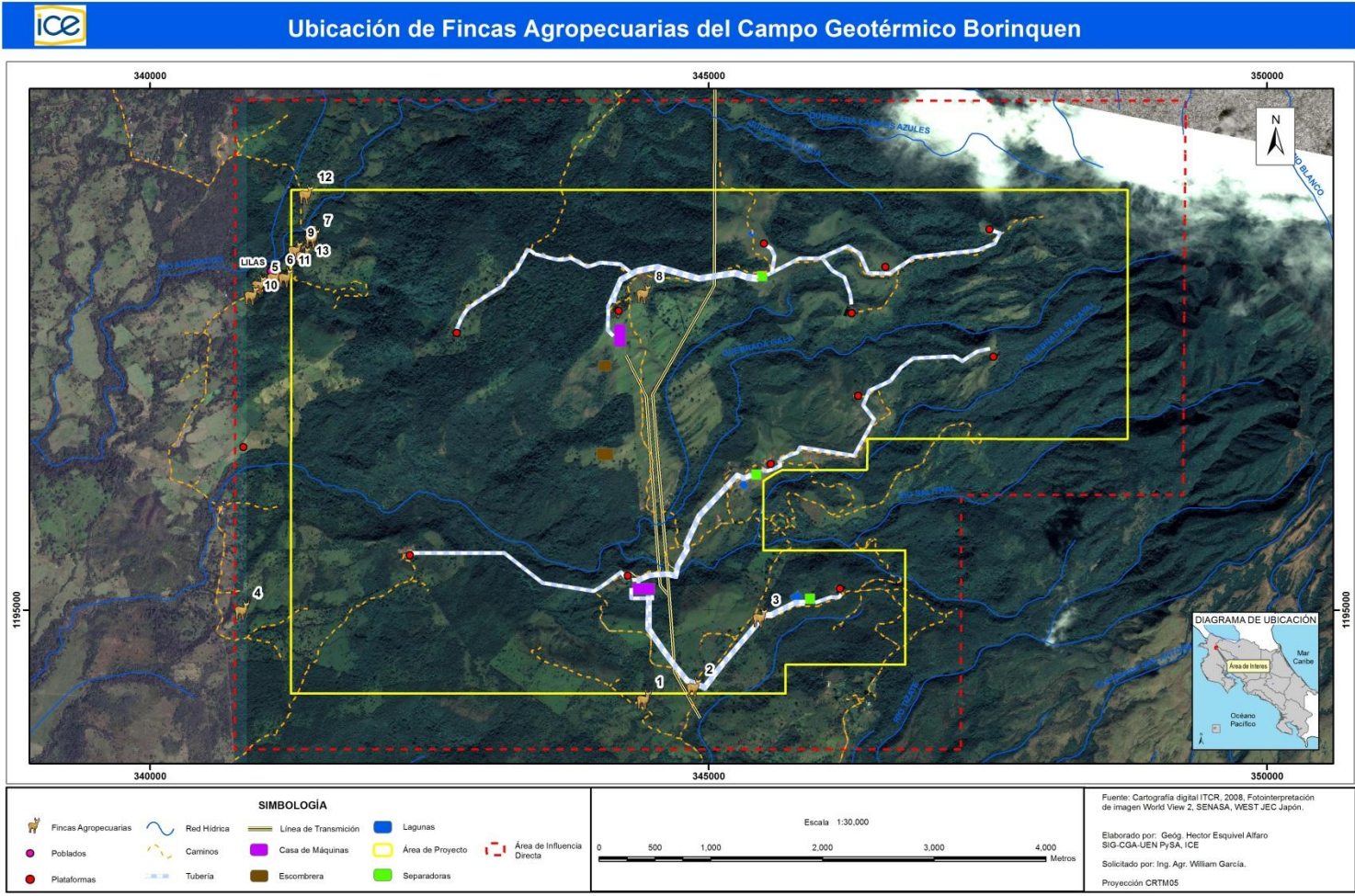
Dentro del AP, se identificaron 8 propietarios. Seguido de 5 propietarios más pero dentro del área del AID. Éste, un listado preliminar del total de propietarios ubicados dentro de las áreas de interés con actividad Agropecuaria descrita (SENASA, 1212).

Mapa de distribución de fincas.

La siguiente Figura presenta la distribución espacial de las fincas del Campo Geotérmico Borinquen para las dos áreas de interés (AP y AID), proporcionalmente. Mismas igualmente identificadas mediante puntos animados (figurillas animales). En donde el AP se circunscribe dentro del circuito con línea de demarcación continua de color amarillo. Y, el AID en el perímetro externo con demarcación discontinua de color rojo.

Ésta, la evidencia espacial de los propietarios identificados dentro de las áreas de estudio e interés del Proyecto. Tenencia, según la base de datos Ganadería SENASA. Ver la figura No. 5.3.2.

129 Figura No. 5.3.2 Mapa de distribución de fincas



En la identificación espacial anterior (Mapa de Ubicación de fincas Agropecuarias), podemos observar que una mayoría de fincas y/o propiedades, se ubican en la esquina superior izquierda del territorio (sector Noroeste Las Lilas), mismas de apariencia más pequeñas, tanto dentro del área del AP como dentro del área del AID.

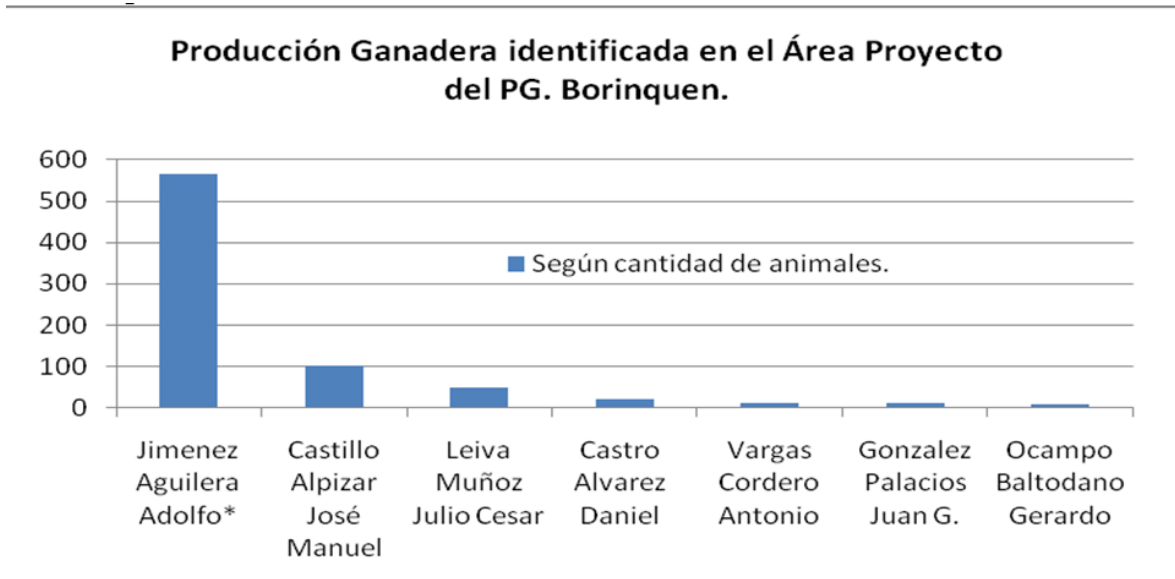
En contraste, el AP evidencia que la restante gran mayoría de ese territorio en estudio por el PG. Borinquen, sectores. Central y Este, estarían comprendidos por una gran finca que se extiende de Norte a Sur, asíéndose acompañar allí en esa sección inferior, de dos fincas más pequeñas, igualmente identificadas estas dentro del AP.

Cítense entonces, las dos fincas de la Hacienda Borinquen (Jiménez Aguilera A.), una ubicada en el sector Central (Casa de Máquinas norte), extendida por la segunda en el sector (Casa de Máquinas sur), sector entrada principal “Quebra Patas”. Propiedad acompañada en este sector sureste por dos fincas más pequeñas, de: Ocampo Baltodano G. (Albergue Buena Vista Lodge) y, la otra de: Castillo Alpízar J.M., en la sección más baja de esa sección territorial de estudio del AP.

El AP, refiere a un área delimitada inicialmente por el Centro de Servicio Recursos Geotérmicos Miravallles, afinada posteriormente según avance de los estudios. Territorio el cual comprende un área especial de: 27.99 km² (2.799 Has), dato SIG/CSGA – PySA, 2012. Éste, un dato de referencia importante para el cálculo del potencial de Producción Agropecuaria de Ganadería de carne, para esa área de estudio.

El siguiente gráfico, muestra más claramente el tamaño y distribución espacial de las explotaciones comprendidas dentro del AP, según la producción pecuaria identificada por número de animales a nivel de finca en su orden descendente. Área enmarcada en el mapa anterior (Ubicación de fincas Agropecuarias del Campo Geotérmico Borinquen), con línea de demarcación de color amarillo continuo, ver la Figura No. 5.3.3, producción Ganadera identificada.

130 Figura No. 5.3.3 Producción ganadera identificada en el Área de Proyecto PGB



Fuente: Base de Datos Ganadería SENASA (Región Chorotega 2012). Y, Caracterización Agropecuaria Uso Actual y Tenencia de las tierras aledañas al Campo Geotérmico Borinquen, 2012. (*). Propietario Hda. Borinquen SA., con dos fincas en el AP (para efecto de este gráfico, la población animal se sumó en un solo dato).

Actividad Ganadera (Agro Eco-turismo).

Dentro de las actividades de Caracterización Agropecuaria local, se encontró paralelo a la actividad tradicional agropecuaria, una actividad un poco diferente al uso tradicional del territorio. Al menos, a como lo ha sido hasta hace pocos años en esta provincia Guanacasteca, la Ganadería extensiva de carne en asocio con producción Agrícola”, principalmente de granos básicos. Cítese, la actividad Eco-turística.

En síntesis, éste Territorio posee actualmente su propia particularidad productiva, podría decirse de Excepción local y/o cantonal. Pudiendo desarrollar paralelamente, tanto la actividad de Ganadería de producción de carne, como la actividad Eco-turística de esparcimiento y aventura. Particularmente, en los complejos hoteleros más destacados del área a la fecha: Borinquen y Buena Vista Lodge, respectivamente.

Identificada la actividad Ganadera, se observan fácilmente los diferentes desarrollos del hato, partiendo del desarrollo de ganadería Criolla (con raza mixta) en la mayoría de los casos, a ganadería Especializada (con desarrollo de raza pura).

Igualmente, evidente en el desarrollo de las áreas de pastura “muy variada”. En algunas fincas, las pasturas naturales muestran la presencia de los pastos más destacados en la zona, tal como: El Gengibrillo (*Paspalum notatum* y P.

conjugatum) en los sectores más soleados, en combinación y/o asocio con zacate Dulce en las secciones más arboladas. Otras fincas, desarrollan pastos introducidos o naturalizados, tal como: El Jaragua (*Hipharrenia rufa*) y Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*).

De data más reciente, las fincas con ganadería Especializada desarrollan pasturas nuevas con la introducción de las *Brachiarias* (*Brizantha* y *Decumbens*), en mezcla con Estrella Africana, *Transvala* (*Digitaria decumbens*) y/o Gengibrillo, entre otros pastos naturalizados.

En resumen, las Áreas de Estudio del Proyecto Geotérmico Borinquen (AP - AID), desarrollan tanto ganadería Criolla (de hibridación múltiple) como, de ganadería Especializada, con desarrollo de razas puras. La más reciente incorporación de raza pura al hato ganadero local del PG. Borinquen, con excepción de la raza pura Pardo Suizo de la Hacienda Borinquen en el AP, lo refiere la finca Inversiones Catasulapa (en su sección colindante sur-suroeste), con la reciente importación de embriones "Beefmaster", para el mejoramiento genético de su propio hato ganadero.

La ganadería Criolla proviene de orígenes variados de cruce, con la finalidad primordial de obtener adaptabilidad y resistencia al medio. Por ejemplo; el cruce de la vaquilla nacional con las razas más reconocidas de hoy día, como lo son las razas: Brahman – Nelore – Indubrasil – Gyr – Pardo Suizo – Simmental – Holstein y Guernsey, entre otras.

La Ganadería Criolla, generalmente está basada en el desarrollo de su pie de cría (destete, desarrollo y engorde), se evidencia en los sectores noroeste y sureste del Área de Proyecto AP.

La finca Albergue Buena Vista (de Ocampo Baltodano G.), desarrolla ganadería criolla de hibridación múltiple (sector sureste), con pastos naturales o naturalizados (Gengibrillo, Jaragua y/o Estrella Africana). Paralelamente, esta finca desarrolla el establecimiento de Caña de azúcar entre otros pastos de corta, tal como: Gigante o Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Taiwán (*P. purpureum*). Estos forrajes, representan conjuntamente al pastoreo extensivo de su ganado, la dieta suplementaria para la atención animal en la época seca. Ver ilustraciones de la actividad productiva de esta finca.

146 Fotografía No. 5.3.1 actividad productiva finca Albergue Buena Vista



La comercialización de su ganado lo realiza en el mercado nacional, Subastas Ganaderas del distrito central Liberia.

Paralelamente a la actividad ganadera, esta finca también promueve la cría, desarrollo y engorde de cerdos, tilapia, producción hortícola. Así como la producción láctea (leche, queso), para autoconsumo de su propio Complejo turístico (Restaurante).

La actividad Eco-turística de Aventura (tal vez el más importante de esta finca Buena Vista), refiere un importante hato Equino (caballar) de 250 animales, incluidos (hembras preñadas y crías) como, los adultos dedicados a los paseos a caballo de sus turistas dentro de sus propias áreas recreativas (actividad ecuestre). Igualmente, incluidos los animales dedicados a las actividades propias de la finca (vaqueros).

Ver ilustraciones de la población equina, Buena Vista. Actividad en gran auge, dedicada particularmente a la actividad Eco-turística de aventura.

147 Fotografías No. 5.3.2 Actividad ecuestre Eco-turística en desarrollo del Complejo Buena Vista (Caballeriza)

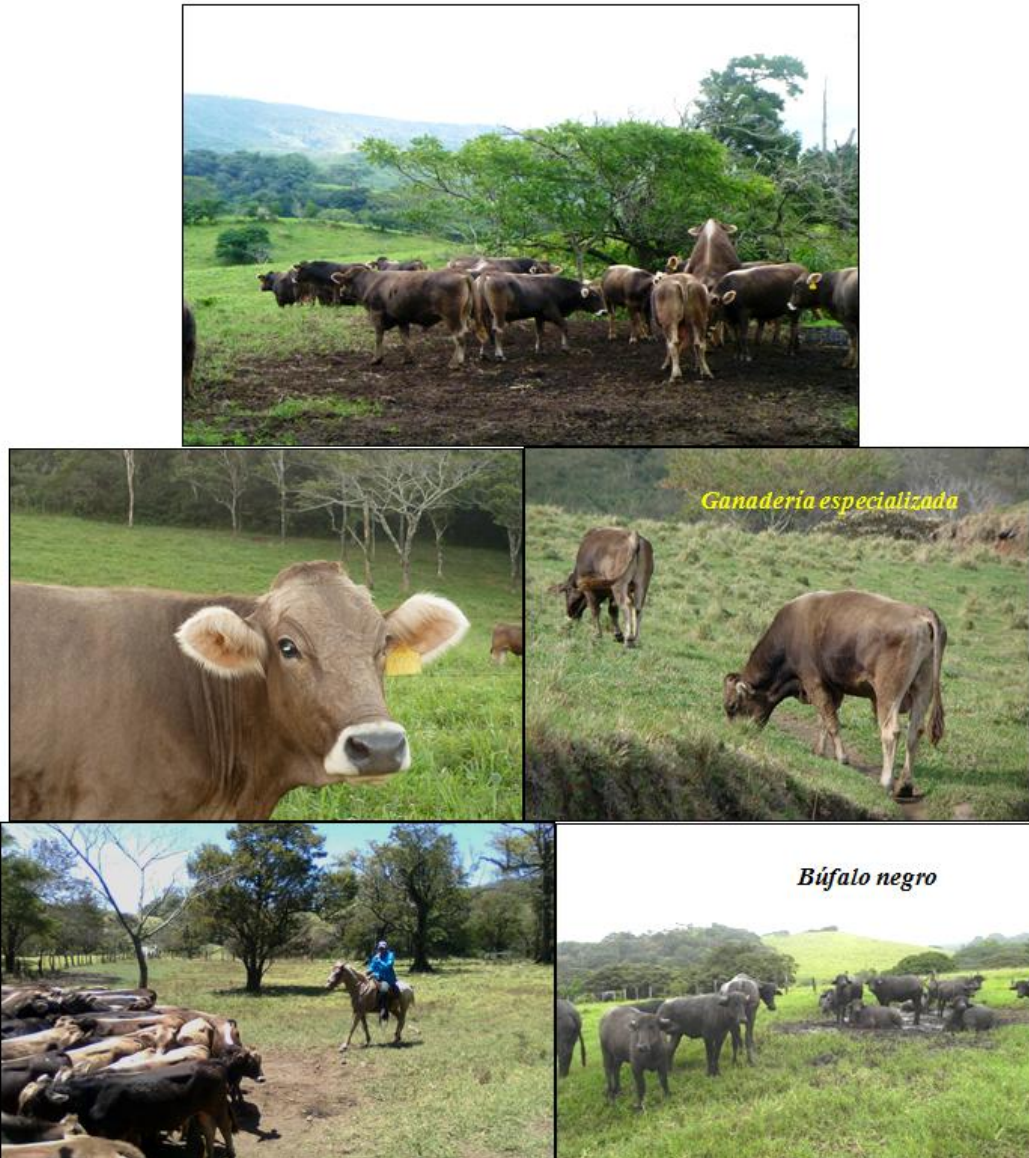


La Ganadería Especializada de Doble Propósito del AP (sección central - noreste), la desarrollan con gran éxito las dos fincas de la Hacienda Borinquen (de Jiménez Aguilera A.). Éstas, con una actividad de pastoreo Semi-intensivo, con mejoramiento genético tanto del ganado de raza pura “Pardo Suizo”, como también de los pastos de piso. La raza Pardo Suizo moderna, se caracteriza entre otras cosas por su talla mediana, su capa o pelaje es de un sólo color "café-gris" el cual varía en tono aunque se prefieren las sombras oscuras, las áreas de color más claro se localizan en los ojos, hocico, orejas y en las partes bajas de las patas, raza especializada de Doble propósito (Carne – leche).

La Hacienda Borinquen, igualmente desarrolla otra raza de manera experimental como lo es la raza Bufalino, con cría del Búfalo Negro (*Syncerus caffer*) actualmente, con fines de exhibición para el turista. En estas fincas Borinquen, el pasto en la mayoría de las áreas de pastoreo se reviste de pasto mejorado, con la introducción de *Brachiaria* (*Brizantha* y *Decumbens*), entre otras especies naturalizadas como la Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) y las nativas o naturales en asocio (*Paspalum* ssp), Gengibrillo “grama”, o el Jaragua (*Hipharrenia rufa*).

Seguidamente se ilustra la Ganadería bovina especializada “Pardo Suizo” de la Hacienda Borinquen. Y, la raza Bufalino (B. Negro), en las mismas pasturas de la Hacienda Borinquen. Ver fotografías de la ganadería Hacienda Borinquen.

148 Fotografía No. 5.3.3 Ganadería de las fincas Borinquen con desarrollo especializado de la raza Pardo Suizo en coexistencia con una población pequeña de la raza Bufalino



Esta Hacienda comercializa su ganado gordo, tanto en el mercado nacional (Mataderos), como en pie para su exportación (al país del norte). Sus productos lácteos (leche, queso), los consume su mismo Complejo Eco-turístico (Restaurante), con algunas ventas al mercado local.

Paralelamente a esta actividad pecuaria bovina descrita, la Hacienda Borinquen desarrolla y con gran auge el Eco-turismo de Aventura. Para lo cual, entre otras actividades recreativas, éste complejo turístico posee también un importante hato Equino de 180 animales (incluidos: las hembras preñadas y crías), dedicado a los paseos a caballo de sus visitantes (actividad ecuestre dentro de su propia finca).

Como, a las actividades propias de la finca (vaqueros). Ver Fotografías de la población equina Borinquen.

149 Fotografía No. 5.3.4 Actividad ecuestre Eco-turística en desarrollo del Complejo Borinquen (Caballeriza).



En esta área de estudio en cuestión (Región colinar Borinquen), se hace evidente el cambio paulatino que la actividad de Ganadería extensiva tradicional ha tenido en los últimos tiempos. Cítense las fincas: Hda. Borinquen y Buena Vista, las cuales han reducido importantemente sus áreas de producción ganadera (particularmente, la finca Buena Vista), para ampliar la cría de su hato equino. Dedicado ahora, principalmente a atender la actividad de esparcimiento y aventura local (con paseos a caballo del visitante), más que dedicado a las actividades propias de la finca (Ganadería).

Actividad denominada actualmente por sus mismos propietarios, como de: Agro Eco-turismo local Sostenible, refiriéndose a sus fincas (Borinquen y Buena Vista), particularmente. Para lo cual, trabajan en lograrlo (al menos así lo expresado por personal a cargo del Complejo Turístico Buena Vista Lodge).

Particularidad Agropecuaria de las Áreas de Influencia Directa e Indirecta (AII), relacionadas al AP del PG. Borinquen.

Sector Las Lilas.

Sector ubicado al noroeste del área del AP, con territorio (fincas) identificadas tanto dentro del Área de Proyecto AP, como en el Área de Influencia Directa.

Este sector, desarrolla ganadería Criolla (cría, destete “lácteos”, desarrollo), con pastos naturales y/o naturalizados (Gengibrillo, Jaragua, Estrella Africana, Brizantha sp.), en sistemas de pastoreo extensivo. Conjuntamente, al establecimiento de pequeñas áreas plantadas con caña de azúcar y pastos de corta: Gigante (*Pennisetum purpureum*) y Taiwán (*P. purpureum*), en algunas fincas. Estos forrajes representan conjuntamente al pastoreo extensivo de su ganado, la dieta suplementaria para la atención animal de la época seca.

El ensilaje de pastos es una buena práctica utilizada en este sector, principalmente por aquellas fincas con producción láctea importante. Ver Fotografías de la actividad productiva del sector.

150 Fotografías No. 5.3.5 Actividad ganadera de cría y desarrollo de Las Lilas.



Estas fincas comercializan su ganado en el mercado nacional “Subastas Ganaderas” del cantón central. Con venta de vacas poco productoras y/o terneros al destete, sustento de pequeños productores. Igualmente, la producción de leche y queso, es de autoconsumo y venta de excedentes.

En este sector (se ubicada ligeramente fuera del AID), una de las fincas de aptitud lechera más importante del área, la cual entrega su producción de leche entera directamente a la Dos Pinos (Agropecuaria el Tizate SA).

Nayarit y Pital.

Dos comunidades muy pequeñas de 5 y 12 familias de ubicación paralela a la vía de paso y/o acceso al PG. Borinquen (All). La Comunidad de Nayarit la conforman afincados y sus peones agrícolas, puede presentarse el caso que esta población laboral sea de procedencia extranjera, la cual atiende la actividad agrícola de autoconsumo y venta de excedentes y particularmente, la actividad ganadera local. Esta última actividad desarrolla ganadería criolla basada en su pie de cría (producción de leche), desarrollo y engorde, con venta de vacas poco productoras y terneros al destete.

El Pital, la actividad agrícola de esta Comunidad está basada en la producción de granos básicos (Maíz, frijol, arroz), tomate, chile, frutales y caña azúcar, dedicado este último cultivo a la producción de miel y/o tapa de dulce (Trapiche: finca El Arrendamiento) de la familia Méndez Miranda. Actividad agroproductiva de fácil observación desde la carretera, en su vía de paso.

Tanto la producción agrícola como la ganadera de estas dos comunidades, abastecen el autoconsumo familiar y la venta de excedentes, con comercialización local y en las Ferias del Agricultor y/o Subastas Ganaderas del cantón central, Liberia. Ver ilustraciones de los cultivos del lugar.

151 Fotografías No. 5.3.6. Cultivos identificables en la vía de paso, caserío Pital



Estas comunidades se localizan a la salida del Campo Geotérmico Borinquen (sector sureste), en vía de paso al Distrito de Buena Vista (Cañas Dulces). Con desvío anterior este, hacia las comunidades de El Cedro y Agua Fría, con destino Curubandé (Planta Geotérmica Pailas), respectivamente.

El Cedro.

Esta es una Comunidad pequeña de 15 familias, con productividad agropecuaria reducida (All). En el Cedro, la actividad agrícola está fundamentada en la producción de granos básicos (Maíz, frijol, arroz), hortalizas y legumbres para auto-consumo (algunas bajo el sistema de invernadero). Esta comunidad también desarrolla el cultivo de Caña de azúcar, para la producción de miel o tapa de dulce (Trapiche de la familia Morales Bejarano), para autoconsumo y comercialización local.

El Cedro posee un desarrollo ganadero de bajo rendimiento (ganadería criolla), basado en su pie de cría (producción de leche), desarrollo y engorde con venta de terneros al destete y vacas flacas. No obstante, el Cedro colinda con fincas grandes en sus alrededores (Pelón de la Bajura), por ejemplo.

Comunidad también caracterizada por su vía de paso arbolado y angosto, donde son reconocibles fácilmente árboles frutales de aguacate, mango y marañón, otros. Con cosecha para autoconsumo o es comercializada a nivel local. Ver ilustraciones.

152 Fotografías No. 5.3.7 Camino de paso por el poblado de El Cedro, con producción de miel y tapa de dulce “Trapiche”.



Esta comunidad comercializa gran parte de su producción agrícola y/o pecuaria, en la Feria del Agricultor y Subasta Ganadera del cantón central.

Agua Fría.

Comunidad pequeña de 22 familias (parceleros), hijos e hijas (All), ya en la cercanía de Curubandé. Comunidad constituida por el Asentamiento Campesino “Agua Fría” del Instituto de Desarrollo Agropecuario (IDA). Asentado allí, en los años noventa por precarismo, regulado por el IDA en 1995, aún no poseen la titulación de sus tierras.

Cada propietario posee una parcela de 2 a 3.5 hectáreas, dedicadas al albergue de vivienda y producción de Agricultura de subsistencia, con el cultivo de Granos básicos (Arroz, frijol, maíz), entre otros cultivos como yuca, guineo, banano, pejibaye, aguacate, marañón, hortalizas y legumbres. Una de estas parcelas, desarrolla tímidamente la cría y desarrollo de ganadería criolla con el aprovechamiento de su leche en el periodo de lactancia (autoconsumo), con venta de terneros al destete a comerciantes locales.

Como grupo organizado este Asentamiento desarrolla paralelo a la actividad agropecuaria, un importante Proyecto de Producción de Miel de Abeja Orgánica Agua Fría. Proyecto el cual arranco en el año 2006. Actualmente, este proyecto cuenta con nueve colmenas ubicadas en dos parcelas del Asentamiento, con asesoramiento implícito de la Agencia de Servicios Agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería (ASA-MAG), Liberia 2012.

Este Proyecto es atendido tanto por varones, como por las mujeres, en su mayoría amas de casa. Con producción de miel, polen y cera, entre otros productos derivados o afines en los meses de Enero, Marzo / Abril de cada año.

La implementación de este Proyecto de Producción de Miel de Abeja Orgánica, contribuirá a disminuir el impacto negativo sobre la economía de estos productores, debido a la reducción de la producción por condiciones climáticas adversas durante la época crítica, estación seca “verano”.

Así, la organización se ha comprometido a ser un modelo de transferencia tecnológica para otros productores locales, al desarrollar: Un plan de capacitación en Apicultura y gestión empresarial, plan de uso racional del agua y buenas prácticas agrícolas. Uso y manejo de productos y de desechos orgánicos, que garanticen la sostenibilidad del proyecto y la producción amigable con el ambiente.

Ver Fotografías del sitio en cuestión.

153 Fotografías No. 5.3.8 Suministro a Agua. Centro de Acopio y Producción de Miel de Abeja Orgánica



Hoy el Asentamiento Agua Fría, posee un bonito centro de acopio y producción, extracción y embase de subproductos de la miel. Además de servir de centro de reuniones del comité de desarrollo local.

Mercado y Proyecciones

El Mercado y proyección nace en la actividad Agro-productiva misma de las fincas. En la cual y con representación casi total del área central, norte y sureste del AP, lo ostenta la Hacienda Borinquen (de Jiménez Aguilera A.), hacienda la cual desarrolla alta productividad de ganadería bovina Especializada de producción de carne (Doble propósito), en un sistema de pastoreo semi-extensivo. Éste sistema productivo de ganadería, desarrolla en su actividad todas las etapas de la producción existente, cítense: Monta y/o inseminación, cría (producción láctea), destete, desarrollo, engorde y ceba. Con la comercialización de su ganado tanto, en el Mercado nacional como para el mercado de exportación en pie.

La segunda finca en importancia dentro del AP referente a su población animal, lo presenta la finca Guanacastada-Borinque (de Castillo Alpízar JM.), misma con desarrollo de ganadería extensiva de cría y desarrollo de producción de carne. Con venta de sus animales en pie en las diferentes Subastas ganaderas de la Región (Liberia, Cañas).

El mercado de los quesos (fresco natural y ahumado), se circunscribe principalmente en las Haciendas: Borinquen y Buena Vista Lodge, con producciones de queso principalmente para el autoabastecimiento de los restaurantes de ambos complejos Eco-turísticos (Borinquen, Buena Vista).

En fincas más pequeñas del sector de Las Lilas (Productos lácteos La Unión), particularmente. Fuera inclusive, del AID (El Consuelo) recibe leche de pequeños productores del sector de Las Lilas, para reabastecer su producción de derivados lácteos (queso fresco, ahumado y cuajada), entre otros productos como natilla y yogur. Producción comercializada tanto a nivel local, como en las Ferias del Agricultor del cantón central, Liberia.

Citados por ser conocedores, propietarios y/o administradores de finca (Hernández JL., Moscoso M., Brock Menking P., Harrington S. P., Abellán J., y Castillo JM., 2012). Consultados, sobre la Tendencia económica de producción sostenible de estas áreas de estudio y proyecciones a futuro, apuntan: La tendencia es que se consolide e incluso, aumente en el área de estudio (refiéranse a los distritos de Cañas Dulces y Mayorga), concretamente. Éstas tendencias productivas podrían estar alcanzando su sostenibilidad a corto plazo, 2015 – 2020. Ejemplo; El Complejo Buena Vista Lodge, con sus actividades de Agro Eco-turismo local Sostenible (Moscoso M.), 2012.

La Actividad Ganadera como eje de desarrollo socioeconómico regional.

La Ganadería bovina de carne de la Región Chorotega, es la actividad más representativa a nivel nacional. La cual, para la Región es una de las actividades Agropecuarias más importantes, tanto por la cantidad de recursos económicos que genera, como por la distribución de esos recursos entre pequeños y medianos productores y empresarios locales.

Referente a esta actividad, técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería y la Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste (MAG 2007), definen en el Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de ganadería bovina carne de la Región Chorotega, la ganadería bovina como una de las principales actividades agropecuarias generadoras de riqueza de la Región, ya que en las peores condiciones de manejo extensivo, una hectárea de terreno produciría como mínimo 150 Kg. de carne ha./ año, lo cual significa que las 377.625 hectáreas de pastos destinadas a nivel regional a esta actividad (Censo ganadero, 2000), producirían 56,643.750 kg carne ganado en pie por año. Con un valor base de ese producto estimando en ese momento de ¢650 el kilogramo en pie, el ingreso bruto de esa actividad en su fase primaria se estimaría en ¢36,818.437.500 colones.

Cifras conservadoras del kg., de carne/ha/año e, igualmente del precio del kilogramo en pie. Si se toma en cuenta que ya existían en ese entonces (2007) fincas que trabajan con sistemas más intensivos con mejor tecnología, alcanzando índices de producción superiores a lo tradicional. Como lo evidenciaba un registro de fincas con rendimientos de hasta 1.308 Kg/ha/año, con producción sostenida durante todo el año utilizando dietas balanceadas de forrajes producidos en la misma finca, implementado sistemas de producción semiestabulados (Proyecto de Ganadería Sostenible de la Cámara de Ganaderos de Hojancha, 2005).

Con referencia a los datos del modelo anterior de análisis (de la Región Chorotega), se puede entonces analizar la producción actualizada para la ganadería del cantón de Liberia 2012. Cantón, el cual posee igualmente según dato del Censo ganadero del 2000: 42.584 hectáreas de pasto destinadas a la actividad de producción de carne bovina, con valor de referencia de cálculo ajustado para la producción actual con índices superiores a lo tradicional, condición favorable para lo cual una hectárea de terreno puede producir hasta 654 Kg. de carne ha./año (SENASA/MAG, 2012), el monto equivaldría para el cantón en: 27,849.936 kg carne ganado en pie por año. Así, el total de ingresos para esa actividad primaria (ganadería), con base al valor promedio actual establecido de ¢850 colones el kilo de carne en pie (Subasta Ganadera La Ciudad Blanca, 2012), el cantón estaría generando ¢23,672.445.600 colones.

Igualmente, con referencia a los datos del modelo anterior de análisis (Liberia 2012), se puede analizar la producción porcentual de la Ganadería del Área de Proyecto (AP), mediante cálculo matemático. Identificándose así, el potencial

productivo de esa área si continuara con su actividad agropecuaria inalterada en el tiempo.

Para éste cálculo solo se estaría evaluando el 60% del área total del territorio del Área Proyecto (inicialmente estimada), como área efectiva y dedicada al pastoreo, en la cual el dato desciende a: 1679 hectáreas destinadas a la actividad de producción de carne bovina activa. Con un valor igual de producción para una hectárea de terreno produciendo 654 Kg. de carne ha./ año, ese monto equivaldría para el Área de Proyecto AP del Geotérmico Borinquen, a: 1,098.066 kg., carne ganado por año. Para un total de ingresos brutos por la actividad de esa área de estudio, tomando como base el valor último establecido de ¢850 colones el kilo de carne en pie, se estaría generando un monto de ¢933,356.100 colones año. Si se mantuviese en su estado actual de pastoreo de producción de ganadería de carne. Modelo de cálculo, igualmente aplicable a las nuevas áreas de Construcción (espacio real a ocupar la Generación Borinquen que se estima que no superaría el 25 % del AP).

Importante es señalar que en el territorio en estudio del AP, se identifican al menos tres propietarios dominantes del total de ocho (siete) identificados (Cuadro. Fincas identificadas en las Áreas de Estudio del PG. Borinquen), según su actividad productiva (Población animal), con ganadería Criolla y Especializada. Entre otras fincas más pequeñas con producción de ganadería criolla de reducida producción, del sector de Las Lilas.

Paralelamente a esta estimación económico-productiva como eje de desarrollo socioeconómico, a la actividad ganadera debe agregársele los ingresos que genera la producción láctea. Tanto la producción destinada a la misma dieta familiar (autoconsumo), como la producción y comercialización de leche y queso (entre otros derivados lácteos). Aunado igualmente, a la vinculación indirecta de la actividad ganadera en general, tanto la dedicada al transporte de animales, insumos, al manejo de las mismas fincas (peones), como la de los supermercados y carnicerías de los centros de población más cercanos (Censo ganadero, 2000).

5.3.3.1 Plan de Desarrollo Municipal del Cantón Liberia

La Municipalidad o Gobierno local de Liberia, se rige actualmente por el Plan de Desarrollo Municipal del Cantón de Liberia 2008 – 2012 (Municipalidad Liberia, 2012).

El Plan de Desarrollo Cantonal esta formulado como una propuesta de la Municipalidad misma, en concordancia a lo establecido en los artículos 1, 2, 3 y 4, del Código Municipal Ley No. 7794, que textualmente dicen:

ARTÍCULO 1. El Municipio está constituido por el conjunto de vecinos residentes en un mismo cantón, que promueven y administran sus propios intereses por medio del gobierno municipal.

ARTÍCULO 2. La municipalidad es una persona jurídica estatal, con patrimonio propio y personalidad, y capacidad jurídica plenas para ejecutar todo tipo de actos y contratos necesarios para cumplir sus fines.

ARTÍCULO 3. La jurisdicción territorial de la municipalidad es el cantón respectivo, cuya cabecera es la sede del gobierno municipal. El gobierno y la administración de los intereses y servicios cantonales estarán a cargo del gobierno municipal.

ARTÍCULO 4. La municipalidad posee la autonomía política, administrativa y financiera que le confiere la Constitución Política. Dentro de sus atribuciones se incluyen:

- a) Dictar los reglamentos autónomos de organización y de servicio, así como cualquier otra disposición que autorice el ordenamiento jurídico.
- b) Acordar sus presupuestos y ejecutarlos.
- c) Administrar y prestar los servicios públicos municipales.
- d) Aprobar las tasas, los precios y las contribuciones municipales, y proponer los proyectos de tarifas de impuestos municipales.
- e) Percibir y administrar, en su carácter de administración tributaria, los tributos y demás ingresos municipales.
- f) Concertar, con personas o entidades nacionales o extranjeras, pactos, convenios o contratos necesarios para el cumplimiento de sus funciones.
- g) Convocar al municipio a consultas populares, para los fines establecidos en esta ley y su reglamento.

Asimismo, se reconocen las condiciones sociales y económicas del cantón y de la Municipalidad como institución, los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo Jorge Manuel Dengo Obregón 2006-2010, y el Plan de Trabajo de la Alcaldía, período 2007-2011.

Para la definición de las áreas estratégicas se retomaron las utilizadas en el Plan de Desarrollo del Cantón de Liberia 2004-2007:

1. Fortalecimiento Institucional
2. Infraestructura, Equipamiento y Servicios
3. Ordenamiento territorial
4. Política Social Local
5. Medio Ambiente

Como parte del Plan de Desarrollo Municipal del Cantón de Liberia 2008-2012, se establecen el Marco Estratégico Institucional, las áreas estratégicas según proyectos y la propuesta de evaluación y seguimiento.

El Marco Estratégico contiene:

- Visión
- Misión
- Políticas
- Objetivos, y
- Valores

Se definieron un total de 82 proyectos, no obstante es importante señalar que de acuerdo a la producción de recursos económicos, donaciones u otros medios se estarán desarrollando proyectos adicionales (CARLOS LUÍS MARÍN MUÑOZ - ALCALDE).

En acuerdo este plan de desarrollo municipal el área del proyecto se ubica en el sector agrícola rural en donde no hay restricción para el desarrollo del proyecto geotérmico.

En los últimos tres años (2010 - 2012), la Municipalidad de Liberia al igual que otros Municipios Regionales, entra en un proceso de Diagnóstico y Validación del nuevo Plan Regulador del Cantón de Liberia, con contenidos varios; Tomo 1 Diagnóstico:

- Introducción y Contexto
- Diagnósticos Sectoriales
- Informe de Participación Ciudadana, y
- Análisis y Diagnóstico Integrado.

Este nuevo Plan Regulador del Cantón de Liberia, le dará un giro importante al ordenamiento territorial local. Entre otros, se le dará la categoría de uso energético al territorio que ocupa el AP en estudio como parte de un corredor energético regional.

5.3.4 Caracterización de la población

El desarrollo del proyecto geotérmico desde el análisis social se comprende en la provincia de Guanacaste en el cantón de Liberia, entre los distritos de Curubandé, Cañas Dulces y Mayorga principalmente.

Según los indicadores socioeconómicos y el valor del Índice de Desarrollo Social (IDS) la provincia de Guanacaste el 41% de los distritos se concentran los quintiles bajos y solo un 9% en los altos.

Los datos del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica año 2007, el IDS cantonal, según la división administrativa al cantón de Liberia se le asigna un valor de 40.6 ubicándose en el puesto 48 a nivel nacional. Es importante hacer referencia en que el valor del IDS oscila entre 0 y 100, correspondiendo el valor

más alto al cantón en mejor situación socio - demográfico y el más bajo al que presenta el mayor rezago en su nivel de desarrollo.

Según el análisis realizado por MIDEPLAN en el año 2007, el IDS se calculó por medio de la calificación de cuatro dimensiones:

Económica: Participar en la actividad económica y gozar de condiciones adecuadas de inserción laboral que permitan un ingreso suficiente para lograr un nivel de vida digno.

Participación social: Reflejado en el desarrollo de procesos cívicos nacionales y locales, para que se desarrolle en la población el sentido de pertenencia y de cohesión social y con ello el sentimiento de participación activa, responsable que implica el deber y el derecho de los ciudadanos a participar en el mismo.

Salud: Orientado a gozar de una vida sana y saludable, lo que implica contar y tener acceso a redes formales de servicios de salud y seguridad social así como a una nutrición apropiada, que garanticen una adecuada calidad de vida de la población.

Educativa: Relacionado con la disponibilidad y el adecuado acceso de la población a los servicios de educación y capacitación que favorezcan un adecuado desarrollo del capital humano.

Las cuatro dimensiones están compuestas por once indicadores relativos al consumo promedio residencial de electricidad, viviendas con acceso a internet, mortalidad de niños menores de 5 años, bajo peso en niños y niñas, nacimientos de hijos de madres solteras menores de 19 años, cobertura de agua potable, infraestructura educativa, programas educativos especiales, escuelas unidocentes, reprobación escolar y participación electoral.

Los resultados para los distritos de interés fueron los siguientes:

86 Cuadro No. 5.3.13 Índice de Desarrollo social Distrital 2007, por dimensiones según distritos.

Distrito	Económica	Participación	Salud
Liberia	25.3	17.3	67.7
Cañas Dulces	26.2	50.5	60.1
Mayorga	17.9	42.5	60.4
Curubandé	24.8	32.8	42.3

Distrito	Educación	IDS 2007	Posición
Liberia	73.2	55.1	227
Cañas Dulces	63.7	60.2	159
Mayorga	42.2	48.8	306
Curubandé	64.5	49.2	304

Fuente: Elaboración propia con datos MIDEPLAN, 2007.

Según estos resultados la calificación más alta se le asigna al distrito de Cañas Dulces con un IDS de 60.2 y por ende una posición más ventajosa a nivel nacional en el puesto 159 de los 469 distritos que considera el IDS 2007; si se analizan las calificaciones para las cuatro dimensiones su ventaja es evidente en participación por lo que se podría decir que este distrito presenta mejores condiciones que generan cohesión social. En la dimensión de participación aunque Cañas Dulces presenta un 50.5 los otros distritos mantienen bastante distancia ya que el más próximo es el distrito de Mayorga con un 42.5, siguiendo Curubandé con un 32.8 y un bajo puntaje para el distrito de Liberia con un 17.3 diferencia que podría también originarse por la influencia comercial y el cambio cultural de la ciudad de Liberia.

En la dimensión económica en general se presenta bastante baja, Cañas Dulces se califica con un 26.2 y Liberia con un 25.3, seguido de Curubandé con un 26.2 y el más bajo para Mayorga con un 17.9. Aunque hay diferencias en la calificación estos resultados reflejan que en general en la zona hay dificultad para el acceso al empleo y por ende a tener niveles de ingreso altos y estables.

En términos de educación el distrito de Mayorga presenta la calificación más baja con un 42.2, Curubandé y Cañas Dulces con calificaciones muy parecidas 64.5 y 63.7 respectivamente, mientras que Liberia si toma ventaja con un 73.2 situación que se puede generar por mayor facilidad de acceso a servicios, así como carreteras e infraestructura.

5.3.4.1 Demografía

Para efectos de población se basará en la última información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) correspondiente a datos arrojados por el Censo poblacional 2011, sin embargo otros indicadores socioeconómicos se tomara como referencia estudios anteriores; esto corresponden a una limitación de la disponibilidad de información en el país y en la zona de estudio.

87 Cuadro No. 5.3.14 Población distrital 2011 del cantón de Liberia.

Distrito	Población		
	Total	Hombres	Mujer
Liberia	53381	26100	27281
Cañas Dulces	3230	1630	1600
Curubandé	2527	1231	1296
Mayorga	1602	778	824

Distrito	Viviendas			
	Total	Viviendas individuales		Viviendas colectivas
		Ocupadas	Desocupadas	Total
Liberia	15605	14105	1500	14
Cañas Dulces	971	836	135	0
Curubandé	835	677	158	1
Mayorga	479	397	82	3

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Censo 2011. Cifras preliminares de población y vivienda.

En términos de población, pues son evidentes las diferencias con el distrito de Liberia, ya que este corresponde a la cabecera del cantón de Liberia y su dinámica socioeconómica es muy diferente con los distritos.

Sin embargo los distritos de Cañas Dulces, Curubandé y Mayorga presentan características sociales más similares, donde no se alcanza ni las 1000 viviendas por distrito. Cañas Dulces presenta una población mayor con 3230 habitantes, seguido por Curubandé con 2527 habitantes y Mayorga con 1602 habitantes, la zona también se caracteriza por la nula o muy poca presencia de viviendas colectivas en estos distritos.

El crecimiento de estas comunidades está ligado a las vías principales y a la existencia de fuentes de trabajo, principalmente en los sectores de desarrollo turístico y la agroindustria. Por lo que en la generalidad las densidades de población son moderadas y bajas, como se muestra en el siguiente cuadro.

88 Cuadro No. 5.3.15 Población y estimación de densidad poblacional 2012.

Distrito	Población total	Área en Km ²	Densidad (hab/km ²)
Liberia	53381	561.57	95.06
Cañas Dulces	3230	243.87	13.24
Curubandé	2527	80.79	31.28
Mayorga	1602	226.67	7.07

Fuente: Elaboración propia con referencia en datos del INEC Censo 2011. Cifras preliminares de población y vivienda.

La densidad poblacional que se refleja en el cantón de Liberia es de 95.06 habitantes por kilómetro cuadrado, muy distante de la presentada por los distritos de Cañas Dulces con 13.24, Mayorga del 7,2 y Curubandé del 31,3%. Denotando que Liberia concentra mayor cantidad de población, asociado a las actividades económicas que se desarrollan en dicho lugar, propiciando el desplazamiento de las personas que habitan en otros distritos, tanto por trabajo, educación, entre otras cosas. Ya que en los distritos de Cañas Dulces, Curubandé y Mayorga las actividades socio productivas se concentra principalmente en actividades privadas (negocios propios), peones de parcelas o fincas de nacionales y extranjeros y agricultura.

154 Fotografía No. 5.3.9 Ciudad de Liberia



89 Cuadro No. 5.3.16 Indicadores demográficos y sociales según distrito.

Provincia Cantón Distrito	Población Total	Densidad de población	% de población urbana	Relación dependencia demográfica	% de población de 65 años y más
Liberia	53 382	95,1	91,0	49,4	5,5
Cañas Dulces	3 230	13,2	11,5	50,3	7,5
Mayorga	1 599	7,1	30,1	55,5	5,9
Curubandé	2 527	31,3	25,7	54,0	7,1

Provincia Cantón Distrito	%de población nacida en el extranjero	Tasa de fecundidad general	% de discapacidad	% de población no asegurada
Liberia	10,1	1,5	8,0	19,0
Cañas Dulces	9,8	1,5	5,3	18,1
Mayorga	11,3	1,8	12,6	21,0
Curubandé	9,7	1,6	8,2	18,2

Fuente: Construcción propia con datos del INEC, Censo 2011.

El porcentaje de población urbana de acuerdo a los datos del INEC en el distrito de Liberia se encuentra el 91%, Cañas Dulces 11,5%, en Mayorga 30,1% y Curubandé 25,7%, destacando que en Cañas Dulces que encuentra el menor porcentaje de población urbana. Respecto al porcentaje de la población mayor de 65 años, los distritos que presentan mayor porcentaje de este sector de la población son Cañas Dulces con un 7,5% y Curubandé con 7.1%; las mayor tasa de fecundidad la presenta Mayorga con 1,8, seguido de Curubandé con 1,6.

La estructura por edades de la población incide directamente desde el punto de vista social y económico, pues genera modificación en el peso que tienen las edades dependientes que son los más jóvenes y los más viejos en relación con los independientes es decir la población en edad adulta que se encuentran entre los 15 y los 65 años aproximadamente, considerados como la población económicamente activa. La relación de dependencia demográfica es el indicador que mide precisamente el nivel de dependencia de una población, es decir la carga que tiene que dar soporte la población en edad activa de una sociedad; o sea la población menor de 15 años y la mayor a los o 65 años con relación a la población de 15 a los 64 años.

En el caso de los distritos estudiados los datos reflejan que los distritos que presentan mayor dependencia demográfica son Mayorga con 55.5 y Curubandé con 54. Por lo general, se entiende que una relación de dependencia demográfica baja es favorable, porque significa que hay menos personas dependientes por cada persona independiente o en edad económicamente activa, por lo que la carga que soporta la sociedad es menor, que en este caso el distrito que presentan este indicador más bajo es Liberia con 49.4.

El porcentaje de discapacidad en los distritos en Liberia es de 8%, en Cañas Dulces hay 5,3% de personas con discapacidad, en Mayorga se encuentra con un 12,6% destacando el mayor porcentaje y Curubandé con un 8,2%. Este indicador es relevante ya que la zona de estudio presenta porcentajes mayores al presentado a nivel nacional que oscila en el 5.3 %. Es importante entender que la discapacidad, siendo una condición humana que puede ser de origen multi causal ya sea por condición genética, pobreza, desnutrición e inadecuados hábitos de salud e higiene, enfermedad o accidente laboral, deportivo, recreativo y de tránsito, contaminación ambiental, violencia política, social y estructural etc., no es discriminatoria por razón de género, estrato social, étnia, religión o nivel educativo o de ingresos.

5.3.4.2 Condiciones Socio-Económicas (calidad de vida)

El objetivo es presentar una caracterización descriptiva de las condiciones socioeconómicas de las comunidades del área de estudio influenciadas por el Proyecto Geotérmico Borinquen. Sustentado principalmente por la información contenida en el censo 2011 elaborado por el INEC.

90 Cuadro No. 5.3.17 Indicadores económicos según distrito.

Distrito	Población de 15 años y más	Tasa neta de participación	Tasa de ocupación	Tasa de desempleo abierto	Porcentaje de población económicamente inactiva
Liberia	38 674	52,8	50,1	5,1	47,2
Cañas Dulces	2 392	48,6	46,8	3,6	51,4
Mayorga	1 123	38,4	36,4	5,1	61,6
Curubandé	1 820	51,7	50,6	2,1	48,3

Distrito	Relación de dependencia económica	Porcentaje de la población ocupada		
		Sector primario	Sector secundario	Sector terciario
Liberia	1,6	6,4	13,0	80,6
Cañas Dulces	1,8	23,1	11,5	65,4
Mayorga	2,7	38,6	10,8	50,6
Curubandé	1,7	15,0	11,3	73,7

Fuente: Construcción propia con datos del INEC, Censo 2011.

La población que se encuentra entre los 15 años y más en el distrito de Liberia es de 38674 personas, en Cañas Dulces 2392, Mayorga 1123 y Curubandé 1 820; presentando la mayor tasa neta de participación Liberia con 52,8 y Curubandé con 51,7, no obstante Cañas Dulces y Mayorga presentan tasas más bajas con 48,6 y 38,4 respectivamente. Respecto a la tasa de ocupación en Curubandé se encuentra el porcentaje más alto con un 50,6, seguido de Liberia con 50,1, Cañas Dulces por 46,8 y Mayorga con 36,4. En el momento de la realización del censo los distritos con mayor tasa de desempleo abierto fue Mayorga y Liberia con un 5.1 y el de menor con 2.1 Curubandé. Sin embargo respecto al porcentaje de

población económicamente inactiva aunque está encabezado por Mayorga con 61.6, Cañas Dulces presenta un 51.4 superando a Curubandé y Liberia.

En el aspecto de población ocupada, que son las personas en la fuerza de trabajo que participaron en la producción de bienes y servicios económicos (trabajaron) por lo menos una hora en el tiempo que se realizó el estudio, donde Liberia en el sector primario se habla de un 6,4%, reflejando el porcentaje más bajo y el más alto es en Mayorga con 38,6%, siguiéndole Cañas Dulces con 23,1 y Curubandé con 15%, con respecto al sector secundario en Liberia se encuentra un 13%, Cañas Dulces con 11,5%, Curubandé con 11,3% y Mayorga con 10,8 que es el porcentaje más bajo en el sector secundario en comparación con los distritos mencionados y por último en el sector terciario la mayor concentración se da en Liberia con 80,6%, siguiendo Curubandé con 73,7%, Cañas Dulces con 65,4 y Mayorga mantiene el 50,6%. Evidenciando que la población de la zona de estudio depende principalmente del sector terciario de la economía que están construidas básicamente por los servicios abarcando todas las actividades fundamentalmente urbanas que se refieren al comercio, transporte, almacenamiento, comunicaciones y servicios, tanto públicos como privados: educación, asistencia social, finanzas, gobierno, bancos, seguros, servicios personales y del hogar etc.

La característica fundamental de todas estas actividades es que en ellas no existe ninguna producción de bienes materiales (como si sucede en el caso de los sectores primario y secundario).

Continuando con el tema de empleo y para conocer la disponibilidad de personas en edad económicamente activa en la zona de influencia se analiza la situación de la población de 15 años o más, según los datos del Cuadro No. 5.3.18.

91 Cuadro No. 5.3.18 Población de 15 años y más por condición de actividad, según provincia, cantón y distrito

Cantón y distrito	Población de 15 años y más	Población en fuerza de trabajo				
		Total	Ocupada	Desempleada		
				Total	Con experiencia laboral	Sin experiencia laboral
Liberia	44 009	22 942	21 824	1 118	980	138
Liberia	38 674	20 408	19 374	1 034	904	130
Cañas Dulces	2 392	1 162	1 120	42	36	6
Mayorga	1 123	431	409	22	21	1
Curubandé	1 820	941	921	20	19	1

Cantón y distrito	Población fuera de la fuerza de trabajo					
	Total	Pensionado(a) o jubilado(a)	Vive de rentas o alquileres	Estudiante	Quehaceres del hogar	Otra situación
Liberia	21 067	2 423	147	6 014	7 612	4 871
Liberia	18 266	2 178	138	5 409	6 379	4 162
Cañas Dulces	1 230	141	3	289	564	233
Mayorga	692	32	1	133	298	228
Curubandé	879	72	5	183	371	248

Fuente: INEC, Censo 2011.

Tomando en consideración los distritos identificados en el área de influencia social directa del proyecto, se presenta un total de personas con 15 años y más en los distritos de Cañas Dulces y Curubandé de 4212 personas. De las cuales 2171 están insertos en la fuerza laboral en condición de ocupados. Otro aspecto es que los distritos en el momento de la realización del estudio 472 personas se registran en condición de estudiantes, población potencial con posibilidades de insertarse al mercado laboral mediante la oferta de empleo temporal que genere el proyecto en la zona.

Por limitación en el acceso a datos más actualizados, se tomara como referencia los reportados por el INEC del censo poblacional del año 2000, respecto a algunos indicadores sociales importantes de tomar en consideración.

92 Cuadro No. 5.3.19 Indicadores sociales. Por: indicador, según: provincia, cantón y distrito.

Provincia, Cantón, distrito	% de analfabetismo	Escolaridad promedio	% de asistencia a educación regular
Guanacaste	6.7	6.8	66.0
Liberia	5.1	7.5	67.7
Liberia	4.5	7.8	69.3
Cañas dulces	7.9	6.1	65.0
Mayorga	10.2	5.8	56.2
Curubandé	9.7	5.6	54.2

Provincia, Cantón, distrito	% de asistencia básica.	% de población con secundaria y más
Guanacaste	84.0	39.8
Liberia	86.0	49.0
Liberia	87.1	52.5
Cañas dulces	84.5	32.7
Mayorga	76.0	27.0
Curubandé	76.6	26.9

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos. IX Censo Nacional de Población: Características Sociales y Demográficas / Instituto Nacional de Estadística y Censos.--9a. ed.--San José., C.R. : INEC, 2002.

El grado de analfabetismo fue bastante alto en los distritos de Mayorga con 10.2 y Curubandé con 9.7 tomando en cuenta que la provincia de Guanacaste presenta en 6.7 de analfabetismo, indicador que es marca la pauta en cuanto a la condición de acceso a conocimiento y oportunidades. Esto se refleja también el grado de escolaridad promedio donde tanto los distritos de Mayorga como Curubandé no alcanzan los 6 años; por esta situación también presentan los porcentajes más bajos de población con educación secundaria o más donde solo el 27.0 y el 26.9 respectivamente tienen esta condición. Cañas Dulces alcanza un mayor porcentaje con un 32.7% de la población, dato que es probable haya aumentado en los últimos años por la presencia del Colegio Profesional de Cañas Dulces.

Especificando esos datos del nivel de escolaridad en relación con la alfabetización tienen un porcentaje elevado, lo cual denota que en estos distritos existe un grado de dificultad de opciones laborales en las cuales se pueden desenvolver los habitantes y aumentar su calidad de vida.

En aspectos de inmigración, según la información de hace más de 10 años de antigüedad, Mayorga con 10.95% aparece como el distrito que tiene mayor porcentaje poblacional de nicaragüenses, seguido de Curubandé con 7.89%.

93 Cuadro No. 5.3.20 Población extranjera por distrito, año 2000.

Distrito	Costa Rica	%	Nicaragua	%	Otros	%
Liberia	36473	92.94	2518	6.42	251	0.64
Cañas Dulces	2479	94.12	140	5.32	15	0.57
Curubandé	1653	91.32	143	7.89	16	0.88
Mayorga	1113	86.41	141	10.95	34	2.64

Fuente: Elaboración propia con datos Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Censo 2000.

Es importante considerar esta característica aunque en la actualidad es probable que este porcentaje se haya incrementado.

5.3.4.3 Caracterización socioeconómica de las comunidades

Un proyecto de generación eléctrica implica una serie de acciones positivas y negativas para el entorno donde se desarrollan; la fuente de generación definirá el grado de impacto socioambiental. En el caso del Proyecto Geotérmico Borinquen tiene la característica particular de que sus obras principales correspondientes al campo geotérmico se construirán en un área aislada de las poblaciones más cercanas; sin embargo tendrá estrecha interacción con las actividades económicas de dos desarrollos turísticos muy cercanos a las obras el Hotel Buena Vista y el Hotel Borinquen.

Para la definición de las áreas de influencia social directa e indirecta del proyecto, se elaboraron los siguientes criterios:

94 Cuadro No. 5.3.21 Comunidades del área de influencia social del proyecto.

Cantón	Distrito	Comunidades
Liberia	Cañas Dulces	Cañas Dulces, Buenavista, El Cedro, El Pital, Las Lilas, Agua Fría.
	Curubandé	Curubandé
	Mayorga	Los Ángeles Quebrada Grande
	Liberia	Parcelas de Santa María Liberia centro
Bagaces	Mogote	San Jorge

Fuente: Elaboración propia.

Área de Proyecto (AP)

Área de ubicación de las obras principales del proyecto geotérmico tales como vapoductos, casas de máquinas, separadores, lagunas de sedimentación, plataformas de perforación, oficinas, subestaciones, línea de transmisión,

campamentos, sitios de préstamo, escombreras, patios de materiales, sitios de articulación vial directa, y otras obras de carácter permanente o temporal.

Área de influencia social directa (ASD)

Incluye el Área de Proyecto (AP) y los sitios de articulación vial directa así como otras obras de carácter permanente o temporal.

Área de influencia social indirecta (ASI)

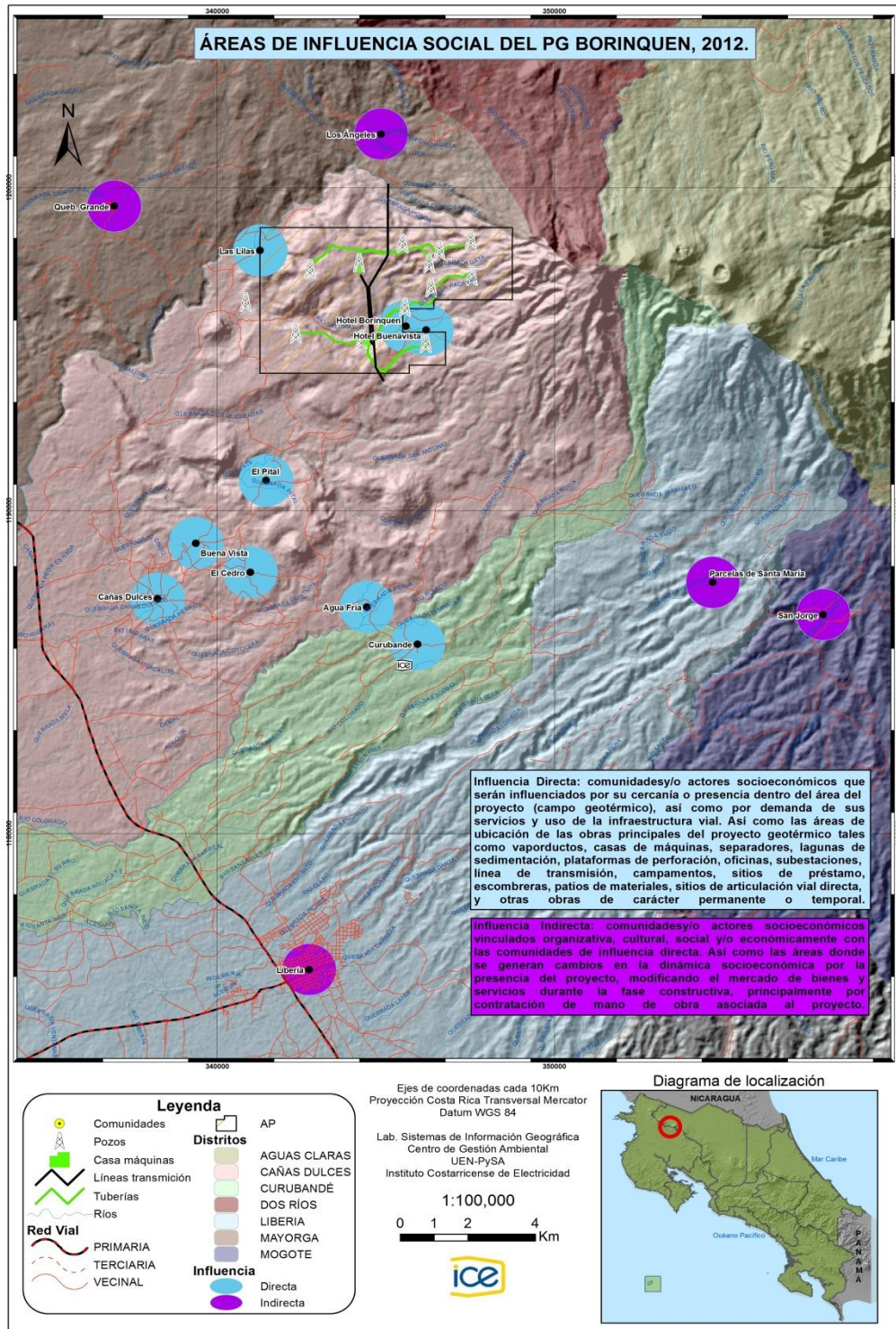
Áreas donde se generan cambios en la dinámica socioeconómica por la presencia del proyecto, modificando el mercado de bienes y servicios durante la fase constructiva, principalmente por contratación de mano de obra contratada por el proyecto.

95 Cuadro No. 5.3.22 Áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Geotérmico Borinquen.

Cantón	Distrito	Comunidades	Influencia
Liberia	Cañas Dulces	Cañas Dulces	Directa
		Buenavista	Directa
		Las Lilas	Indirecta
		El Cedro	Directa
		El Pital	Directa
		Hotel Buena Vista	Directa
		Hotel Borinquen	Directa
		Curubandé	Curubandé centro
		Agua Fría	Directa
	Mayorga	Quebrada Grande	Indirecta
		Los Ángeles	Indirecta
	Liberia	Liberia centro	Indirecta
		Parcelas de Santa María	Indirecta
Bagaces	Mogote	San Jorge	Indirecta

Fuente: Elaboración propia.

131 Figura No. 5.3.4 Mapa de áreas de influencia social directa e indirecta del Proyecto Geotérmico Borinquen



La población de las comunidades identificadas dentro del área de influencia social del Proyecto Geotérmico Borinquen en su mayoría son pequeños caseríos rurales con escasos servicios básicos y poca o inexistente infraestructura comunal. Sin embargo en todas existe al menos una organización comunal que trabaja en función del mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Los registros más recientes de la población de las comunidades fueron suministrados por los EBAIS de las comunidades, presentándose los siguientes datos:

96 Cuadro No. 5.3.23 Población de las comunidades del área de influencia social del P.G. Borinquen.

Cantón	Distrito	Comunidades	Influencia	N° de Habitantes	N° de Viviendas
Liberia	Cañas Dulces	Cañas Dulces	Directa	2065	315
		Buenavista	Directa	450	90
		Las Lilas	Directa	195	39
		El Cedro	Directa	105	21
		El Pital	Directa	25	5
		Agua Fría	Directa	125	25
	Curubandé	Curubandé centro	Directa	635	127
	Mayorga	Quebrada Grande	Indirecta	1155	200
		Los Ángeles	Indirecta	145	29
	Liberia	Liberia centro	Indirecta		
		Parcelas de Santa María	Indirecta	157	30

Fuente: Elaboración propia con referencia en los datos del EBAIS Área de Salud de Liberia por ATAP y localidades 2012.

El proyecto se construirá en la parte “norte” del distrito, específicamente el campo geotérmico se ubicará en la Hacienda Borinquen y Finca Buena Vista. Sitios en los cuales no se ubican viviendas, ni habitantes a 500 metros a la redonda de la construcción. Sin embargo coexisten dos desarrollos turísticos El Hotel Borinquen y Hotel Buena Vista caracterizados los dos por ofrecer turismo de montaña y aventura. Por ende es de importancia identificar cuáles de las acciones del proyecto puedan generar dificultades en el desarrollo normal de las actividades de los hoteles, así como potenciar las ventajas y valor agregado que el proyecto producirá en la zona como un atractivo más y ejemplo de producción de energía limpia.

En el momento del estudio los hoteles presentaban las siguientes características y servicios:

Hotel Buena Vista Lodge

Ubicado a 31 km de Liberia, limita con el Parque Nacional Rincón de la Vieja, catalogado en la categoría hotelera de 3 estrellas por los servicios que brinda.

Ofrece aproximadamente 200 hectáreas, de las cuales 1400 son dedicadas a la regeneración de bosque donde se aprovecha para realizar las actividades de aventura, dedican 600 hectáreas a la ganadería y en la producción de lo necesario para el hotel. El Instituto Costarricense de Turismo (ICT) lo galardonó en la categoría de cuatro hojas de sostenibilidad.

El hotel cuenta con 90 habitaciones equipadas con abanico, baño y agua caliente. Dentro de los principales servicios ofrecidos a los visitantes están: cabalgatas hacia las cataratas, senderos, miradores, bosque primario, canopy, aguas termales, piscinas, barro volcánico, sauna y puentes colgantes.

155 Fotografía No. 5.3.10 Entrada e instalaciones del hotel Buena Vista



Hotel Borinquen Mountain Resort Spa

Localizado a 17 km de la comunidad de Cañas Dulces, el hotel inicio operaciones en el año 1999, catalogado en la categoría 4 estrellas por los servicios y comodidades ofrecidas, en el tema de sostenibilidad turística el Instituto Costarricense de Turismo (ICT) lo galardonó con 3 hojas de sostenibilidad.

En cuanto a las opciones de hospedaje ofrece 39 habitaciones equipadas, de las cuales 16 habitaciones son villa, 9 estándar, 4 superior, 4 deluxe y 6 junior suite. Se ofrecen variedad de servicios turísticos a los atractivos de la zona como visitas al Parque Nacional Rincón de la Vieja, aguas termales, piscinas, cabalgatas, caminatas, canopy, barro volcánico, sauna etc.

156 Fotografía No. 5.3.11 Instalaciones del Hotel Borinquen Mountain Resort Spa



A continuación se presenta una descripción de las comunidades identificadas en el área de influencia social del proyecto.

Comunidad de Cañas Dulces

Se caracteriza por ser tener su carretera principal asfaltada, cuenta con espacios comunales tales como cancha de futbol en excelentes condiciones, un campo ferial con redondel y salón multiusos en proceso constructivo, además de un salón comunal requerido de mejoras. También cuenta con cementerio municipal, Iglesias católica, evangélica y adventista, escuela primaria y preescolar en el Centro Educativo Cañas Dulces, educación secundaria Colegio Profesional de Cañas Dulces fundado en 1999, Centros de Educación y Nutrición y Centros Infantiles de Atención Integral (CEN-CINAI), un local en alquiler para el servicio de atención médica EBAIS (Equipos Básicos de Atención en Salud), Fuerza Pública, parque comunal; así como algunas pulperías y minisúper.

El servicio de transporte público es bueno ya que se brindan en el transcurso del día autobús hasta Liberia centro cada hora, que facilita a los habitantes hacer sus diligencias, servicios y laborar en Liberia.

157 Fotografía No. 5.3.12 Parque Cañas Dulces - Salón Multiusos Cañas Dulces



Cañas Dulces cuenta con varios grupos organizados entre los principales están:

- Asociación de Desarrollo Integral
- Comité de CEN-CINAI
- Comité de Iglesia Católica
- Junta de Educación
- Asociación de Acueducto Rural (ASADA)
- Comité de EBAIS
- Comité de Deportes
- Representantes en la Junta Vial Cantonal
- Junta de Educación del Colegio de Cañas Dulces
- Sociedad de Usuarios del Agua de Cañas Dulces

Asociación de usuarios del agua del este de Cañas Dulces.

Dentro de las comunidades del área de influencia social del proyecto es la cuenta con mayor organización comunal, así como las mejores condiciones de servicios e infraestructura. Sin embargo es la que presenta según personal del Fuerza Pública un aumento de problemas de delincuencia y drogadicción.

Comunidad de Buena Vista

Se caracteriza por ser una comunidad tranquila, su población según información de las entrevistas realizadas a vecinos generalmente trabajan en los hoteles de la zona, principalmente Hotel Borinquen y Buena Vista o viajan a Liberia a trabajar en el comercio.

Tiene a Cañas Dulces como cabecera de distrito, sin embargo la comunidad cuenta con su propio servicio de EBAIS, CEN-CINAI, escuela primaria, plaza de deportes, iglesia católica y dos cristianas (Asamblea de Dios y la Iglesia Nazareno) y un salón comunal en mal estado.

Los servicios de transporte son buenos, se cuenta con servicio de autobús a Liberia y viceversa, además hay un servicio especial para estudiantes que llega hasta la comunidad de El Pital pasando por Buena Vista hacia el colegio ubicado en Cañas Dulces.

Una de los principales problemas radica según los vecinos en que el EBAIS solo brinda atención una vez por semana y los vecinos tienen que desplazarse a Liberia para retirar los medicamentos, situación que incomoda a la población que recibe el servicio.

158 Fotografía No. 5.3.13 Salón comunal de Buena Vista -Escuela de Buena Vista.



Comunidad El Cedro

Caracterizado por ser un pequeño caserío en la orilla del camino, él cual es lastrado y angosto, con inexistencia de aceras. Los habitantes tienen que desplazarse hasta la comunidad de Buena Vista para servicios básicos tales como escuela, EBAS, iglesia, ya que en la comunidad no existe infraestructura comunal; además no cuentan con servicio público de transporte así que generalmente se desplazan a pie, también presentan limitaciones en cuanto al acceso a telecomunicaciones ya que no cuentan con teléfonos públicos, residenciales ni acceso a internet.

Respecto al fuentes de trabajo generalmente se emplean en los hoteles cercanos e incluso algunos han sido trabajadores del ICE en el Proyecto Las Pailas, otros hacen labores en fincas cercanas en actividades agropecuarias. La comunidad cuenta con servicio de agua por medios propios, tienen una captación de agua propia que requiere de mejoras. El único grupo organizado comunal es el que se encarga de la administración del acueducto local.

159 Fotografía No. 5.3.14 Comunidad El Cedro.



Comunidad El Pital

Caserío ubicado sobre la calle principal que comunica con Buena Vista, es el acceso principal para los centros turísticos como el SPA Vandara, Hotel Borinquen y Buena Vista. Se constituye de 5 viviendas, con aproximadamente 25 habitantes, los cuales abastecen todos los servicios básicos en la comunidad de Buena Vista ya que no cuentan con ninguna infraestructura ni organización comunal.

160 Fotografía No. 5.3.15 Camino principal comunidad El Pital- Entrada SPA Vandara.



Comunidad de Curubandé

Es la comunidad cabecera del distrito Curubandé, su población se desempeña principalmente en actividades relacionadas con el turismo ya que muchos de los habitantes trabajan en los hoteles cercanos (Hacienda Guachipilín y Cañón de la Vieja) otros trabajan actualmente o han trabajado con el ICE en el proyecto finalizado P.G. Las Pailas.

La comunidad cuenta con infraestructura comunal como iglesias tanto católica como dos evangélicas, escuela primaria, parque comunal, EBAIS, también cuenta con servicio de fuerza pública, pulperías, autobús hasta Liberia. El acceso a la comunidad se ha mejorado en los últimos meses gracias a una convenio entre la Municipalidad de Liberia, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el ICE logrando el asfaltado de la carretera principal, el centro de la comunidad fue asfaltada por medio de una negociación de la comunidad con el ICE durante la construcción del P.G. Las Pailas. Igualmente se han ejecutado mejoras en el acueducto comunal, favoreciendo a brindar un mejor servicio a la comunidad; pero se encuentra en proceso de pasar a ser administrado directamente por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

En la comunidad existen varios grupos organizados entre ellos los más sobresalientes son la Asociación de Desarrollo Integral, la Asociación de Acueducto, junta de educación de la escuela, comités de iglesia.

En la comunidad se encuentran las instalaciones de un campamento del ICE, el cual ha sido utilizado para albergar colaboradores de los proyectos desde hace algunos años. Esta es una de las razones por las cuales se ha generado crecimiento de la matrícula escolar en los últimos años, situación que ha sido subsanada con la ampliación de la infraestructura escolar.

97 Cuadro No. 5.3.24 Histórico matrícula de la Escuela de Curubandé, desde 1990 hasta el 2012

Año Escolar	TOTAL		
	Total	Hombres	Mujeres
1990	67	33	34
1991	68	32	36
1992	66	31	35
1993	63	33	30
1994	56	23	33
1995	54	21	33
1996	46	20	26
1997	51	23	28
1998	40	18	22
1999	41	19	22
2000	37	18	19
2001	51	26	25
2002	48	22	26
2003	52	31	21
2004	52	32	20
2005	69	34	35
2006	71	37	34
2007	67	32	35
2008	106	51	55
2009	104	53	51
2010	105	52	53
2011	98	47	51
2012	95	44	51

161 Fotografía No. 5.3.16 Escuela de Curubandé - Iglesia católica y parque de Curubandé



Comunidad de Agua Fría

Es un caserío fundado por el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) cuenta con 25 familias, las cuales viven en la comunidad y tienen sus parcelas un poco más alejadas.

Esta comunidad no cuenta con carretera asfaltada, solamente calle lastrada que se encuentra en buen estado. Los servicios básicos tales como educación, salud, transporte solo son posibles si se trasladan al centro de la comunidad de Curubandé, que se ubicada aproximadamente a dos kilómetros de distancia, pasando por el puente colgante de uso peatonal sobre el río Blanco, el cuál se encuentra en muy mal estado, limitando a que en muchas ocasiones los vecinos puedan pasar, principalmente cuando el caudal del río aumenta en la época lluviosa.

Poseen servicio de agua utilizando la técnica de ariete de una captación propia la cual no tiene ningún control sanitario de parte de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Cuentan con servicio de electricidad y telefonía celular.

Por ser un asentamiento IDA, han desarrollado con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) por medio de la Agencia de Servicios Agropecuarios (ASA- MAG) acciones de conservación de suelos y un proyecto de miel de abeja, con la asesoría de formación y servicios tecnológicos básicos en la producción apícola por parte del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Proyecto que beneficia la economía de las familias pero por ser muy pequeño da producción una vez al año y no es el ingreso principal familiar, este proyecto pertenece a la Asociación de Productores de Agua Fría, quienes además cuentan con un pequeño local dentro del caserío a la orilla del camino principal, el cual funciona como salón de reuniones de la comunidad.

162 Fotografía No. 5.3.17 Salón de la Asociación de Productores de Agua Fría- Comunidad de Agua Fría.



Comunidad de Las Lilas.

Comunidad perteneciente al distrito de Cañas Dulces, con una pequeña población donde aproximadamente hay 30 casas, sus habitantes trabajan principalmente en fincas o son pequeños productores de leche. La comunidad cuenta con una escuela donde asisten 42 estudiantes, también cuentan con un salón comunal y una reserva donde se encuentran valiosos recursos naturales y arqueológicos; la reserva es administrada por vecinos de la comunidad por medio de la una Asociación agroecológica.

Las principales limitaciones que tienen sus habitantes radica en la ausencia de una EBAS para los servicios de salud cercano a la comunidad, ya que tienen que desplazarse hasta la comunidad de Quebrada Grande, aunado a esto el servicio

de autobús es deficiente ya que depende de la condición del camino de lastre y el clima, ya que en la época lluviosa se dificulta el acceso.

En la comunidad no existe telefonía pública ni residencial, tampoco hay acceso a internet y el servicio de la señal celular es muy deficiente, aunque si cuentan con servicio de electricidad y agua potable. En cuanto a la obtención de bienes y servicios muchos de los vecinos siembran granos básicos para subsistencia, para otros servicios se trasladan tanto a Quebrada Grande como a Liberia, en la comunidad solo existe una pequeña pulpería.

Las Lilas cuenta con gran riqueza natural y escénica, además de un clima agradable incluso en este sitio se encuentra la captación del servicio de agua potable que abastece a la comunidad de Cañas Dulces.

163 Fotografía No. 5.3.18 Comunidad Las Lilas



Comunidad de Quebrada Grande

Cabecera del distrito Quebrada Grande, cuenta con servicios varios tales como fuerza pública, iglesia, EBAIS, dos colegios (Colegio de Cañas Dulces y El Consuelo), plaza de deportes, una Escuela (Escuela Marcelino García Flamenco), pulperías, bares y sodas. Servicios de electricidad, internet, telefonía pública, residencial y celular; servicios de transporte público y carretera principal asfaltada. Aunque la población tiene acceso a los servicios básicos, dentro de las principales problemáticas esta la falta de oportunidades de empleo ya que la población se dedica a actividades agropecuarias en las fincas vecinas o se tiene que desplazar hasta Liberia centro para trabajar en el comercio; aun así las ofertas de empleo son muy limitadas.

En cuanto a la organización comunal existen varios grupos entre ellos asociación de desarrollo, junta de educación, comité de iglesia, comité de deportes, comité de EBAIS entre otros.

**164 Fotografía No. 5.3.19 Escuela Marcelino García Flamenco.- EBAIS Quebrada Grande.-
Fuerza pública Quebrada Grande- Transporte público Quebrada Grande.**



Comunidad Los Ángeles

Pequeña comunidad, fundada en 1980 con la llegada de un grupo de personas refugiadas de El Salvador traídas por la Cruz Roja Internacional y Naciones Unidas. Actualmente viven 25 familias aproximadamente, las cuales presentan bajos niveles de alfabetización.

Cuentan con una deteriorada Iglesia y Escuela, servicio eléctrico, telefonía pública, plaza de deportes, agua potable y servicio de transporte público. La población trabaja algunos en fincas cercanas y siembran para la subsistencia.

Actualmente no cuentan con organización comunal y se encuentran en proceso de titulación de tierras ya que la propiedad de 260 hectáreas pertenece a la Cruz Roja Costarricense.

165 Fotografía No. 5.3.20 Comunidad Los Ángeles



5.3.4.4 Identificación de grupos interesados en el proyecto

Los actores sociales son las personas o grupos de personas directa o indirectamente afectadas por el proyecto, y las personas o grupos de personas que pueden tener intereses en el proyecto o la capacidad para influir en sus resultados de una manera positiva o negativa, o ambas cosas.

Los actores son las partes cuyos intereses pueden resultar afectados por un problema o acción. También se incluye a aquellos que pueden incidir en el problema o acción utilizando los medios que estén a su disposición, tales como poder, legitimidad, y los vínculos existentes de colaboración y conflicto. (Balderas, 2006).

El Proyecto Geotérmico Borinquen intervienen los siguientes grupos de actores sociales:

1. **Instituciones públicas locales y regionales:** Municipalidad de Liberia, Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones (MINAET), Universidades Públicas con sede en Liberia (UCR, UNA, UNED), el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Ministerio de Educación Pública (MEP), Caja Costarricense del Seguro Social (C.C.S.S), Instituto Costarricense de Turismo (ICT), Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Área de Conservación de Guanacaste (A.C.G.)
2. **Instituciones Privadas:** en la zona se encuentran varios desarrollos turísticos tales como Hotel Borinquen, Hotel Buenavista, SPA Vandara, Hotel Cañón de la Vieja.
3. **Organizaciones sin fines de Lucro:** principalmente está presente la Guanacaste Dry Forest Conservation Found (GDFCF).

4. Organizaciones sociales a nivel local:

Cañas Dulces: ASADA Cañas Dulces, Junta de Educación, Comité de Iglesia, Comité de EBAIS, Asociación de Desarrollo Integral, Comité de Deportes, Junta Vial con representación en la Municipalidad de Liberia.

Las Lilas: Asociación Agroecológica de Las Lilas.

Buena Vista: ASADA Buena Vista, Junta de Educación, Comité de Iglesia, Comité de EBAIS, Asociación de Desarrollo Integral.

El Cedro: ASADA El Cedro.

Agua Fría: Asociación de Productores de Agua Fría.

Curubandé: Asociación de Desarrollo Integral, ASADA Curubandé, Junta de Educación de la escuela, comités de iglesia, Comité de EBAIS, Comité de Deportes.

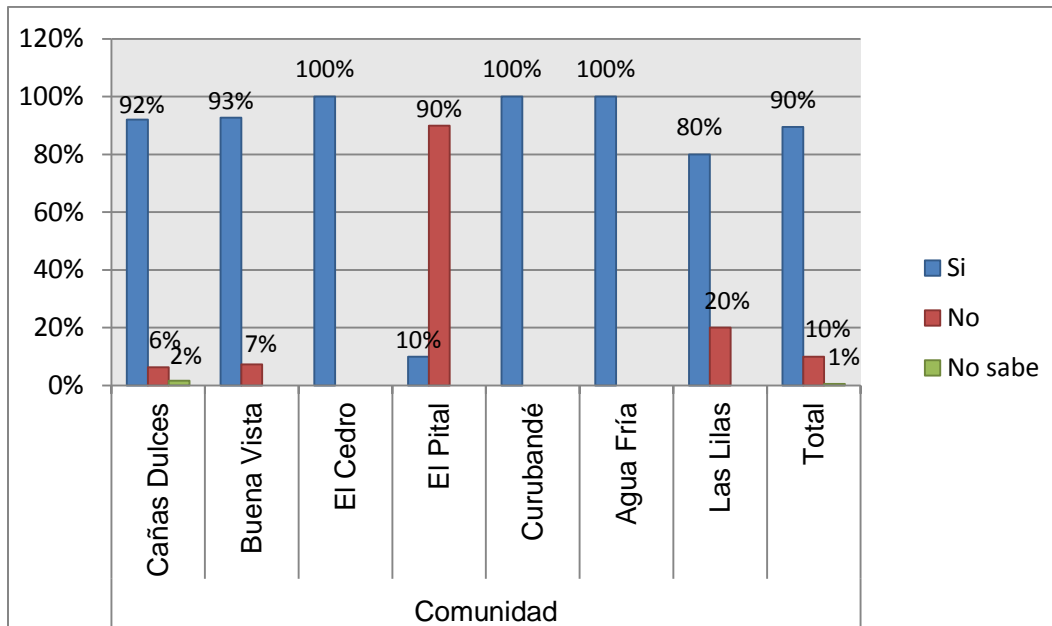
Quebrada Grande: Asociación de Desarrollo Integral, junta de Educación, Comité de Iglesia, Comité de Deportes, Comité de EBAIS.

Parcelas de Santa María: Junta de Educación y una asociación de desarrollo comunal en proceso de formalización.

San Jorge: Junta de Educación y Asociación de Desarrollo Integral.

Es importante considerar, que aunque existen grupos organizados en las comunidades algunos de estos son poco legitimados por la población, tal como se refleja en los resultados de la encuesta de percepción local realizada en las comunidades de influencia social directa, al preguntar si en la comunidad existen grupos organizados.

132 Figura No. 5.3.5 Percepción de la población respecto a la existencia de grupos organizados en la comunidad.



Fuente: Encuesta de percepción local, 2012.

La opinión de la población de la comunidad de Las Lilas el 20% de los entrevistados afirmo que no existen y en Cañas Dulces un 6% afirmo lo mismo; aun teniendo varios grupos comunales activos. En comunidades como Curubandé y Agua Fría el 100% afirmo que si existen organizaciones comunales en la comunidad, así como El Cedro. Esta situación principalmente se debe a que las organizaciones comunales están debilitadas y en muchos casos los líderes desgastados, ya que generalmente son las mismas personas las que participan, y el resto de la población toma una actitud pasiva e incluso apática para participar en grupos comunales.

5.3.4.5 Percepción local del proyecto y sus posibles impactos. (Instrumento de la encuesta percepción local en las comunidades del área de influencia directa del Proyecto). Ver Anexo No. 5.3.1.

El presente estudio procura dar a conocer los aspectos más relevantes en torno al análisis y gestión social del Proyecto Geotérmico Borinquen. El proceso metodológico se basa en la “Guía general para la elaboración de instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental (Guía EIA), publicado en la Gaceta N° 85 del jueves 4 de mayo del 2006, en la página 29, específica para el desarrollo del apartado de percepción local lo siguiente:

- Indicar cuál es la percepción, posición, actitudes y preocupaciones de los habitantes del área de influencia social sobre la ejecución del proyecto, obra o actividad, las transformaciones generadas a partir de éste, así como la

percepción de potenciales impactos ambientales que podría generar dicha ejecución.

- Identificar las necesidades de información que tiene la población sobre el proyecto, obra o actividad.
- Identificar y caracterizar los posibles conflictos sociales que se pueden derivar de la ejecución.

5.3.4.6 Investigación social enfoque cualitativo y cuantitativo

5.3.4.6.1 Abordaje cualitativo

Se llevó cabo una serie de entrevistas a informantes clave de las comunidades del área de influencia social. Así como un intensivo trabajo de participación interactiva con las comunidades.

98 Cuadro No. 5.3.25 Principales entrevistas realizadas a informantes clave del PG Borinquen, según grupo comunal, 2012.

Nombre	Grupo comunal
Jorge Alvarado Boirivant.	Presidente ASADA Curubandé
Julia María Espinoza	Comité Iglesia Curubandé Comité de Salud Curubandé
William Watson	Escuela de Curubandé
Johnny Ruiz Castillo	Fiscal Asociación de Desarrollo Integral Cañas Dulces
Araceli Chacón Gutiérrez	Presidenta Asociación de Desarrollo Integral Cañas Dulces
Marianela Montoya Huertas	Directora Escuela Buena Vista
Dolores Morales	Presidente ASADA El Cedro
Jorge Acon	Director Colegio Académico Deportivo de Cañas Dulces
Maily Morales Martínez	Dirigente Comunal, Buena Vista
Alba Rosa Soto	Directora Escuela Las Lilas
Erberth Badilla	Comité de Agua Las Lilas
Raúl Rodríguez	Asociación Agroecológica Las Lilas
Rigoberto Díaz	Comité de Agua
Anabelle Abellán	Directora Escuela Marcelino García Flamenco, Cañas Dulces
Walter Noguera Padilla	Director Liceo de Quebrada Grande
María Inés Garita Loria	Escuela San Jorge

5.3.4.6.2 Abordaje cuantitativo

El presente informe de sistematización y análisis de información de las encuestas suministrados en las comunidades, se basó en la lógica de unidades habitacionales y no de persona en persona, ya que lo que se busca es una rápida percepción y representación, según la opinión que guardan o expresan las familias de las poblaciones del área de influencia directa, en relación a varias categorías y variables fundamentales en el estudio de análisis social, como por ejemplo: sentido de comunidad, nivel de información sobre el proyecto, actitud frente al proyecto, potenciales impactos y posibles conflictos sociales.

Se utilizó como instrumento una encuesta de percepción local a las comunidades en mención, en total se recogieron ciento tres instrumentos de percepción local con el llenado y la información correspondiente, que se suministró a los principales actores sociales en las diferentes comunidades. Ver Anexo No. 5.3.1.

En este sentido, el tipo de muestra es no probabilística de tipo intencionada (Blalock, 1994), que consiste en elegir de manera arbitraria, designando a cada unidad según características que sean relevantes para el investigador. Suele emplearse en los estudios de casos. Cabe destacar que los elementos de la muestra son seleccionados por procedimientos al azar o con probabilidades conocidas de selección.

A su vez, se utilizó el muestreo por juicio, selección experta o selección intencional (Gómez, 1997): lo que significa que con criterio de experto (investigador social), se tomó la muestra seleccionando los elementos que a criterio profesional nos parecieron representativos o típicos de la población, por lo que dependió del criterio del investigador.

Con el instrumento de percepción local se logró identificar la percepción que tiene la población sobre el proyecto, obra o actividad, y finalmente se identificaron y caracterizaron los posibles conflictos sociales que se pueden derivar de la ejecución.

El instrumento de percepción local fue suministrado de la siguiente manera:

actitudes, temores, potenciales impactos sociales y percepción en general de las comunidades del área de influencia social.

100 Cuadro No. 5.3.27 Comunidades del área de influencia social PG Borinquen

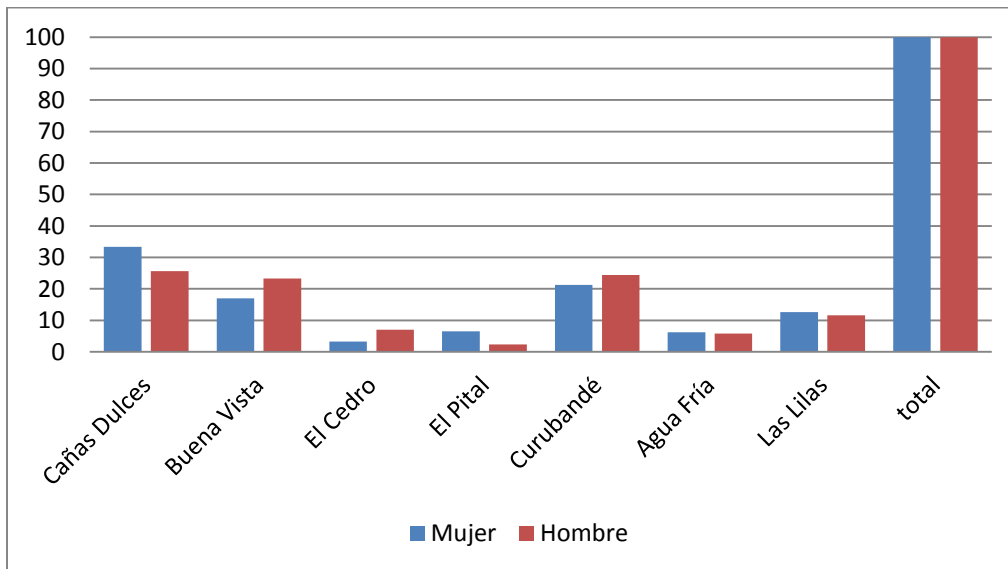
Cantón	Distrito	Comunidades / Actor socioeconómico	Influencia	N° de Habitantes	N° de Viviendas
Liberia	Cañas Dulces	Cañas Dulces (Centro y el Ensayo)	Directa	2065	413
		Buenavista	Directa	450	90
		Las Lilas	Indirecta	195	39
		El Cedro	Directa	105	21
		El Pital	Directa	125	25
		Agua Fría	Directa	125	25
	Curubandé	Curubandé centro	Directa	635	127

Fuente: Construcción propia en base a los datos del ASIS de Liberia.

5.3.4.6.3 Caracterización socioeconómica de las comunidades del área de influencia social

Con respecto a la distribución de las personas encuestadas de la muestra, se identifica que el porcentaje de mujeres encuestadas es de 58.9% y el de hombres es de 41.1% del total de las comunidades de influencia social.

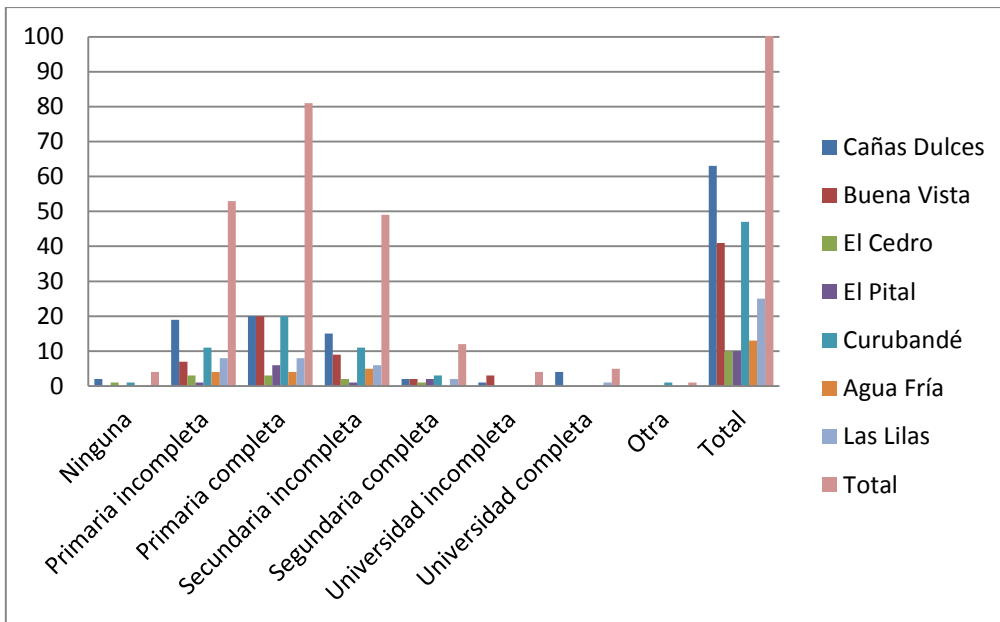
133 Figura No. 5.3.6 Distribución de encuestados según las comunidades del área de influencia social por sexo.



El principal grupo etario de encuestados se encuentra entre 25 a los 34 años de edad con un 24.2%, posteriormente se encuentran entre 45 a 54 años edad con un 17%, le sigue aquellos entre 25 a 34 años de edad con un 17.7%.

Por otro lado, el nivel educativo de las comunidades del área de influencia social es primordialmente primaria completa en Cañas Dulces, Buena Vista y Curubandé, que tienen mayor cercanía a centros con mayor nivel de desarrollo en cuanto a las actividades económicas y de infraestructura.

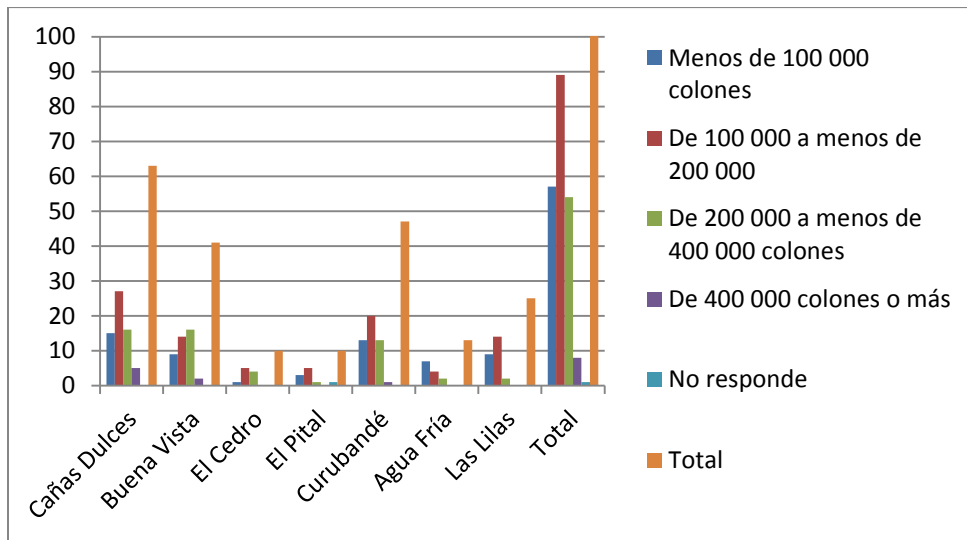
134 Figura No. 5.3.7 Distribución de encuestados según las comunidades del área de influencia social por nivel educativo.



Los caseríos como El Cedro, El Pital y Agua Fría, son las comunidades con el menor nivel educativo, que responde en general al contexto rural donde se ubican los pueblos y las actividades a las que se dedican, que son agrícolas y lecheras a un nivel primario de sobrevivencia.

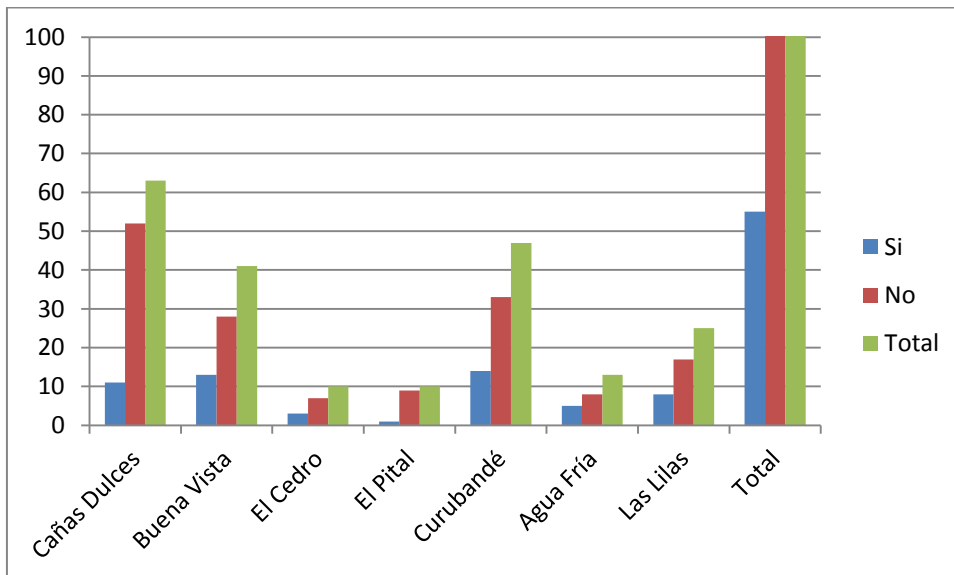
A su vez, en relación a los aspectos económicos de las comunidades del área de influencia social, se indagó sobre el ingreso económico mensual. El ingreso mensual por familia del 42.6% de los encuestados, oscila entre 100 000 a menos de los 200 000 colones, mientras que el 27.3% tiene un ingreso mensual menor a los 100 000 colones.

135 Figura No. 5.3.8 Distribución de encuestados según comunidad el área de influencia social por ingreso económico mensual



Con respecto a la situación de empleabilidad, el 26.3% de los encuestados están actualmente laborando, mientras que el 73.7% no se encuentra trabajando pero está en búsqueda de empleo. Esto es un aspecto fundamental que se consideró en el desarrollo de las medidas de control ambiental, en relación a que el proyecto en su fase constructiva debe dar prioridad y asegurar la igualdad en las oportunidades de empleo a las comunidades del área de influencia social.

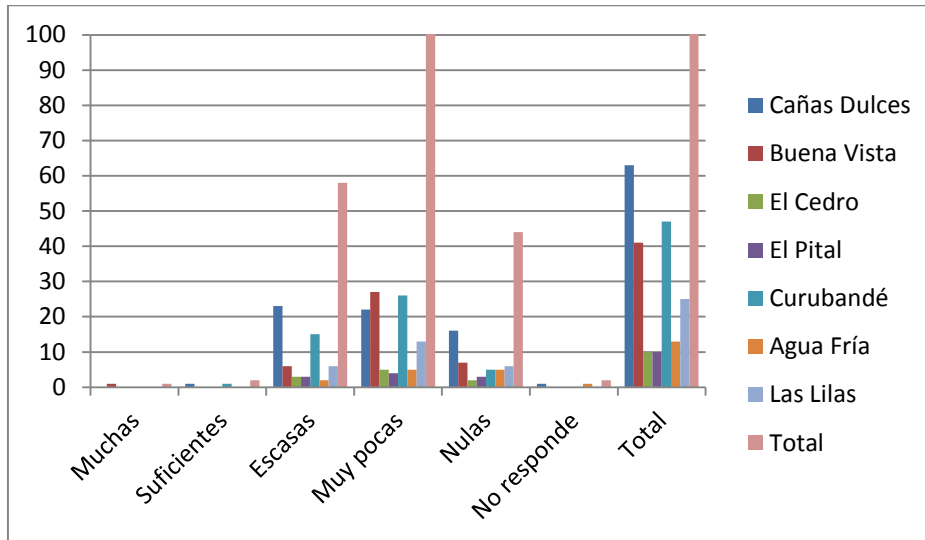
136 Figura No. 5.3.9 Distribución de la población de las comunidades del área de influencia directa por trabajo remunerado.



A su vez, el 48.8% de los encuestados opinaron que las oportunidades de trabajo en sus comunidades son muy pocas, el 27.8% respondió que son escasas y el 21.1% dijo que son nulas.

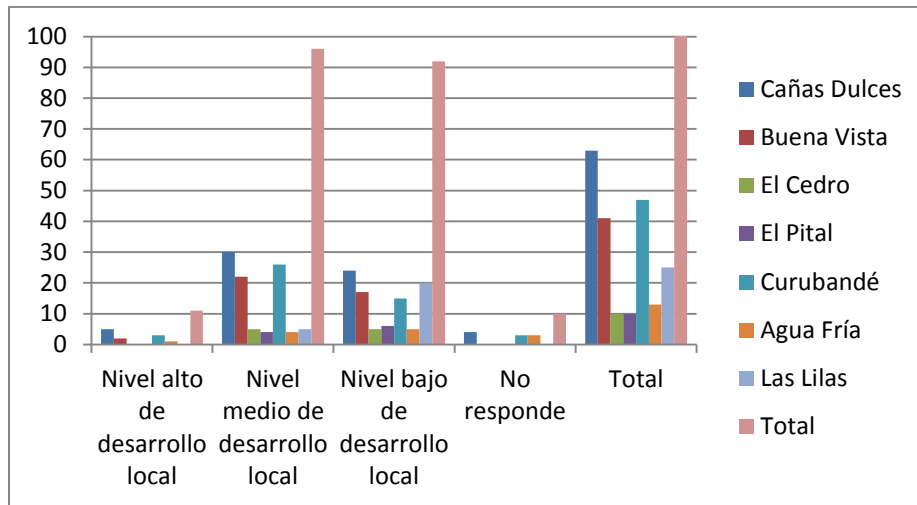
En ese sentido, las expectativas de las comunidades con respecto al proyecto se concentran en las oportunidades laborales que ellos esperen se materialicen y contraten a los miembros de sus comunidades.

137 Figura No. 5.3.10 Opinión de la población de las comunidades del área directa, según las oportunidades de empleo en la comunidad.



Por otro lado, los encuestados opinaron en un 45.9% el nivel de desarrollo de sus comunidades se encuentra en un nivel medio, y el 44% respondió que el nivel de desarrollo en sus comunidades es bajo. Este panorama permite interpretar las opiniones de los encuestados que se referían a que ante la llegada de un nuevo proyecto cerca de sus comunidades esperan que el mismo genere desarrollo a nivel de infraestructura, servicios y bienes en los diferentes poblados, principalmente aquellos que tienen mayor población como Cañas Dulces, Buena Vista y Curubandé.

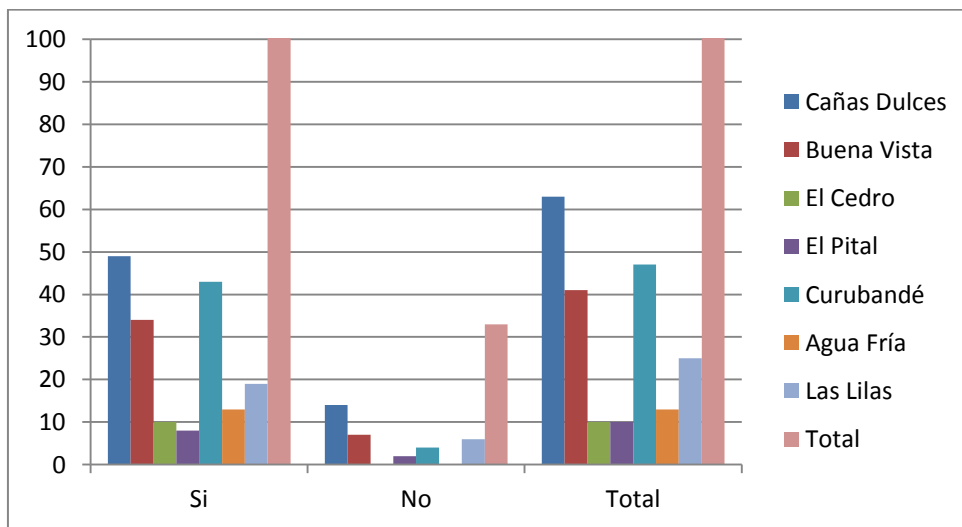
138 Figura No. 5.3.11 Opinión de la población de las comunidades del área de influencia directa sobre el nivel de desarrollo de la comunidad



Nivel de información sobre el proyecto

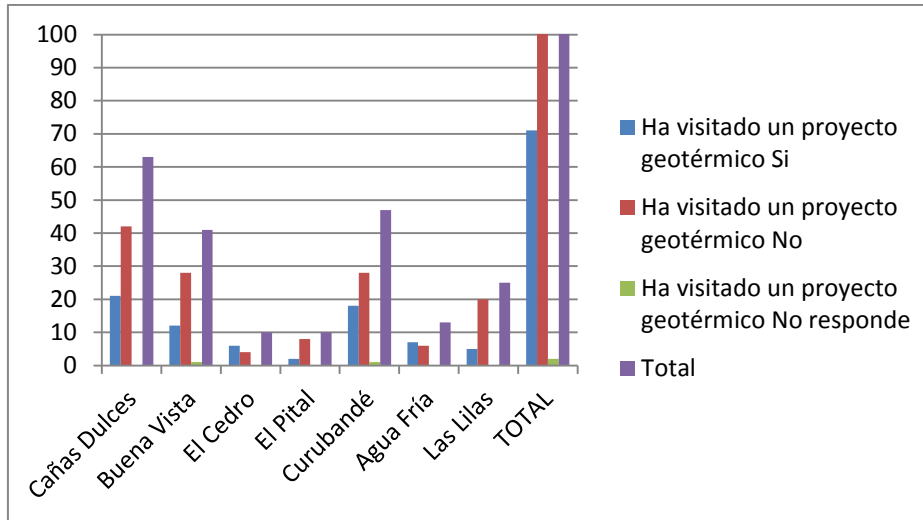
Con respecto al nivel de información sobre el proyecto, la mayor parte de los encuestados de las diferentes comunidades del área de influencia social, respondieron en un 84.2% que conocen el proyecto, y tan solo el 15.8% respondió que no han escuchado hablar sobre el proyecto ni conocen nada sobre el mismo.

139 Figura No. 5.3.12 Nivel de información sobre el Proyecto Geotérmico en Borinquen



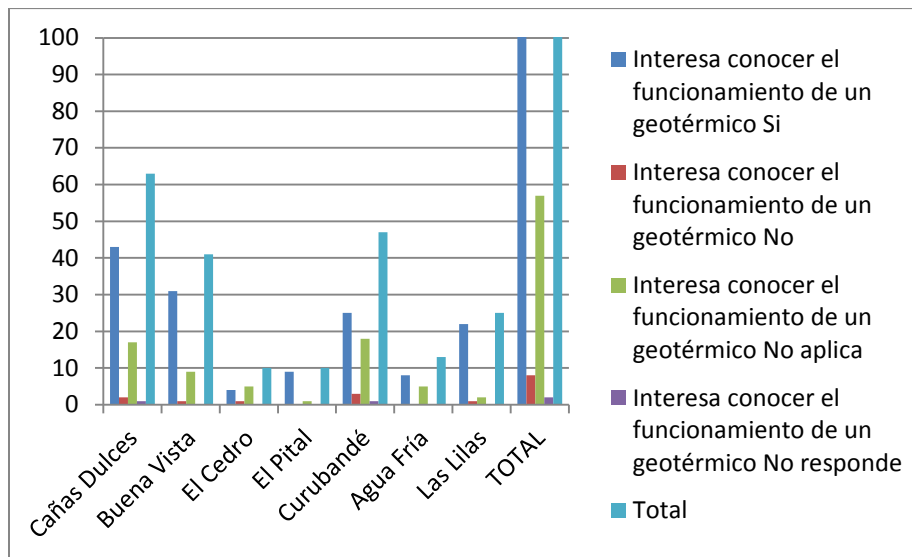
Por otro lado, con respecto al nivel de información sobre el proyecto, si bien casi un 80% de los encuestados tiene información sobre el proyecto, también existe el interés de las comunidades por visitar un proyecto geotérmico, ya que más de un 65.1% no han visitado un proyecto de este tipo, pese a que son comunidades del área de influencia social.

140 Figura No. 5.3.13 Distribución de encuestados que han visitado o no un Proyecto Geotérmico



Por esta razón se estableció como una medida de control ambiental, organizar visitas guiadas a las comunidades del área de influencia social a los proyectos geotérmicos de la zona, ya que inclusive hay un 67.9% de los encuestados que desea visitar este tipo de proyectos.

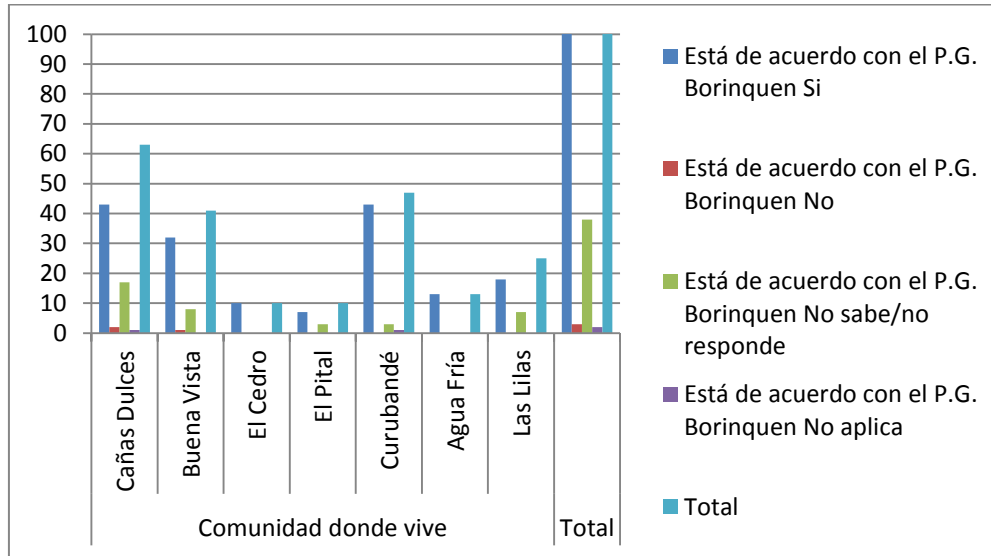
141 Figura No. 5.3.14 Distribución de la población de las comunidades de influencia directa que están interesadas en conocer el funcionamiento de un Geotérmico.



Actitud frente al proyecto

Con respecto a la pregunta: ¿Está de acuerdo con que se construya el Proyecto Geotérmico Borinquen? El 79.4% de los encuestados respondió que sí está de acuerdo con su construcción, frente a un 18.2% que respondió que no sabe o no respondió.

142 Figura No. 5.3.15 Posición de los encuestados en relación a si está o no de acuerdo con que se lleve a cabo el Proyecto Geotérmico en Borinquen.



5.3.5 Infraestructura Comunal

En el desarrollo de este apartado se lleva una caracterización de la infraestructura comunal con relación a Centros Educativos y de Salud, Iglesias, Plaza Deportiva, Guardia de Asistencia Rural, Salón Comunal, Caminos, Puentes, entre otros que pueden ser afectados por las actividades del proyecto.

A la vez de la percepción de la población sobre los potenciales impactos que puede generar el proyecto sobre la infraestructura comunal. Considerando lo expuesto “Guía general para la elaboración de instrumentos de evaluación de impacto ambiental”(Guía EIA), publicado número 85 del jueves 4 de mayo del 2006, que indica para este apartado se debe señalar de forma específica y detallada si el desarrollo del proyecto implica el desplazamiento de personas, familias o comunidades, en cuyo caso se debe hacer un inventario o censo de esos actores sociales y su opinión respecto a la situación que le plantea el proyecto.

Cabe destacar que para el presente proyecto, no es necesario el desplazamiento de personas, familias o comunidades.

Análisis de la infraestructura actual existente

En relación a la infraestructura actual existente se debe mencionar que el proyecto PG. Borinquen generará impactos directos o indirectos a centros educativos, centros de salud y sitios de recreación. Además, en algunos tramos de caminos o carreteras principalmente los relacionados con el transporte de materiales, equipo pesado y campamento, se realizarán algunas obras y actividades que demandan medidas de control ambiental, ya sean de prevención, mitigación, compensación que se han tomado en cuenta en relación al impacto a la infraestructura de carreteras y puentes.

Por tal motivo se llevó a cabo el siguiente trabajo con el objetivo de establecer cuáles son las condiciones existentes y las carencias que permita la eventual formulación de medidas de control ambiental para las comunidades.

Enlistando las siguientes comunidades

Curubandé

Distrito número 5 del cantón de Liberia ubicado al noroeste del mismo, esta comunidad presenta en su cuadrante principal: 1-calles asfaltadas, 2- escuela, 3-Guardia Rural, 4-Iglesia Católica, 5-Ebais, y 6-Parque.

166 Fotografía No. 5.3.21 Curubandé Calles asfaltadas - Escuela-Guardia Rural- Iglesia Católica



167 Fotografía No. 5.3.22 Curubandé – Ebais –Parque



Agua Fría

Caserío del distrito de Cañas Dulces, cuenta con un aproximado de 24 parcelas, asignadas por el IDA.

En la imagen siguiente se observa el salón comunal que es usado para el acopio de miel de abeja producida por la Asociación de Parceleros de Agua Fría.

Esta comunidad utiliza los servicios básicos de la comunidad de Curubandé.

168 Fotografía No. 5.3.23 Comunidad Agua Fría- Salón Comunal



EL Cedro

Poblado perteneciente al distrito de Cañas Dulces desarrollado entorno al camino que comunica Curubandé con Buenavista, su principal fuente de empleo es la agricultura y ganadería. La comunidad no cuenta con infraestructura comunal, si existe la toma de agua potable de abastecimiento de la comunidad administrado por una Asociación Administradora de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento (ASADAS).

169 Fotografía No. 5.3.24 Comunidad El Cedro Toma de Agua El Cedro



Cañas Dulces

Cabecera de Distrito N°02 del cantón N°1 de Liberia.

Esta comunidad presenta en su cuadrante principal: el colegio, el salón comunal, el EBAIS, la Delegación Policial, la Escuela, la plaza de deportes y el tanque de abastecimiento de agua potable.

El acceso principal desde la Carretera Interamericana al centro de Cañas Dulces se encuentra asfaltado, también del centro hasta la Comunidad de Buena Vista.

170 Fotografía No. 5.3.25 Comunidad de Cañas Dulces: Colegio - Salón comunal- Ebais - Delegación Policial- Iglesia católica – Parque,- Escuela



Buena Vista

Caserío localizado entre las localidades de Cañas Dulces y El Pital.

Se muestra a continuación Iglesia, la Escuela y el tanque de abastecimiento de agua potable, salón multiuso de la escuela, EBAIS y plaza de deportes.

171 Fotografía No. 5.3.26 Comunidad Buena Vista: Iglesia - Escuela Buenavista -Tanque agua potable ICAA - Salón Multiuso de la escuela- Ebais



5.3.6 Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular.

Red Vial

Descripción

Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces

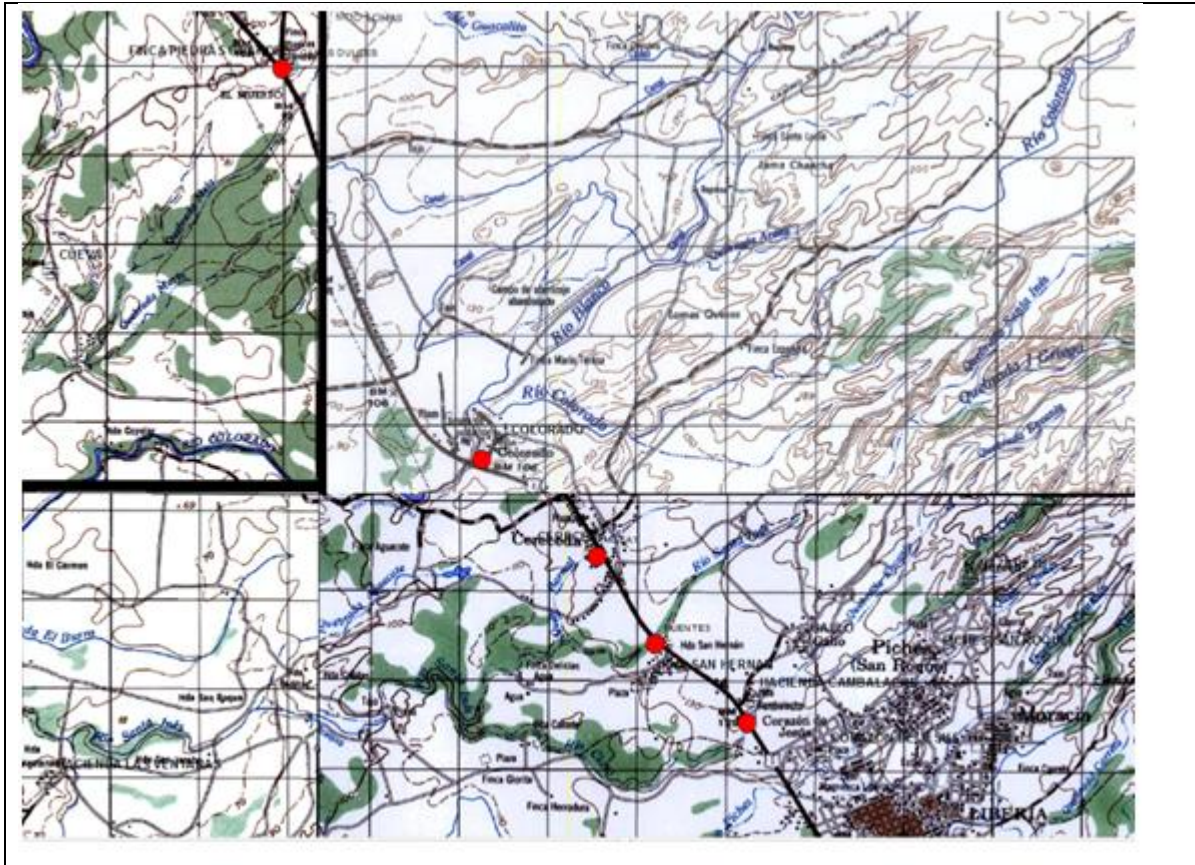
Liberia-Interamericana: La construcción del PG Borinquén demandara un uso moderado del tramo Liberia-Cañas Dulces ya que por ese tramo van a circular intermitentemente maquinaria pesada y vehículo liviano.

Corresponde a carretera nacional en la cual es intervenida por el MOPT, por medio de la oficina regional ubicadas en Liberia, la cual cuenta con la debida demarcación vial tanto vertical como horizontal. En las visitas efectuadas con motivos de este estudio, se pudo constatar la ejecución de trabajos de conservación vial.

La superficie de rodamiento es de asfalto, consta con dos carriles de aproximadamente 8 metros.

La demarcación, señalización horizontal y vertical existen a lo largo de este tramo. Las curvas horizontales que se presentan tienen un diseño que permite la visibilidad y maniobrabilidad de unidades de transporte de longitud considerable, similares a las que se requieren para las etapas de ejecución, operación y mantenimiento del proyecto. Las pendientes se puede caracterizar como leves.

143 Figura No. 5.3.16 Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial



Estructura y Pavimento

Aunque no existe modo de verificarlo visualmente ni está documentado, puede inferirse que la estructura subrasante y base es adecuada para su actual uso, considerando la edad de la obra y el buen estado de conservación.

La superficie de rodamiento consiste en una carpeta asfáltica en toda su longitud. Se notan tramo de la superficie que han sido recarpeteados parcial y completamente. Presenta un buen acabado.

Este tramo de la carretera cuenta en su mayoría con tramos rectos y largos, con curvas poco pronunciadas y pendientes leves.

172 Fotografía No. 5.3.27 Estructura y pavimento red vial. Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial



Puentes

Existen varios puentes en estructuras de concreto con un ancho de 8 metros aproximadamente.

Presentan superficie de rodamiento, aceras y barandas. La subestructura está construida en concreto y constan de un bastión en cada orilla que soportan vigas de concreto que abarcan toda la luz.

173 Fotografía No. 5.3.28 Puentes Tramo: Liberia-Interamericana- Intersección Cañas Dulces red vial



Drenajes

La vía presenta cunetas intermitentes frente a las industrias y algunas residencias. El agua corre paralelo a la vía por fincas y pasos de agua.

101 Cuadro No. 5.3.28 de características de la red vial de este tramo.

Distancia en metros	Asfalto	Lastre	Aceras	Cunetas (caños)
11000	11000	0	0	1500

Fuente: Área de Gestión de Riesgos, 2013.

Tramo de la intersección Interamericana- Cañas Dulces-Buenavista

Tramo de la intersección Interamericana y hasta Cañas Dulces: La construcción del Proyecto Geotérmico Borinquén demandara un uso moderado de este tramo, actualmente está circulando intermitentemente maquinaria pesada y vehículo liviano.

Corresponde a carretera nacional en la cual es intervenida por el CONAVI, por medio de la oficina regional ubicadas en Liberia.

En las visitas efectuadas con motivos de este estudio, se pudo constatar la ejecución de trabajos de conservación vial.

La superficie de rodamiento es de asfalto, consta con dos carriles de aproximadamente 7 metros.

La demarcación, señalización horizontal y vertical son intermitentes a lo largo de este tramo.

Las curvas que se presentan tienen un diseño horizontal que permite la visibilidad y maniobrabilidad de unidades de transporte de longitud considerable, similares a las que se requieren para las etapas de ejecución, operación y mantenimiento del proyecto.

Las pendientes se pueden caracterizar de leves pasando por moderadas en el poblado de Cañas Dulces a fuertes llegando a Buenavista.

Estructura y Pavimento

La evaluación se realizó en aspectos visuales; para la realización de este trabajo descriptivo no se efectuaron pruebas físicas de ingeniería, ni se hicieron evaluaciones de las condiciones estructurales o geotécnicas.

La superficie de rodamiento consiste en una carpeta asfáltica con una longitud 7700m aproximadamente hasta donde inicia la carretera en lastre. Se notan tramo de la superficie que han sido recarpeteados parcial y completamente. La carpeta presenta un buen grado de conservación y acabado

**174 Fotografía No. 5.3.29 Estructura y pavimento Tramo de la intersección Interamericana-
Cañas Dulces-Buenavista**



Puentes

Existen tres puentes, se tratan de estructuras de concreto que para establecer su nivel de servicio se recomienda hacer evaluaciones estructurales y geotécnicas. Cabe indicar que no existen pasos peatonales en dichos puentes.

**175 Fotografía No. 5.3.30 Puentes Tramo de la intersección Interamericana- Cañas Dulces-
Buenavista**

Puente N°1



Este puente se ubica sobre la Quebrada El Cielo 1km al norte de la entrada a Cañas Dulces. Como se observa en la imagen una de las barandas del puente está incompleta

Puente N°2.



Este puente se ubica sobre la Quebrada Cañas Dulces, la losa del puente presenta baches y la baranda metálica del puente está quebrada

Puente N°3.



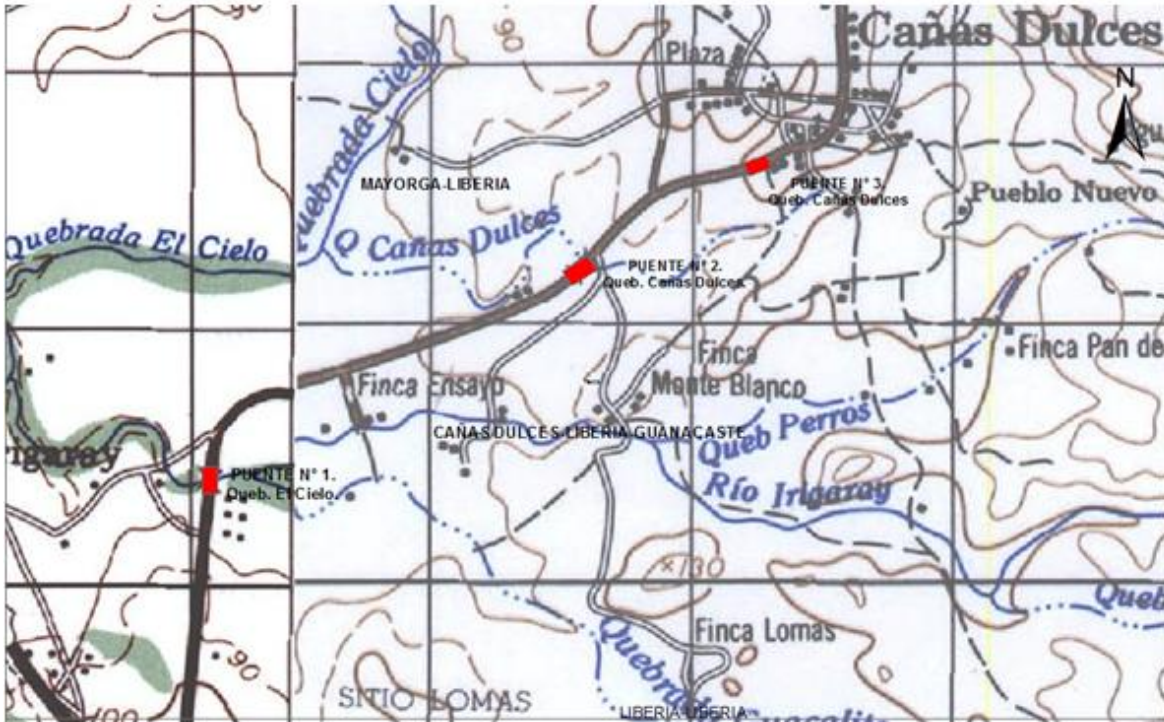
Fuente Área de Gestión de Riesgos, 2013.

Como se aprecia en la Fotografía que este puente no cuenta con barandas.

La estructura está construida en concreto y constan de un bastión en cada orilla que soportan vigas de concreto que abarcan toda la luz.

En la siguiente Figura se observa la ubicación de los tres puentes en Cañas Dulces.

144 Figura No. 5.3.17 Ubicación de puentes, Cañas Dulces. Fuente: 2013.



Fuente Área de Gestión de Riesgos

Drenajes

El agua corre paralelo a la vía por fincas y pasos de agua.

102 Cuadro No. 5.3.29 de características de la red vía de este tramo. Cañas Dulces

Distancia en metros	Asfalto	Lastre	Aceras	Cunetas (caños)
7700	7700	0	1700	300

Fuente Área de Gestión de Riesgos, 2013

Tramo Buena Vista-Hoteles

En este tramo está circulando intermitentemente maquinaria pesada y vehículo liviano.

Corresponde a una carretera distrital en la cual es intervenida por la Municipalidad del cantón de Liberia.

En las visitas efectuadas con motivos de este estudio, se pudo constatar la ejecución de trabajos de conservación vial que corresponden a limpieza de la maleza que se ubica al lado del camino.

La superficie de rodamiento es de lastre, consta con dos carriles de aproximadamente 9 metros.

La demarcación vertical es intermitente a lo largo de este tramo.

En algunos tramos las curvas horizontales que se presentan tienen poca visibilidad y maniobrabilidad para unidades de transporte de longitud considerable similares a las que se requerirán para la ejecución y mantenimiento del proyecto. Las pendientes se pueden caracterizar de moderadas a fuertes a la entrada de los Hoteles y mantiene esta condición hasta donde ubican las plataformas del Proyecto Geotérmico.

Estructura y Pavimento

La evaluación se realizó en aspectos visuales; para la realización de este trabajo descriptivo no se efectuaron pruebas físicas de ingeniería, ni se hicieron evaluaciones de las condiciones estructurales o geotécnicas. Según la evaluación visual puede inferirse que la estructura subrasante y sub-base es de lastre y se encuentra en buen estado de conservación.

La superficie de rodamiento consiste en lastre

Puentes

En este tramo solo existe el puente sobre el río Tizate denominado como N° 1 a aproximadamente 5 kilómetros al norte del centro de Buenavista, en este se permite el paso de un vehículo a la vez, con un ancho aproximado de 3 metros y una longitud aproximado de 5 metros.

Paralelo a este puente existe un vado para paso de equipo pesado como se observa en la Fotografía No. 5.3.31.

Cabe indicar que no existe paso peatonal en este puente.

176 Fotografía No. 5.3.31 puente río Tizate Tramo Buena Vista – Hoteles



145 Figura No. 5.3.18 Ubicación de puentes, Buenavista.



Fuente: Área de Gestión de Riesgos, 2013.

Drenajes

El agua corre paralelo a la vía por fincas y pasos de agua, utilizando zanjas para su evacuación o desfogue

103 Cuadro No. 5.3.30 de características de la red vial tramo Buena Vista-Hoteles

Distancia en metros	Cemento	Lastre	Aceras	Cunetas (caños)
5200	1300	3900	0	1300

Fuente Área de Gestión de Riesgos, 2013

Tramo Curubandé- El Cedro

En este tramo circula constantemente maquinaria pesada y vehículos livianos. Corresponde a una carretera distrital la cual es intervenida por la Municipalidad del cantón de Liberia.

En las visitas efectuadas con motivos de este estudio, se pudo constatar la ejecución de trabajos de conservación vial que corresponden a limpieza de la maleza que se ubica al lado del camino.

La superficie de rodamiento es de lastre, consta con dos carriles de aproximadamente 8 metros.

La demarcación vertical es intermitente a lo largo de este tramo. Las pendientes se pueden caracterizar de moderadas en un 80% del tramo a fuertes el restante 20% y esto aproximadamente hasta el cruce El Cedro-Buenavista.

Estructura y Pavimento

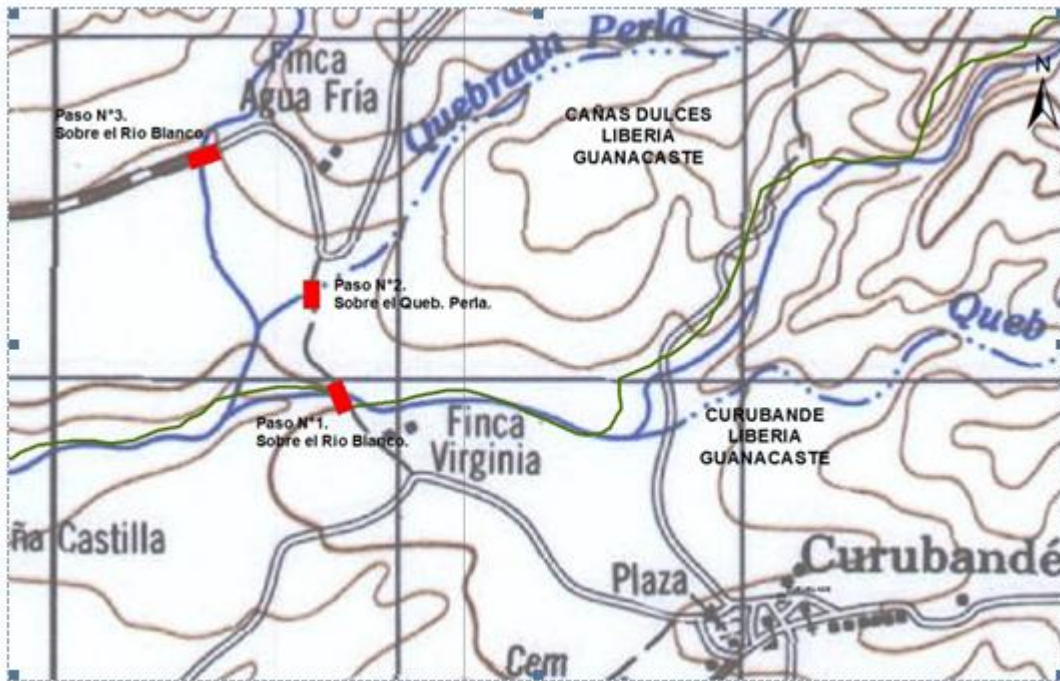
La evaluación se realizó en aspectos visuales; para la realización de este trabajo descriptivo no se efectuaron pruebas físicas de ingeniería, ni se hicieron evaluaciones de las condiciones estructurales o geotécnicas. Según la evaluación visual puede inferirse que la estructura subrasante y sub-base es de lastre y se encuentra buen estado de conservación.

La superficie de rodamiento consiste en lastre

Puentes

Existen pasos de agua, no así los puentes

146 Figura No. 5.3.19 Ubicación de pasos, tramo Curubandé – Agua Fría.



177 Fotografía No. 5.3.32 Vado sobre río Blanco Tramo Aguas Frías – Curubandé



Como se observa en la Fotografía No. 5.3.32, este paso de agua corresponde al paso N°1 según la Figura No. 5.3.19, sobre el río Blanco ubicado a 1.700 m al Noroeste de Curubandé en el límite distrital entre este mismo distrito y el distrito de Cañas Dulces. En este sitio solo se cuenta con un puente peatonal en muy mal estado.

178 Fotografía No. 5.3.33 Corresponde al paso de agua N°2, sobre la Quebrada Perla, afluente del río Blanco ubicada a 400 metros al Norte de Curubandé en dirección a Agua Fría distrito de Cañas Dulces.



179 Fotografía No. 5.3.34 El paso N°3, corresponde al ubicado a 300 m aproximadamente al oeste del poblado de Agua Fría.



Drenajes

El agua corre paralelo a la vía por fincas y pasos de agua, utilizando zanjas para su evacuación o desfogue.

104 Cuadro No. 5.3.31 de características de la red vial de este tramo Curubandé- El Cedro

Distancia en metros	Asfalto	Lastre	Aceras	Cunetas (caños)
9400	0	9400	0	0

Fuente: Área de Gestión de Riesgos, 2013.

Tramo Camino los Coyotes- El Cedro

En este tramo el paso de vehículos en general es mínimo. Corresponde a una carretera habilitada por el ICE, inicia desde la unión con la Carretera Interamericana para la construcción de torres de telecomunicación ubicadas en el cerro Brisas y el mantenimiento lo da la Municipalidad del cantón de Liberia.

En las visitas efectuadas con motivos de este estudio, se pudo constatar la ejecución de trabajos de conservación vial que corresponden a limpieza de la maleza que se ubica al lado del camino.

La superficie de rodamiento es de lastre, consta con dos carriles de aproximadamente 8 metros.

Este tramo no cuenta con demarcación vial.

Estructura y Pavimento

La evaluación se realizó en aspectos visuales; para la realización de este trabajo descriptivo no se efectuaron pruebas físicas de ingeniería, ni se hicieron evaluaciones de las condiciones estructurales o geotécnicas. Según la evaluación visual puede inferirse que la estructura subrasante y sub-base es de lastre y se encuentra buen estado de conservación.

La superficie de rodamiento consiste en lastre con un ancho aproximado de 7 metros y se encuentra en muy buenas condiciones.

Existen pasos de agua en excelente estado para el paso de vehículos

180 Fotografía No. 5.3.35 Tramo Camino los Coyotes- El Cedro



Puentes

En este tramo no existen puentes.

Drenajes

El agua corre paralelo a la vía por fincas y pasos de agua, utilizando zanjas para su evacuación o desfogue.

181 Fotografía No. 5.3.36 Paso de aguas tramo Camino los Coyotes- El Cedro



105 Cuadro No. 5.3.32 de características de la red vial tramo Camino los Coyotes- El Cedro

Distancia en metros	Asfalto	Lastre	Aceras	Cunetas (caños)
8000	0	8000	0	0

Fuente: Área de Gestión de Riesgos, 2013.

Aspectos geotécnicos generales en los anteriores tramos

En la inspección visual que se realizó a lo largo de los caminos de acceso al área del proyecto, se observó que en general, la topografía de la zona es casi siempre plana, por lo que los caminos de acceso al proyecto poseen una pendiente de leve a moderada.

Debido a las condiciones topográficas, no se identificaron taludes, que por su altura o condición de los materiales, pongan en riesgo el acceso por estos caminos. Dada esta condición, se descarta el riesgo por colapso o deslizamiento del material que conforma los taludes. Además, la condición climática, característica de la zona, propicia un buen comportamiento de los materiales.

Se observó que en la mayor parte de los caminos, existen drenajes naturales a través de los cuales se conduce el agua. En muy pocos tramos, se observaron cunetas. En algunos caminos de lastre no se identificó un bombeo adecuado que permita que las aguas se dirijan hacia los lados, ya sea hacia la cuneta o hacia el drenaje natural.

182 Fotografía No. 5.3.37 Ejemplo de los drenajes a los lados de los caminos.



Existe un manejo adecuado de los pasos de agua, ya sea por medio de puentes o alcantarillas.

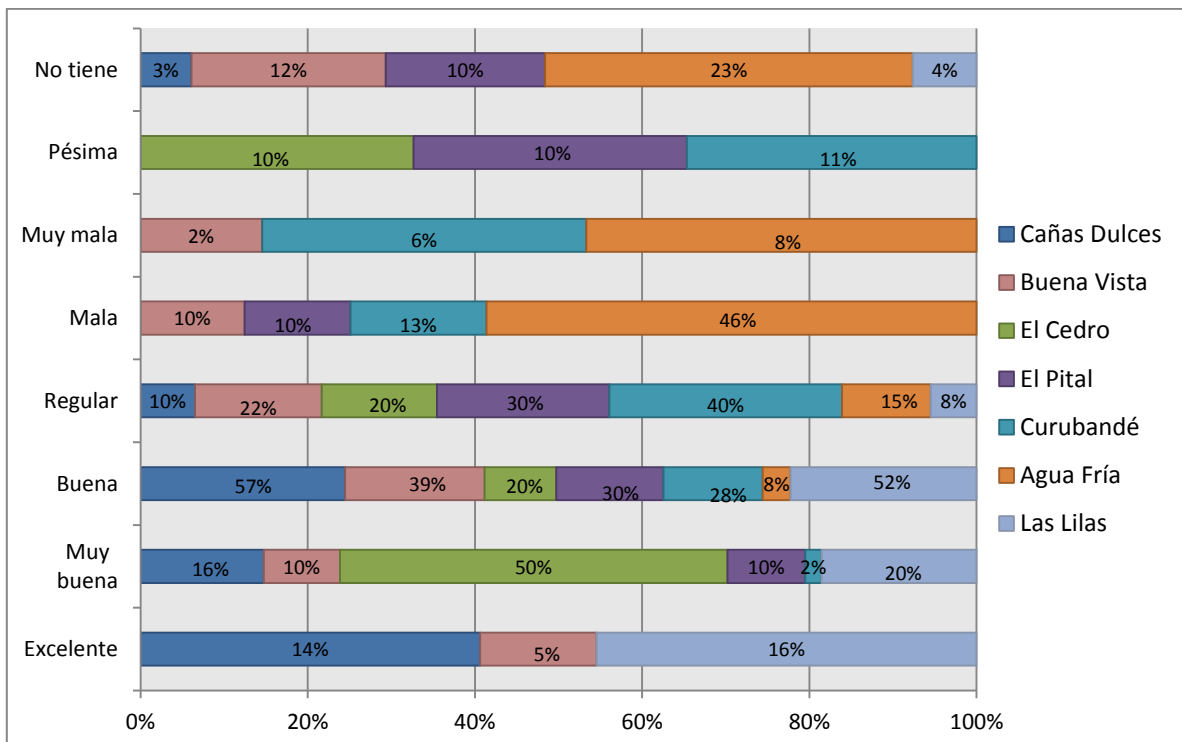
5.3.7 Servicios básicos disponibles

Las comunidades identificadas en el área de influencia social cuentan en su mayoría a excepción de Parcelas de Santa María de los servicios básicos tales como electricidad y agua potable, sin embargo la calidad de los servicios es muy variable.

En este sentido las comunidades que gozan de mejores condiciones en los servicios básicos disponibles son Cañas Dulces, Buena Vista y Curubandé. Sin embargo, comunidades como Agua Fría y San Jorge sufren de problemas en cuanto al servicio de agua potable por deficiencias en la infraestructura existente y la ausencia de inversión estatal en este aspecto.

Situación que se comprueba con los resultados de la consulta en la encuesta de percepción respecto a la prestación del servicio de agua potable, donde la comunidad de Agua Fría concentra principalmente sus opiniones en muy mala, mala y regular; situación diferente para la comunidad de Cañas Dulces donde la mayoría de los consultados catalogan el servicio como excelente o muy bueno. Anexo No. 5.3.1.

147 Figura No. 5.3.20 Percepción de la población de la calidad de prestación de servicio de agua potable.



Fuente: Encuestas de percepción, 2012.

Otro de los problemas expresados por los vecinos de las comunidades de San Jorge y Las Lilas es las fallas constantes en el servicio de electricidad, ya que el

servicio no es continuo. Así mismo es importante considerar que las comunidades de El Cedro y Las Lilas demandan urgentemente tener acceso a los servicios de telecomunicaciones ya que en estas comunidades no existe el servicio de telefonía pública ni residencial.

Respecto al tema de salud se cuenta con el servicio por medio de los EBAIS, el cual los vecinos consideran que no es suficiente para la cantidad de población y la atención se realiza en su mayoría una o dos veces por semana, sumado a la dificultad de trasladarse a retirar medicamentos hasta el centro de Liberia. En el periodo de realización del estudio se identificó la siguiente información del servicio de salud en las comunidades:

106 Cuadro No. 5.3.33 Servicio de EBAIS en las comunidades de influencia social del P.G. Borinquen 2012.

Comunidad	Encargado/a	Contacto	Horario del servicio
EBAIS Cañas Dulces	Dra. Alejandra López	26910044 Ebais2012@hotmail.com Ebaiscd. facebook	Días: Lunes, martes, jueves y viernes Horario: 7 am – 4 pm Pacientes atendidos: 30 - 35
EBAIS Buenavista	Dra. Alejandra López	26910594	Días: Miércoles Horario: 7 am – 4 pm Pacientes atendidos: 30
EBAIS Curubandé	Dr: Carlos Murillo	No se registro	Días: Miércoles Horario: 7 am – 4 pm Pacientes atendidos: 30
EBAIS Quebrada Grande	Dr: Cristian Angulo Jauberth	No tiene teléfono	Días: Martes y jueves Horario: 8:30 am – 2:30 pm Pacientes atendidos: 30

Fuente: Elaboración propia, 2012.

En el aspecto del servicio de transporte público como se mencionó anteriormente es bastante limitado en algunas comunidades, lo que implica que los vecinos tengan que desplazarse a pie, así como los estudiantes a los centros educativos.

Los servicios existentes en el periodo de estudios son los siguientes:

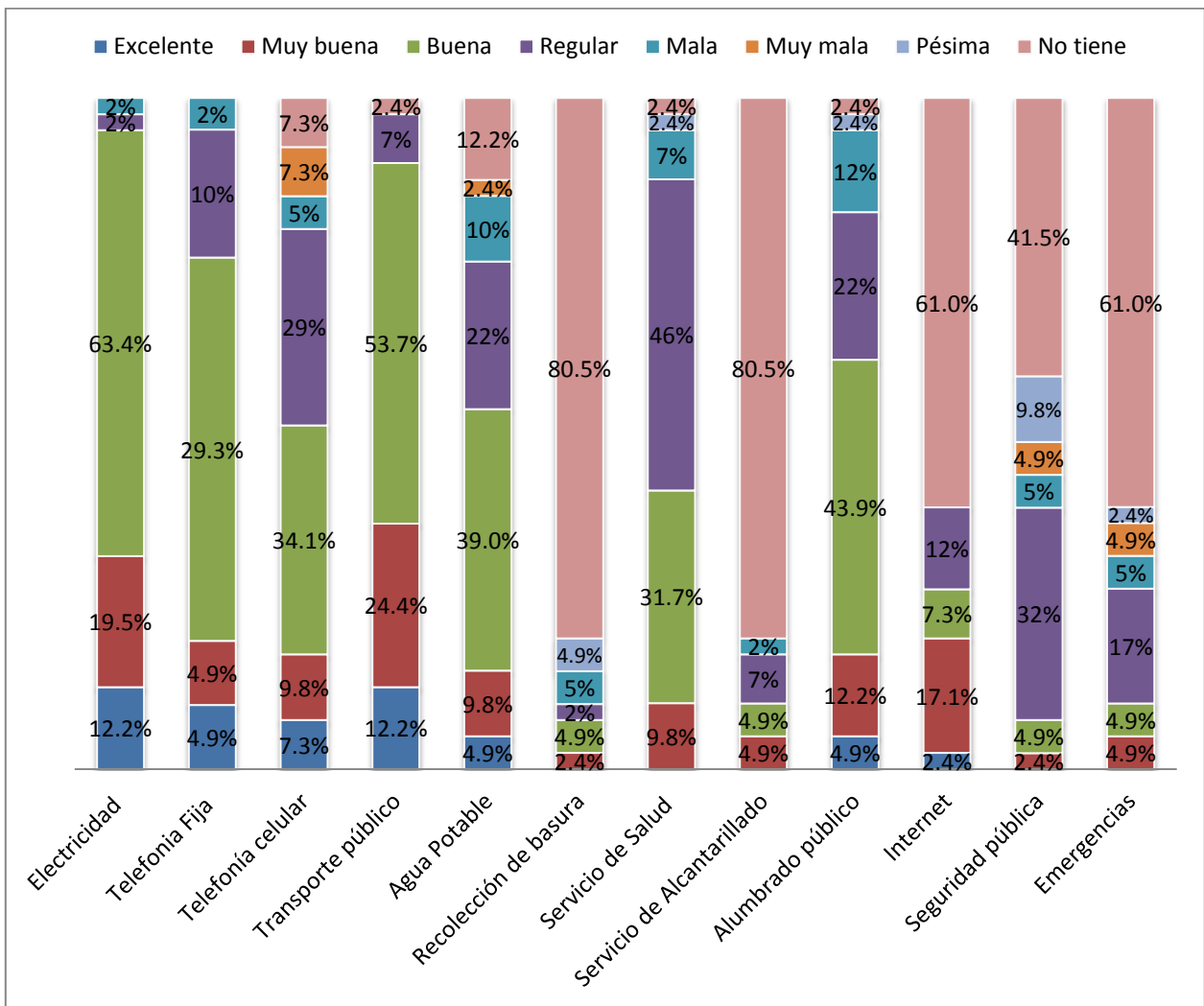
107 Cuadro No. 5.3.34 Servicio de transporte público comunidades, 2012.

Rutas	Horario	Encargado
Cañas Dulces- Buenavista/Liberia	Cañas Dulces-Liberia: Am: 5:45, 6:10, 6:20, 7:45, 9:45, 11:15. Pm: 12:45, 2:45, 3:15, 4:15, 5:15, 6:15, 9:15. Liberia-Cañas Dulces: Am 5:30, 7:00, 9:00, 10:30, Pm: 12:00, 2:00, 3:30, 5:30, 6:30, 8:30, 10:20.	TRANBASA (Transportes liberianos del norte S.A.) Teléfono 26660517 www.grupotranbasa.com
Curubandé/Liberia	Curubandé-Liberia: 5:45 am 8 am, 1:15 pm Liberia-Curubandé: AM: 6:40 12 mediodía PM: 5	TRANBASA (Transportes liberianos del norte S.A.) Teléfono 26660517 www.grupotranbasa.com
Quebrada Grande / Liberia.	Quebrada Grande -Liberia: AM: 5, 7, 8:30 Liberia –Quebrada Grande: 12 m, 2 pm, 4 pm, 6 pm. Directo a Las Lilas: Liberia- Las Lilas 12 m Las Lilas -Liberia: 3 pm	Julio Guido Guido Teléfono: 26650609

Fuente: Elaboración propia, 2012.

Resultados relevantes en cuanto a la percepción de la población de las comunidades consultadas en aspectos de infraestructura comunal existente, que concuerda con lo descrito anteriormente. Tal como se detalla en las siguientes figuras:

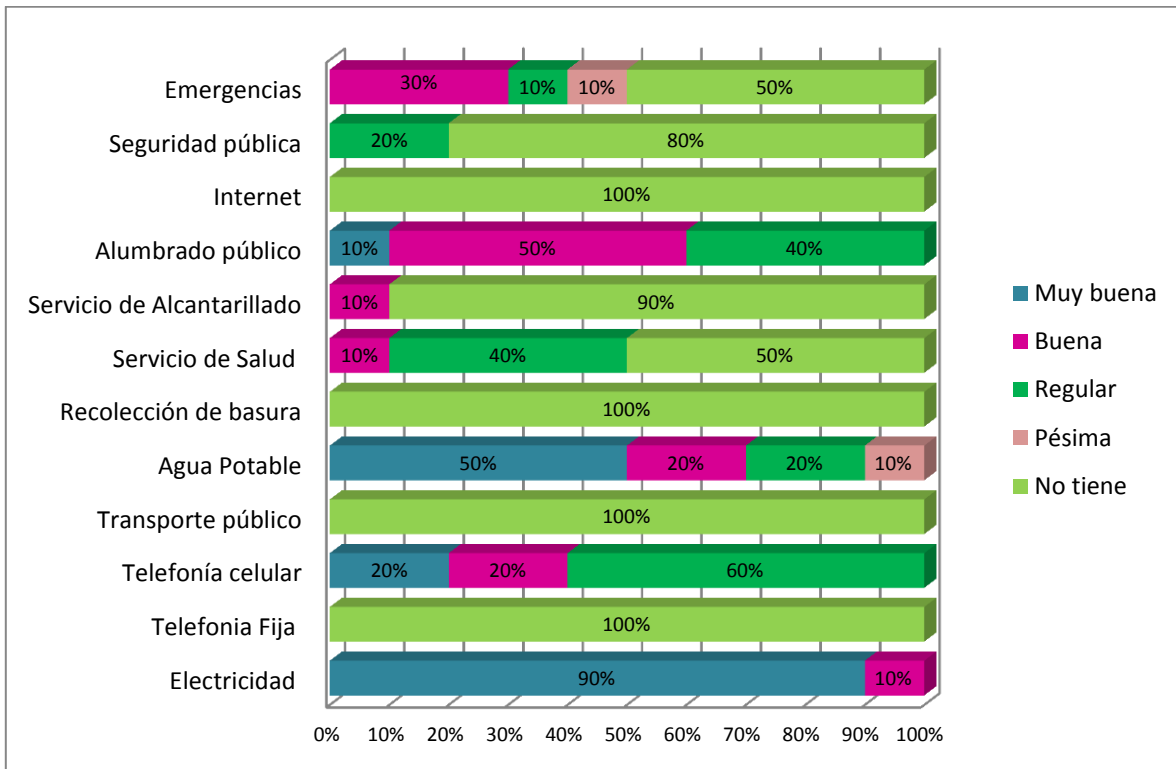
148 Figura No. 5.3.21 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Buena Vista.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

La comunidad de Buena Vista destaca que los servicios de electricidad, telefonía fija, celular, agua potable, transporte público y alumbrado público con buenos; mientras que sus pobladores indicaron no contar con los servicios de alcantarillado, emergencias, internet y recolección de basura en su comunidad.

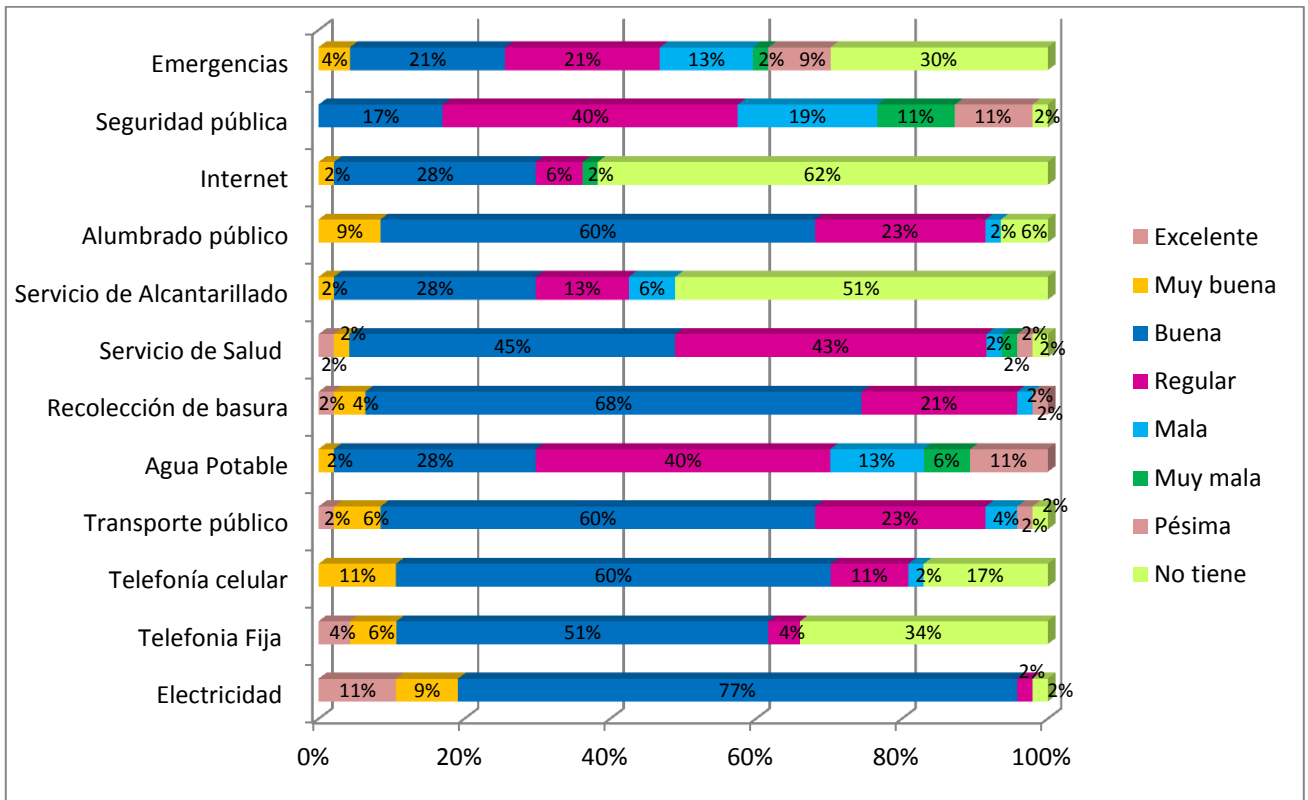
149 Figura No. 5.3.22 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de El Cedro.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

El Cedro, considera que los servicios de electricidad y agua potable tienen una calidad muy buena; sin embargo evidencia la ausencia en la comunidad de servicios como emergencias, seguridad pública, internet, alumbrado público, alcantarillado, salud, transporte y telefonía. Situación que afecta la calidad de vida de los pobladores y les obliga a desplazarse a comunidades cercanas a demandar los servicios.

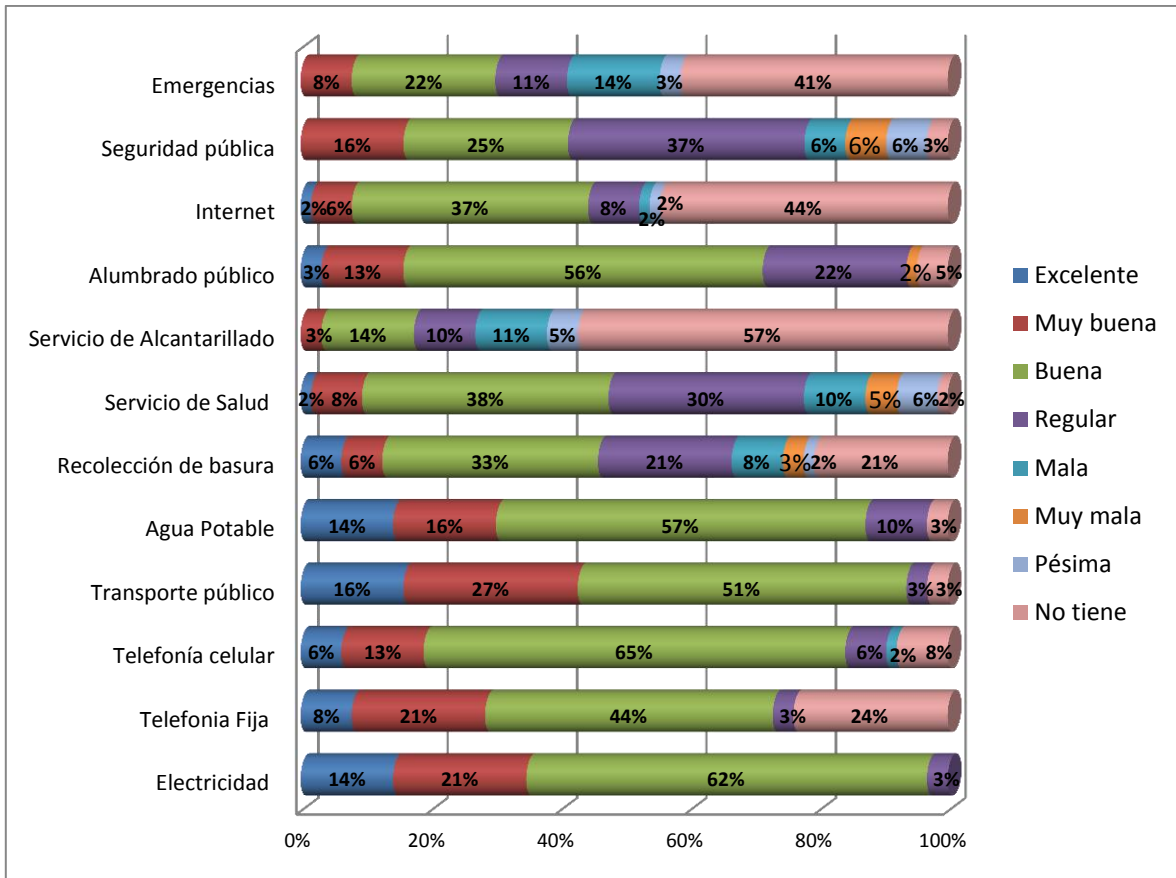
150 Figura No. 5.3.23 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Curubandé.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

Las principales deficiencias que manifestaron los encuestados en la comunidad de Curubandé tienen que ver con la percepción de ausencia de los servicios como emergencias, internet y alcantarillado. Además consideran que el servicio prestado en salud y agua potable es regular, rescatando que la prestación de los servicios de electricidad, recolección de basura, alumbrado público, transporte público, telefonía celular y fija son buenos.

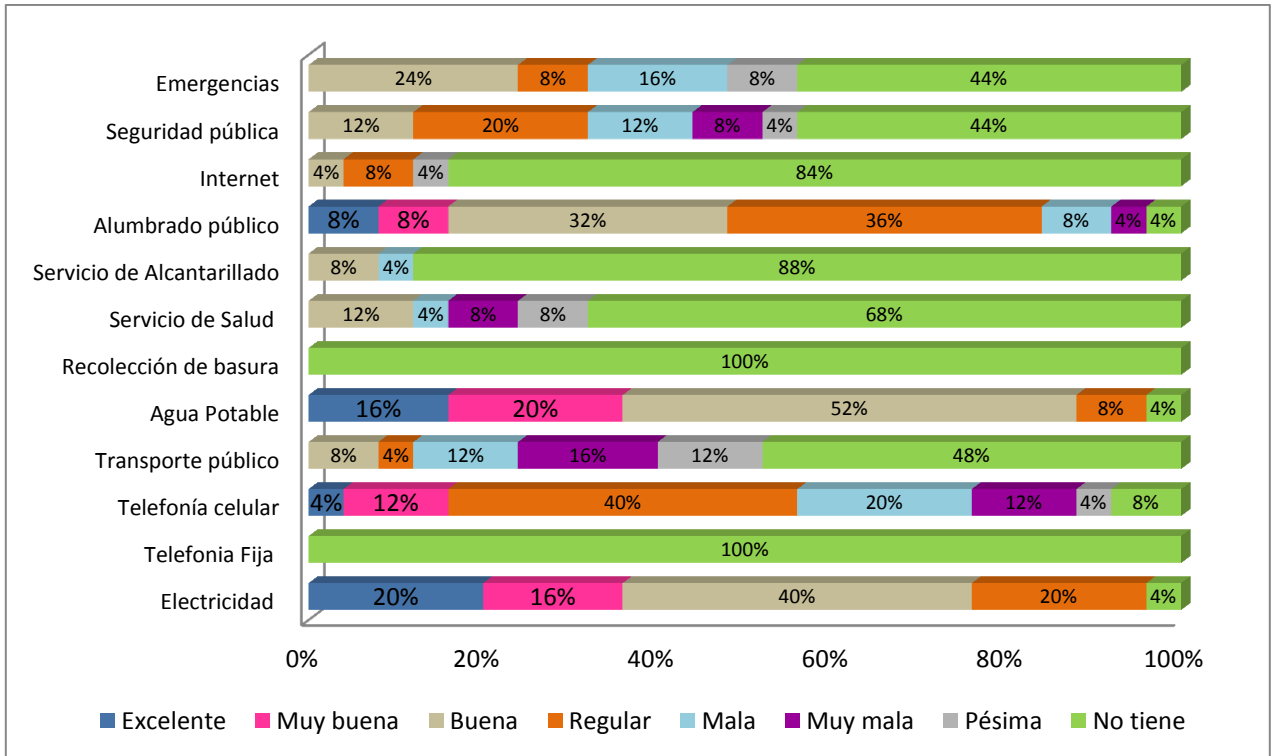
151 Figura No. 5.3.24 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Cañas Dulces.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

La comunidad de Cañas Dulces, presentando mejor estructura organizativa y siendo la cabecera del distrito también presenta deficiencias en los servicios como emergencias, internet, alcantarillado, recolección de basura, ya que los entrevistados manifestaron en su mayoría que el servicio no lo tiene. Servicios como electricidad, telefonía, agua potable y alumbrado público los resaltan como buenos, contribuyendo al bienestar de la comunidad.

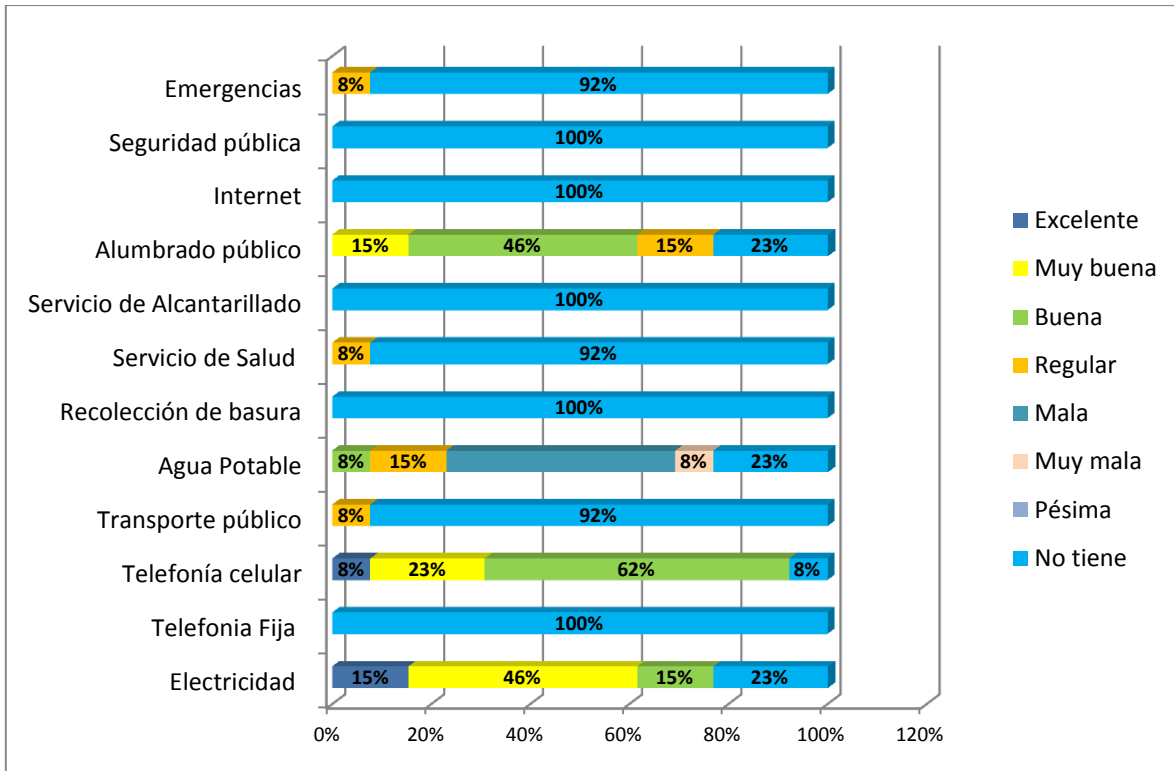
152 Figura No. 5.3.25 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Las Lilas.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

Las Lilas, identifica como una fortaleza el servicios de agua potable recibido, así como el servicio eléctrico. Pero sus mayores deficiencias se concentran en servicios de telefonía, internet y recolección de basura; este último está muy relacionado con la lejanía de la comunidad y el mal estado del camino.

153 Figura No. 5.3.26 Percepción de la existencia y calidad de los servicios básicos, comunidad de Agua Fría.



Fuente: Encuestas de percepción local, 2012.

La comunidad de Agua Fría, por su cercanía al centro de Curubandé muchos de los servicios son demandados de los pobladores ahí, sin embargo ellos como comunidad no los tienen de manera independiente por esta razón las personas consultadas identificaron que no tienen los servicios de seguridad pública, emergencias que tampoco Curubandé tiene, internet, telefonía pública así como transporte público que está limitado por el paso del río Blanco donde actualmente no hay puente. Esta comunidad prácticamente manifestó que la prestación de los servicios consultados su prestación en la comunidad es inexistente, rescatando un poco electricidad, telefonía celular y alumbrado público.

5.3.8 Servicios de emergencias disponibles

Están ubicados en Liberia centro, se cuenta con Comité de Cruz Roja, Cuerpo de Bomberos y el Hospital Enrique Baltodano Briceño. En caso de un evento extremo y saturación de los recursos se cuenta con el Hospital de La Anexión en Nicoya, la Cruz Roja y los bomberos de Bagaces y Cañas.

108 Cuadro No. 5.3.35 Servicios de emergencias disponibles

Entidad	Encargado	Teléfono	Horario de atención
Delegación Policial de Liberia	Intendente Ronald Álvarez Guzmán	26650609 26660213	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: 8 am – 4 pm
Oficina Regional de Transito	Oscar Angulo Rodríguez	26663978	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: 8 am – 4 pm
Bomberos Liberia	Hanz Figueroa Sandoval	26660279	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: 8 am – 5 pm
Cruz Roja Liberia	Minor Umaña Vado Ángel Gómez Sabala Mario Calvo González	26666994 26667666	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: 8 am – 5 pm
Ministerio de Salud Liberia	Dr. Mario Calvo González	26650308	De Lunes a Viernes de 8am a 4 pm.
Guardia de Asistencia Rural Cañas Dulces	Santiago Miranda Abarca	26910554	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: Lunes a lunes: 6am-6pm
Guardia de Asistencia Rural Curubandé	Marjorie Contreras Castro y Juan Luis Alvarez Cortés	Comunicación por radio	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: Lunes a lunes: 6am-6pm
Guardia de Asistencia Rural Quebrada Grande	Carlos Sandí Segura	26918036	Horario operativo: 24 horas Horario administrativo: Lunes a lunes: 6am-6pm

Fuente: Elaboración propia.

5.3.9 Áreas socialmente sensibles

Para efectos de desarrollar el apartado, referente a las áreas socialmente sensibles, se elaboró un mapa en cual se incorporaron tres tipos de sensibilidades a partir de las investigaciones realizadas (alta, media y baja) en relación con el Proyecto Geotérmico Borinquen.

Entendiéndose que la sensibilidad social su nivel dependerá del grado de debilitamiento de los factores que componen la estructura social de las comunidades circundantes al proyecto, originada por la intervención en las comunidades establecidas en el área de influencia del proyecto.

Sensibilidad alta: área de sinergia y efecto acumulativo de una o varias acciones del proyecto, que ejerzan presión sobre factor socioambientales del entorno de manera directa, a corto, mediano y largo plazo. Así como demanda de servicios básicos.

Sensibilidad media: áreas de afectación temporal en el corto o mediano plazo de la duración del proyecto. Entiéndase sitios que por su proximidad a los frentes de construcción o por alteración al medio social son afectados; ya sea por el cambio en rutas de acceso y caminos por distintas externalidades, así como áreas en las que se genera demanda de bienes y servicios para la atención del personal del proyecto.

Sensibilidad baja: áreas alternativas para el acceso a las obras del proyecto, comunidades con afectación indirecta.

109 Cuadro No. 5.3.36 Áreas socialmente sensibles

Cantón	Distrito	Comunidades	Sensibilidad Alta	Sensibilidad Media	Sensibilidad Baja
Liberia	Cañas Dulces	Cañas Dulces		x	
		Buenavista	x		
		El Cedro	x		
		El Pital	x		
		Las Lilas		x	
	Curubandé	Curubandé centro	x		
		Agua Fría	x		
	Mayorga	Quebrada Grande			x
		Los Ángeles			x
	Liberia	Liberia centro			x
Bagaces	Mogote	San Jorge			x

5.3.10 Estrategia de comunicación, consulta y participación social. Anexo No. 5.3.2 (Informes de resultados de la I y II etapa)

Ante la necesidad de establecer una comunicación adecuada con los grupos de interés del P.G. Borinquen en las diferentes fases y basado en la interpretación de la Comunicación Ambiental, se contempla para este proyecto la Estrategia de Comunicación, Consulta y Participación Social propuesta para las fases de factibilidad, construcción y operación con la implementación de actividades en la factibilidad necesarias para realizar el EsIA, que aportarán la información requerida para validar los impactos, medidas de manejo ambiental, control y seguimiento con los diferentes grupos de interés.

Objetivo general: Contribuir a la implementación de procesos de comunicación que favorezcan la participación de los grupos de interés local, regional y nacional en las actividades que aporten a la viabilidad socioambiental, construcción y operación del Proyecto Geotérmico Borinquen. Ver Cuadro No. 8.2.1, del PGA.

Objetivos específicos

- a. Realizar un diagnóstico e identificar los grupos de interés con su perfil socio demográfico, en cada una de las áreas de influencia del proyecto.
- b. Construir una línea base del plan de comunicación para cada una de las fases del proyecto que genere credibilidad y confianza en los procesos.
- c. Definir una metodología para el proceso de comunicación, consulta y participación en la fase de factibilidad para el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) a través de un proceso de formación y participación.
- d. Mejorar las condiciones de cogestión, facilitando el desarrollo de competencias comunicacionales con el personal técnico en campo, así como con los líderes comunitarios corresponsables de impulsar procesos participativos y de vigilancia (validar la estrategia de comunicación con la participación de líderes locales y los promotores).
- e. Documentar impactos socioambientales y medidas de control ambiental propuestas para su respectivo análisis e incorporación en el EsIA, en conjunto con el área social.
- f. Aportar a la construcción de alianzas estratégicas con autoridades y actores identificados para articular la sostenibilidad social, institucional y de las organizaciones comunitarias.

Incluye además lineamientos para mantener una comunicación de doble vía en las siguientes fases que permitan mantener un mensaje coherente y unificado para evitar los conflictos o atender adecuadamente los que se presenten.

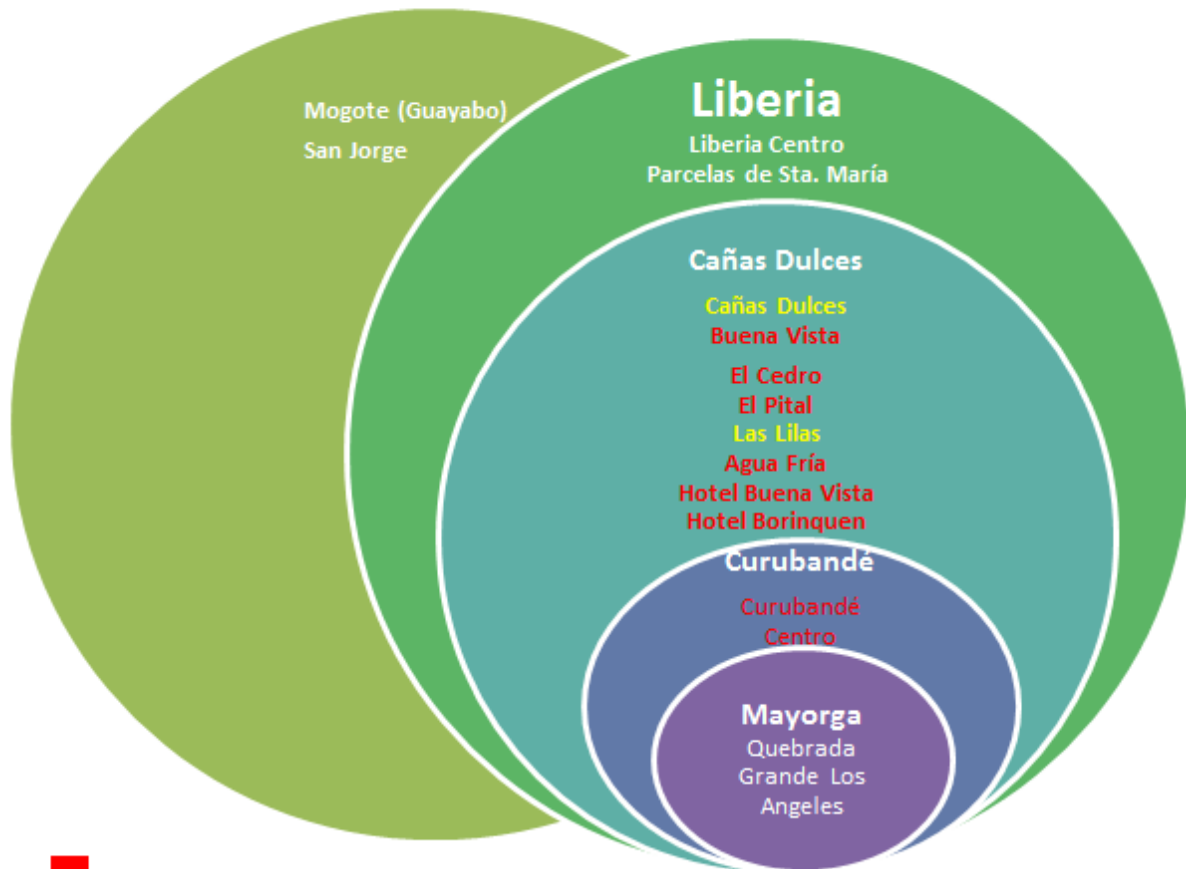
Entorno social y diagnóstico

El área de influencia social del Proyecto Geotérmico Borinquen se ubica entre los cantones de Liberia y Bagaces de Guanacaste, donde se han realizado otros proyectos de esta naturaleza, lo cual no lo exime de la inserción en el componente de desarrollo que se potencia de fuentes renovables energéticas, los cuales en su contexto tiene proceder histórico en cuanto al actuar institucional en la región.

Al ser un proyecto más del ICE, como lo son hoy las plantas Geotérmicas Miravalles y Las Pailas, así como el Solar Guanacaste y otros privados, cuenta con un antecedente que fortalecerá los aspectos positivos y a su vez requerirá responder a los pendientes de otros asociados a futuro.

Sin embargo la estrategia busca establecer el ambiente apropiado para plantear el nuevo proyecto y realizar la consulta pública a los grupos de interés en el área de influencia, según la sensibilidad social, de acuerdo al mapeo de actores realizado por el grupo social del EsIA del proyecto, ver la Figura No. 5.3.27, y que se conforma de la siguiente manera:

COMUNIDADES DEL ÁREA DE INFLUENCIA POR SENSIBILIDAD SOCIAL



Sensibilidad Alta (Letra Roja): efecto acumulativo, o cuyas condiciones iniciales se modifican irreversiblemente



Sensibilidad Media (Letra Amarilla): impactos directos o indirectos debido a la afectación temporal en un plazo corto o medio de la duración del proyecto.



Sensibilidad Baja (Letra blanca): frecuencia de uso de la red vial por tránsito puntual y/o intermitente. Así como áreas en las que se genera demanda de bienes y servicios temporales y puntuales, que no modifican la dinámica socioeconómica.

155 Figura No. 5.3.28 Actores sociales y grupos de interés

ACTORES SOCIALES Y GRUPOS DE INTERÉS



De forma táctica e integral la estrategia establece tres procesos a desarrollar en los diferentes momentos que permiten mantener una relación constante con los actores, basada en el cumplimiento de las normas institucionales y de participación ciudadana que garanticen el respeto e involucramiento de los diferentes grupos sociales.

El proceso de Comunicación, Consulta y Participación Social planifica y desarrolla estrategias que permitan canalizar de manera bidireccional la información de la gestión socioambiental que realiza la organización, hacia y con los públicos internos y externos que poseen una relación directa o indirecta con el Proyecto en tres fases:

156 Figura No. 5.3.29 Proceso Comunicación, Consulta y Participación



Para la obtención de la viabilidad ambiental se realiza el EsIA analizando los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos, con el fin de determinar los posibles impactos ambientales así como sus respectivas medidas de prevención, compensación y/o mitigación. Estos impactos y medidas deben ser consultados con las comunidades del área de influencia junto a otros actores sociales (grupos de interés) a fin de consensar que aquellas medidas a aplicar sean del parecer de todas las partes.

La primera etapa de este proceso de comunicación, consulta y participación se efectuó en el mes de setiembre del 2012 entre los días 6 y 24, ver el Cuadro No. 5.3.37. En esa ocasión se efectuaron 10 reuniones con las diferentes comunidades del área de influencia social del proyecto de la siguiente manera

110 Cuadro No. 5.3.37 Programa de reuniones de la 1ª etapa proceso comunicación, consulta y participación.

Comunidad	Fecha	Asistentes	Lugar	Hora
Buena Vista	06/09/2012	54	Salón Comunal	6:00 PM
El Cedro	11/09/2012	30	Terreno ASADA	5:30 PM
Agua Fría	12/09/2012	20	Salón Comunal	3:00 PM
Cañas Dulces	13/09/2012	32	Liceo Cañas Dulces	6:30 PM
Las Lilas	26/09/2012	31	Salón Comunal	3:00 PM
Curubandé	27/09/2012	27	Salón Comunal	3:00 PM
Los Ángeles	09/09/2012	25	Iglesia	3:30 PM
Quebrada Grande	10/09/2012	21	Salón de actos escuela	6:00 PM
San Jorge	23/09/2012	9	Escuela	2:00 PM
Parcelas de Santa María	24/09/2012	22	Escuela	2:00 PM

Los encuentros fueron planificados de la siguiente manera:

- Registro de los participantes.
- Agradecimiento a las y los participantes de la actividad.
- Desarrollo de las siguientes temáticas:
 - La producción de energía eléctrica en Costa Rica (oferta y demanda)
 - Introducción a producción de energía geotérmica
 - ¿Qué es el EsIA?
 - ¿Qué son impactos ambientales y medidas de Control Ambiental?
 - Proceso de participación de las comunidades
 - Espacio para consultas y/o dudas. Ver Anexo No. 5.3.2 (informe con los resultados de la primera y segunda fase). Para las etapas constructiva y operativa se realizará el correspondiente seguimiento cuando implementen las actividades.
 - Aplicación de instrumento de evaluación de los talleres

183 Fotografía No. 5.3.38 Reunión en la comunidad Buena Vista (1ª etapa)



184 Fotografía No. 5.339 Reunión Comunidad Agua Fria (1ª etapa)



La segunda etapa de este proceso de comunicación, consulta y participación se efectuó en el mes de enero del 2013 entre los días 15 y 17, ver el Cuadro No.

5.3.38. En esa ocasión se efectuaron 3 reuniones con las diferentes comunidades del área de influencia del proyecto de la siguiente manera

111 Cuadro No. 5.3.38 Programa de reuniones de la 2ª etapa Proceso Comunicación, Consulta y Participación.

Comunidad	Fecha	Asistentes	Lugar	Hora
Curubandé y Agua Fría	15-1-2013	61 personas (47 comunidad).	Salón comunal de Curubandé	6:00 p.m.
Las Lilas	16-1-2013	39 personas (29 comunidad).	Salón de actos escuela Las Lilas	3:00 p.m.
Buena Vista, El Cedro, El Pital y Cañas Dulces	17-1-2013	51 personas (41 comunidad)	Salón comunal de Buena Vista	6:00 p.m.

La agenda de las reuniones fue la siguiente:.

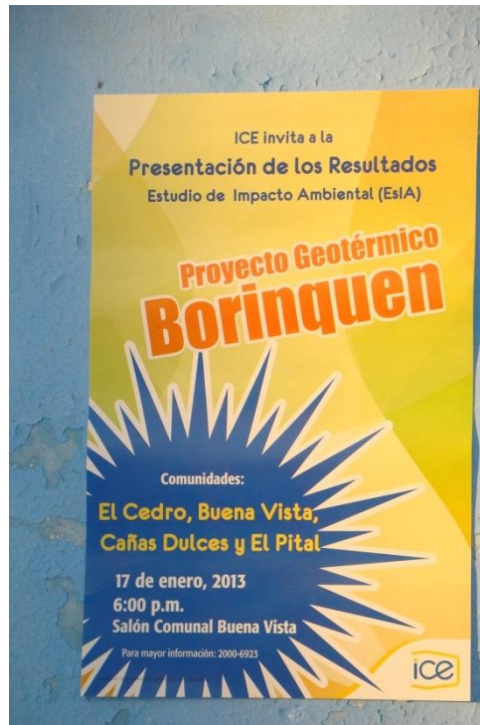
- Registro de firmas en la mesa de bienvenida
- Desarrollo de la exposición:
 - Saludo inicial y presentación de equipo de gestión socioambiental. Maritza Rojas
 - Repaso de características generales del P.G. Borinquen y los pasos de la elaboración del EsIA. Maritza Rojas
 - Presentación de impactos y medidas de control ambiental. Maritza Rojas y Marcela Gamboa
 - Espacio de consultas y comentarios
 - Refrigerio.

La presentación de los impactos se realizó por grupos, las comunidades se integraron por relaciones y medio impactado. Se presentaron en cada reunión, los impactos generales más significativos con sus respectivas medidas de control ambiental para cada una de las etapas: construcción y operación, así como los sistemas de transmisión y distribución en los medios físico, biótico y socioeconómico a través de información impresa integrada.

185 Fotografía No. 5.3.40 Reunión Comunidad Las Lilas (2ª etapa)



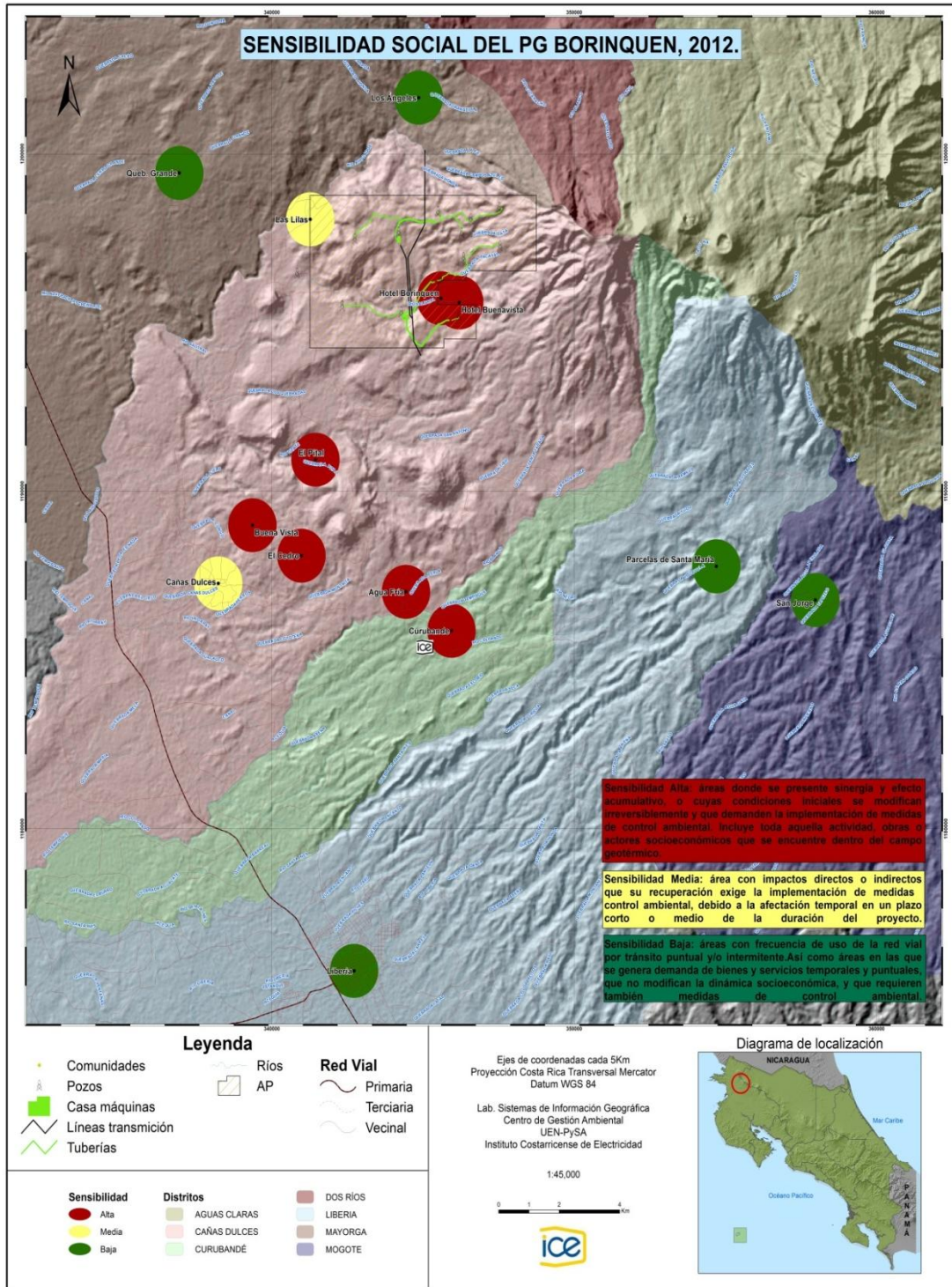
186 Fotografía No. 5.3.41 Volante de invitación o convocatoria para la reunión con las Comunidades: El Cedro, Buena Vista, Cañas Dulces y El Pital (2ª etapa) el cual pegado en sitio frecuentados por las habitantes de esas comunidades.



En el Anexo No. 5.3.2 se integra a este documento los informes con los resultados de la primera y segunda fase. Para las etapas constructiva y operativa se realizarán el correspondiente seguimiento cuando implementen las actividades.

5.3.11 Mapa de áreas socialmente sensibles

157 Figura No. 5.3.30 Mapa áreas socialmente sensibles



5.3.12 Patrimonio Arqueológico

Como parte del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Geotérmico Borinquen se realizó una prospección arqueológica en el área del proyecto y de influencia directa, además se visitaron algunos sitios reportados en sus inmediaciones por informantes locales. El objetivo de la investigación fue determinar la presencia o ausencia de evidencia arqueológica en las diferentes obras a construir. Con base en esa información se elaboró un plan de gestión de los recursos arqueológicos con el propósito de prevenir, evitar, mitigar y compensar el deterioro que las obras del proyecto puedan causar al patrimonio arqueológico.

5.3.12.1 Antecedentes Arqueológicos de la zona de estudio

Desde la perspectiva del conocimiento de la historia precolombina de la provincia de Guanacaste, buena parte de las investigaciones arqueológicas se han centrado en las tierras bajas y costeras; las primeras aproximaciones para establecer debidamente la antigüedad y periodizar científicamente el desarrollo de las poblaciones antiguas tuvo lugar allá por los años sesentas. Otros estudios relevantes, también han considerado la geografía de las tierras altas adscritas a los sistemas montañosos y volcánicos, aunque en su mayoría se han brindado datos más amplios y consistentes en el sector este correspondiente a la cordillera de Tilarán y en escasa medida en el sector oeste, el de las estribaciones intermedias y bajas de Cordillera Volcánica de Guanacaste. De forma general, los estudios arqueológicos en el noroeste de Costa Rica siguen avalando el concepto unificador del Área Arqueológica Gran Nicoya para referirse a esta región cultural que se extendió desde el suroeste de Nicaragua hasta el noroeste de Costa Rica (Norweb, 1961; Lange, 1994; Vázquez et al, 1994).

En lo que concierne específicamente a nuestra área de estudio - las zonas bajas inmediatas al macizo volcánico del Rincón de la Vieja - la información disponible todavía debe considerarse somera en lo que se refiere a examinar y analizar la participación histórica de los grupos humanos que aquí residían en aquella tradición histórica. Varios aspectos medulares consideramos que deberán cubrirse, entre ellos: 1) la profundidad histórica de la ocupación en el sector centro y occidental de la Cordillera de Guanacaste; 2) los patrones culturales específicos o distintivos en relación al sector de la Cordillera de Tilarán y tierras bajas orientales y 3) la interacción cultural de esta zona (que puede considerarse fronteriza y relacionada a corredores tras-cordilleranos) con respecto a la región cultural de la vertiente Atlántica de Costa Rica.

Para cuando fueron reportados los primeros sitios en el macizo volcánico del flanco sur-oriental del volcán Rincón de la Vieja por el Museo Nacional a principios de los noventas, ya se tenían datos importantes sobre el desarrollo socio-cultural de la porción occidental de la Cordillera de Tilarán, así como de las tierras bajas y costeras incluyendo el Valle del Tempisque y Bahía Culebra (Baudez y Coe, 1962; Baudez, 1967; Lange, 1980a y 1980b, 1990; Hoopes, 1987, 1994). A nivel general

de la región, la presencia del periodo Paleoindio se limita al reporte de puntas bifaciales del estilo Clovis fuera de contexto y la evidencia del Arcaico es escueta por lo que se requiere fortalecer estudios regionales con muestreos adecuados para cubrir ese inmenso vacío (Salgado y Vázquez, 2006; Hoopes, 1994).

112 Cuadro No. 5.3.39 Comparación entre la cronología tradicional y actual para la Región Arqueológica Gran Nicoya.

Años	Nueva periodización (Vázquez et al, 1994)	Años	Periodización tradicional (Baudez, 1967; Lange, 1990)
1350-550 d.C.	Periodo Ometepe	1200-1500 d.C.	Policromo Tardío
800-1350 d.C.	Periodo Sapoá	800-1200 d.C.	Policromo Medio
300-800 d.C.	Período Bagaces	500-800 d.C.	Policromo Antiguo
500 a.C.-300 d.C.	Período Tempisque	300-500 d.C.	Decoración Lineal
2000-500 a.C.	Período Orosí	500 a.C.-300 d.C.	Bicromo en Zonas
8000-2000 a.C.	Periodo Arcaico	Antes de 500 a.C.	Formativo Temprano y Medio
¿10000?-8000 a.C.	Período Paleoindio		

En el marco del Proyecto Prehistórico Arenal se obtiene una secuencia arqueológica profunda, sin antecedentes en ninguna otra localidad de la Región Gran Nicoya estudiada. Aunque la evidencia correspondiente al periodo Arcaico es tenue, sí se documenta plenamente la ocupación de la cuenca del Arenal desde el Periodo Orosí a través del denominado complejo Tronadora del Formativo Temprano y Medio y con él, evidencia de grupos cerámicos afines al complejo Chaparrón y en menor medida al de La Montaña de la Región Atlántica. Indicios de ocupaciones “pre-cerámicas” se hallaron en recolecciones en los alrededores de la laguna, en el sitio Piedras del Sol con fecha estimada en 3350-2950 a.C. (Tx-5286:4890 a.P. ± 100) y Tronadora Vieja precediendo depósitos del Formativo, con fechas que van del 3610 al 3050 a.C. (Tx-5275:4600 a.P. ±70) hasta 2390-1750 a.C. (SI-?: 3675 a.P. ±100) (todas las fechas en esta reseña se presentan calibradas según Hoopes, 1987 y Vázquez et al, 1994:cuadro 2, pp. 248-250). El material cultural incluye lascas anchas de la reducción bifacial de nódulos de calcedonias (Sheets, en prensa, citado en Hoopes 1994:74).

Las investigaciones del Arenal vinieron precedidas por reconocimientos arqueológicos en la sección sur de la Cordillera de Tilarán por parte de Peter Ryder y Lynette Norr a finales de los setentas. La prospección de Peter Ryder en

Guayabo de Bagaces, La Fortuna y Cuipilapa con la colaboración del Instituto Costarricense de Electricidad da a conocer el potencial arqueológico del área donde se desarrollaría el Proyecto Geotérmico Miravalles. Ryder reporta 23 sitios arqueológicos en su mayoría caracterizados por grandes montículos de piedras. Aunque muchos de ellos fueron profusamente huaqueados, en el sitio Murillo observa buena proporción de los tipos “Hermanos Beige” y “Cervantes Inciso y Punteado” en donde la estratificación parece indicar un solo evento deposicional que si bien el autor estima en el rango 300 a.C. a 500 d.C., es probable, por asociación estilística, que se ubiquen en la parte más tardía de este lapso.

Paralelo al trabajo de Ryder, Norr (1982-83) realizó una prospección arqueológica en los flancos oriental y suroriental del volcán Miravalles, específicamente en el corredor Miravalles-Tenorio, reportando 35 depósitos arqueológicos. Corrobora la continuidad del patrón funerario de túmulos de cantos, aunque estima, a diferencia de Ryder, que estas construcciones como la reportada en el sitio Méndez albergan tumbas separadas paulatinamente agregadas al cabo de un lapso mayor de tiempo mientras eran sepultados los individuos quizá pertenecientes a una misma unidad consanguínea. Además, la secuencia cerámica de dos de los sitios más relevantes del estudio: Méndez y Naranjo; indica una ocupación más temprana según las fechas UCLA 2167A:1150 a.C./3500 ± 60 a.P. y UCLA 2163: 300 a.C./2250 ± 60a.C. las cuales se sitúan entre el manto estéril y los depósitos culturales previos a la conformación de uno de los montículos. Este rango de tiempo incluye tanto cerámica similar a Tronadora del Arenal (Periodo Orosí) como aquella relacionada a la parte más temprana del P. Tempisque que Norr asocia estilísticamente a la fase Catalina de Baudez en el Valle del Tempisque. Se ilustran bordes cerámicos marcadamente similares a los del sitio Borinquen (G-935 Br) los cuales subyacen al manto de tefra del volcán Rincón de la Vieja atrás mencionado (Norr, 1986: 153, fig.9.10).

Otro de los aspectos que destaca es la ausencia, en general, de las categorías policromas más características de la parte oriental de Gran Nicoya lo que va acorde con la situación geográficamente intermedia de esta zona respecto a la Región Arqueológica Vertiente Atlántica-Valle Central. En Hacienda Mojica, Ryder destaca la frecuencia de cerámica del complejo El Bosque y rasgos funerarios en el sitio El Carmen tales como la Tumba 2 la cual muestra largas hileras de cantos (Ryder, 1986:117, fig.7.2) que también se asemejan a las tumbas de corredor del Atlántico (Hoopes, 1994). En general, la secuencia cerámica del Arenal sugiere para el Policromo Medio (Periodo Bagaces) rasgos cerámicos de acento local con características particulares en relación al resto de Gran Nicoya y, para los últimos siglos precolombinos, una mayor semejanza con los conjuntos alfareros de la Vertiente Atlántica (Hoopes, 1984, 1994; Mueller, 1986, 1992). Esta situación parece encajar, tal y como se reseñará más adelante, con los sitios reportados hasta la fecha en las vecindades del volcán Rincón de la Vieja donde escasamente se reporta evidencia de ocupación de los periodos más tardíos de la secuencia regional: Sapoá y Ometepe.

Hurtado de Mendoza (1988) efectuó un reconocimiento arqueológico en el perímetro occidental del volcán Miravalles, desde Cuipilapa en el sur, hasta el río Frijoles y la Quebrada Los Chiles; registrando 33 sitios precolombinos. Sobresale el hallazgo de tres yacimientos arqueológicos presumiblemente del Periodo Arcaico. El sitio Mogote proveyó tres fechas de carbón asociado a lascas y otros fragmentos de piedra tallada dentro de un paleosuelo parcialmente intrusivo a la toba rojiza culturalmente estéril que corresponde a la Formación del Aguacate. Estas fechas: GX-12885: 1920-1460 a.C./3400 ± 90 a.P.; Beta-30985: 1880-1520 a.C./3410 ± 60 a.P. y Beta-30986: 1900-1670 a.C./3470 ± 50 a.P. abarcan, en conjunto, un lapso bastante certero de entre 1920 a 1460 a.C. No obstante, queda la disyuntiva de que este rango de tiempo traslapa en su totalidad con fechas del Formativo Temprano/Medio en el Arenal dónde para entonces, ya es bien conocido el uso de cerámica del Complejo Tronadora. Como en otros casos, la tefra-cronología de las zonas adscritas a la influencia directa de sistemas volcánicos brinda la inmejorable posibilidad de relacionar esta clase de depósitos con eventos arqueológicos.

Otros trabajos arqueológicos recientes que se han desarrollado en esta zona corresponden al proyecto Cañas-Liberia, cuyo resultado pone nuevamente en evidencia la preferencia del patrón de asentamiento en segundas terrazas de los ríos, o fuentes de agua inmediatas, ya señalada para la zona cordillerana. En este trabajo se reportó sitios arqueológicos de carácter doméstico asociados directamente con montículos funerarios (muy alterados) construidos con cantos de río, ignimbritas y en algunos casos con la adición de lajas. Guerrero y colegas estiman que dichos yacimientos precolombinos pertenecen a un mismo proceso socio-cultural en un rango temporal de 300-800 d. C. (Solís et. al., 1991; Guerrero y Solís, 1997) al que merece darle su propio periodo: Bagaces. Sin embargo, este criterio no es exactamente compatible con otros datos derivados de distintas secuencias de la Región Arqueológica Gran Nicoya en las cuales, parece más apropiada la anterior nomenclatura que destaca la transición y luego, el salto cualitativo de la bi y tricromía a la auténtica policromía inicialmente representada por tipos del "Policromo Antiguo" tales como Carrillo, Galo y Cabuyal alrededor de 500/600 d.C. (Baudez, 1967 y Lange, 1990).

Las observaciones preliminares aportadas en la presente investigación sumadas a reconocimientos arqueológicos anteriores en el Rincón de la Vieja subrayan la relevancia de la ocupación "Bagaces" por cuanto abre la invaluable posibilidad de esclarecer este dilema.

En lo que se refiere a la Cordillera de Guanacaste, propiamente a la zona del volcán Rincón de la Vieja, las favorables condiciones de fertilidad, el buen nivel hidrológico, la diversidad climática y ambiental propiciaron la ocupación del macizo y estribaciones del volcán. Mientras en el sector noreste del macizo se presentan condiciones asociadas al Caribe y llanuras del norte, para el sector suroeste las condiciones son típicas del Bosque Tropical Seco, con alta radiación solar y

menores precipitaciones.

El Cuadro No. 5.3.40 sirve para ilustrar la buena cantidad de sitios reportados hasta la fecha. De éstos, al menos 26 se adscriben al Período Bagaces (300-800 d.C.) sobresaliendo aquellos de uso funerario. Otra buena parte de estos sitios referencian localidades con petrograbados.

113 Cuadro No. 5.3.40 Sitios arqueológicos cercanos al área de estudio*.

Sitio	Clave	Tipo de Sitio	Temporalidad	Investigador
Azufrales	G-891-Aa/UCR 447			Chávez, S., 1994
Batalla	G-790 Bt	Funerario		Molina, P., 2009
Blanco	G-736 Bc	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Caritas	G-819 Ca	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
Catarata Victoria	G-787 CV	Funerario		Molina, P., 2009
Cedral	G-733 Cd	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Chorreras	G-740 Ch	Petroglifo	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Chorreras	G-788 Ch	Funerario	300 - 800 dC	Molina, P., 2009
Colorado	G-734 Co	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Coneja	G-823 Cn	Petroglifo		Zeledón, G., 2010
Curubandé	G-508 Cr	Funerario	300 - 800 dC	Guerrero, J., 1993/Solís, F., 1996
El Blanco	G-822 EB	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
El Campo	G-881 EC/UCR 437	Funerario	300 - 800 dC	Chávez, S., 1994
El Gringo	G-815 EG	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2011
El Mojón	G-835 EM	Funerario/petroglifo	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2010
El Mono	G-895 EM/UCR 451			Chávez, S., 1994.
El Mono Hombre	G-818 EMH	Petroglifo		Zeledón, G., 2010
El Pablo	G-817 EP	Funerario	Post. a 800 dC	Zeledón, G., 2011
El Pará	G-813 EP	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2010
El Tanque	G-814 ET	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2011
El Zopilote	G-507 EZ	Funerario	300 - 800 dC	Guerrero, J., 1993
Eras	G-789 Er	Funerario		Molina, P., 2009
Guachipelín	G-892Gi/UCR 431			Chávez, S., 1994
Higuerón				Chávez, S., 1994
Higuerón	G-893 Hg/UCR 449			Chávez, S., 1994
La Cascada	G-791 LC	Petroglifo		Molina, P., 2009
La Cueva	G-785 LC			Molina, P., 2009
La Española	G-514 LE	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
Las Pailas	G-811 LP	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2010
Las Termas	G-882 LT/UCR 438	Funerario/habitacional	300 - 800 dC	Chávez, S., 1994
Lucas	G-812 Lc	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2011
Mariposa	G-820 Ma	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
Mesas	G-739 Me		300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2005
Pará	G-735 Pr	Funerario/habitacional	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Pochote	G-741 Pt	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004

Qbda. Agría	G-894 QA/UCR 450	Petroglifo		Chávez, S., 1994
Qbda. Victoria	G-737 QV	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Rincón de la Vieja	G-732RV	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Rinconcito	UCR 438	Petroglifo		Chávez, S., 1994
Río Negro	G-775 RN	Funerario	300 - 800 dC	Solís, F., 2006/Molina, P., 2009
Río Negro	G-884 RN/UCR 440	Funerario	300 -1350 dC	Chávez, S., 1994
Sendero	G-756 Sd	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2004
Sitio Blanco	EI G-822-EB	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
Tucuico	G-816 Tu	Funerario	300 - 800 dC	Zeledón, G., 2011
Viscoyola	G-821 Vs	Petroglifo		Zeledón, G., 2011
Zanja Tapada	G-738 ZT	Funerario	300 - 800 dC	Hernández, A.C., 2005
Zapote	G-755 Zp	Petroglifo		Hernández, A.C. , 2005
Zopilota	G-883 Zo/UCR 433	Funerario	300 - 800 dC	Chávez, S., 1994

***FUENTE: MNCR, 2012 Base de datos orígenes; Chávez 1994, Hernández, 2006; Molina, 2009 y Zeledón, 2010-11.**

Propiamente en la base del macizo volcánico, destacan cuatro estudios. El primero lo realizó Sergio Chávez de la Universidad de Costa Rica en 1994 como parte del proyecto Parque Nacional Rincón de la Vieja, Sector de las Pailas y Santa María. Además de una inspección general en el sector de Colonia Blanca, se hacen recorridos por los senderos del parque y los sectores con restos culturales reportados por informantes. De los sitios reportados, véase el Cuadro No. 5.3.40, se nota la importancia de la ocupación para el Periodo Bagaces y la presencia de estructuras funerarias de piedra. El sitio arqueológico El Campo podría ser un poco más temprano presentando de igual modo montículos de cantos de río. En el sitio Termal resalta la presencia de tumbas en pequeños promontorios, así como restos de cerámica utilitaria. Llama la atención la presencia de fragmentos de arcilla cruda junto a tierra quemada, sugiriendo espacios habitacionales o rituales relacionados a pisos y fogones.

En segundo término, destacan inspecciones y denuncias que reportaron igualmente, hallazgos arqueológicos del Periodo Bagaces en las inmediaciones del Proyecto Geotérmico Las Pailas. Tal es el caso de la inspección que realizó J.V. Guerrero (2001) en la cual identificó cuatro sitios funerarios y uno habitacional en la finca El Escobio. En sitio El Zopilote se detectaron unas doce rondelas, construidas con cantos de río y lajas, notándose desafortunadamente como en la mayoría de estos sitios con rasgos expuestos, el efecto del huaquerismo. Curubandé también corresponde a un cementerio con al menos un montículo de cantos de forma circular con presencia de metates y manos de moler (Guerrero, 2001).

Posteriormente, entre el 2004 y el 2005 Ana Cristina Hernández, como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) para el Proyecto Geotérmico Pailas del ICE, realizó un reconocimiento arqueológico sobre las zonas de influencia directa e

indirecta. Para el terreno destinado a la casa de máquinas, con un área de 2 Ha, realiza un reconocimiento superficial de manera sistemática, utilizando transectos cada 10 m. De los diecinueve yacimientos arqueológicos reportados, siete de ellos están propiamente en el área del proyecto. Los sitios Rincón de la Vieja, Quebrada Victoria y Cedral corresponden a emplazamientos funerarios que contenían rasgos ahora perturbados de cantos, lajas y pilares. Se observaron fragmentos de cerámica y un pequeño metate trípode. Entre los vestigios cerámicos, se notó la abundancia de los tipos “Hermanos Beige”, “Charco Negro sobre Rojo” y “Tola Tricromo” y en menos cantidad “Chaves Blanco sobre Rojo” que tentativamente, ubicarían estos sitios en el Periodo Bagaces o a la transición Tempisque-Bagaces (Hernández, 2006). Zapote, por su parte, es un sitio que destaca por un petrograbado cuyo diseño se interpreta como la representación de Quetzalcóatl localizado en la margen derecha del río Colorado, aunque Hernández cree que fue arrastrado hasta allí a causa de un deslave de terreno.

Valdría la pena también, reseñar los sitios Blanco, Zanja Tapada, Mesas y Chorreras. El sitio Blanco, en la margen derecha del río del mismo nombre, está muy alterado observándose no menos de 25 huecos que removieron cantos de río, metates y cerámica de los tipos atrás mencionados, además de “Guinea Inciso” y “Chávez Blanco sobre Rojo”. Zanja Tapada, que también parece transicional entre Tempisque y Bagaces, tiene la peculiaridad de presentar tumbas circulares hechas de pequeños túmulos de cantos de río colocados en capas. En el sitio Mesas se observó cerámica “Carrillo Policromo” y un metate rectangular con los soportes desprendidos. Otros ocho sitios fueron reportados por Hernández fuera del área de influencia directa del proyecto donde la evidencia no difiere en mucho de lo atrás reseñado, confirmándose la existencia en algunos cementerios de ornamentos de jade.

Dos últimas investigaciones en el Rincón de la Vieja formaron parte de proyectos de graduación por parte de Priscilla Molina (2010) y Gabriela Zeledón (2011), esta última funcionaria del ICE. Molina se enfocó en describir y caracterizar el sitio Río Negro (G-775 RN), un sitio complejo tipificado por estructuras de piedra, a muy corta distancia por cierto, de recursos aprovechables tales como aguas termales, cuevas, canteras y cataratas. El trabajo contempló la excavación de algunos rasgos funerarios; las fosas se distinguen por una piedra marcadora tipo “mojón”. La construcción de los recintos mortuorios también incluyó lajas grandes que se colocaron como tapas de las tumbas (Molina, 2010: 156). Las ofrendas funerarias no fueron copiosas, sobresaliendo un tazón y un metate trípode mediano con decoraciones en relieve. Los tipos cerámicos contabilizados como “Chávez Blanco sobre Rojo”, “Hermanos Beige”, “Charco Negro sobre Rojo”, “Las Palmas Rojo sobre Beige”, “Guinea Inciso”, “Yayal Café”, “Monte Cristo Beige”, “Urruela Rojo”, “Chaparrita Rojo”, “Piche Rojo”, “Cervantes Inciso y Punteado”, “Congo Punteado” y “Potosí Aplicado” indican que la principal actividad del sitio se realizó entre los periodos Tempisque y Bagaces. Al comparar estos sitios con otros yacimientos inmediatamente vecinos, véase el Cuadro No. 5.3.40, el trabajo de Molina reitera el hecho de la importancia socio-económica e ideológica de los túmulos de piedra

en la zona montañosa de las faldas del volcán Rincón de la Vieja – situación coincidente con la sección occidental de la Gran Nicoya – estimulada en este caso por el aprendizaje en la construcción de tumbas y el fácil acceso a los recursos para su confección (Molina, 2010).

El trabajo de Zeledón por su parte, se enfoca en el estudio de petrograbados hallados en el contexto de la zona del pie de monte suroeste del Rincón de la Vieja los cuales trata de interpretar en términos espaciales, temporales y en su iconografía. En la prospección que realizó, fueron incluidos todo tipo de sitios, véase el Cuadro No. 5.3.40, los cuales además, fueron relacionados en una base SIG a diversas variables geográficas. Luego de su análisis a nivel composicional de las imágenes grabadas sobre la piedra, la autora también comparó los diseños abstraídos con los presentes en la iconografía de la cerámica y de los jades tanto del Museo Nacional de Costa Rica como de la colección del Museo del Jade (INS). (Zeledón 2011:56). Descubre que los petroglifos siempre se encuentran en las cercanías de las fuentes de agua por la necesidad de contar con un abundante elemento abrasivo para el acanalado de la piedra. La relación entre las representaciones, especialmente de carácter animista (chamanística) como serpientes, aves y saurios proyectadas en algunos de los grabados con respecto a la cerámica, oro y jade, indica la existencia de un pensamiento social grupal compartido por las poblaciones a quienes pertenecieron.

Con relación a los estudios ambientales que se realizan para el Proyecto Geotérmico Borinquen, durante una inspección rápida (D1) efectuada por la arqueóloga Hernández (2012) en las cercanías de la Plataforma 3, se identificó en superficie y en una zanja donde se realizaban estudios de suelo, la presencia de restos cerámicos. El sitio se reportó al Museo Nacional de Costa Rica donde se le asignó el nombre Borinquen y la clave G-935 Br. En el perfil de la zanja se observó una estratificación bastante definida, en un primer estrato la evidencia está asociada al periodo Bagaces; luego, se hallan algunos fragmentos cerámicos localizados debajo de un estrato de tefra presuntamente relacionada a la “tefra Río Blanco” del volcán Rincón de la Vieja. Se estima que este episodio eruptivo data de unos 3800 años antes del presente sugiriendo una fecha inusualmente temprana para este hallazgo precolombino.

5.3.12.2 Prospección

5.3.12.2.1 Estrategia y Metodología

El esquema actual para el campo geotérmico Borinquen abarca un área de 27,9 Km² donde se tienen ubicadas 13 plataformas dispersas. Sólo las plataformas 1, 2, 3, 4, 5 y 9 se encuentran construidas. Pendientes de construcción son las plataformas 7, 8 y 10. Las restantes, 11, 12 y 13 se incluyen como una opción para construir. En lo que respecta a las casas de máquinas se planea edificar una en el terreno aledaño a la plataforma 9 y otra en la 3. En este último terreno también se tiene planeado construir la subestación y obras civiles, además se

tienen identificados dos terrenos donde se depositarían los escombros que se generen durante la etapa constructiva del proyecto. Con base en este panorama se diseñó la siguiente estrategia metodológica:

5.3.12.2 Reconocimiento en gabinete

Se realizó la consulta vía página Web del banco de datos sobre sitios arqueológicos denominado “Orígenes” del Museo Nacional de Costa Rica, con el fin de identificar aquellas áreas cercanas al proyecto donde fueron realizados estudios arqueológicos.

Posteriormente se recopiló y se hizo una síntesis de la información arqueológica existente, tanto a nivel bibliográfico como de informes del departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica.

También se efectuaron entrevistas informales a los vecinos de las diferentes comunidades cercanas al proyecto con el propósito de averiguar si en esos lugares existen o no sitios arqueológicos.

5.3.12.3 Etapa de campo

A partir de la ubicación de cada plataforma se delimitó un cuadrante de 3 Ha sobre imágenes satelitales que nos permitieron guiarnos en el campo. Sobre estos cuadrantes se trazó líneas orientadas de norte a sur cada 25 m, guiados por una brújula Brunton, que sirvieron de transectos para la prospección. A lo largo de los transectos se efectuaron pozos de cateo del tamaño de la pala cada 25 m con el propósito de determinar la existencia o no de evidencia arqueológica en el lugar, ver la Figura No. 5.3.31. Cada transecto fue geo-referenciado con GPS Garmin Etrex Vista HCx. Para el caso específico de la plataforma 9 el cuadrante se extendió a 5 Ha tomando en cuenta la construcción de una casa de máquinas y en la plataforma 3, se trazó un polígono de 15 Ha ya que la mayoría de obras se construirán en ese sector. El área definida para la plataforma 3 incluyó sectores con pendiente pronunciada que fueron obviados durante la prospección.

Para las plataformas 7, 8 y 10 que aún no se han construido, se tomó como referencia para delimitar los cuadrantes un punto central el cual corresponde a las coordenadas CR TM 0.5 347 514 / 1198 414; 342 746 / 1197 483 y 340 683 / 1196 388 respectivamente.

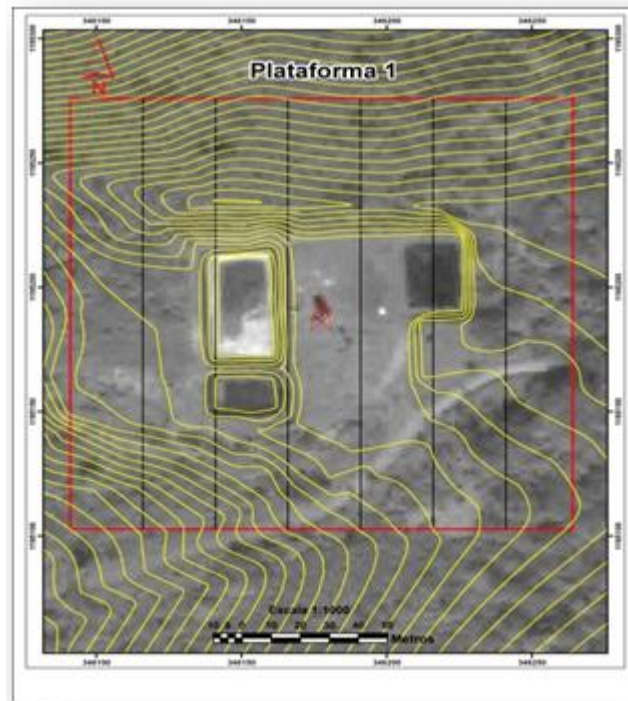
Las zonas previstas como escombreras se recorrieron de la misma forma que las plataformas mencionadas anteriormente, la número 1 a partir de las coordenadas CR TM 0.5 344 074 / 1196 388 y la 2 344 191 / 1197 458, haciendo énfasis en aquellos terrenos llanos ubicados en pequeñas terrazas o lomas.

Con respecto al trazado de los vapoductos, éste no fue incluido en la prospección debido a que su ubicación es preliminar y se retomará en el plan de gestión de los

recursos arqueológicos, lo mismo ocurre con las plataformas 11, 12 y 13, a los satélites cercanos a las plataformas, a los caminos nuevos y al tramo de la línea de transmisión que conecta las dos casas de máquinas.

Otra acción que se llevó a cabo fue la revisión de perfiles de los cortes realizados por la maquinaria en las plataformas construidas y caminos existentes, además de la exploración de las márgenes de quebradas, ríos, ojos de agua, suelos expuestos por el pisoteo del ganado, dentro y en proximidad al área de los cuadrantes.

158 Figura No. 5.3.31 Cuadrante para prospección arqueológica con los transectos sur-norte marcados, plataforma 1

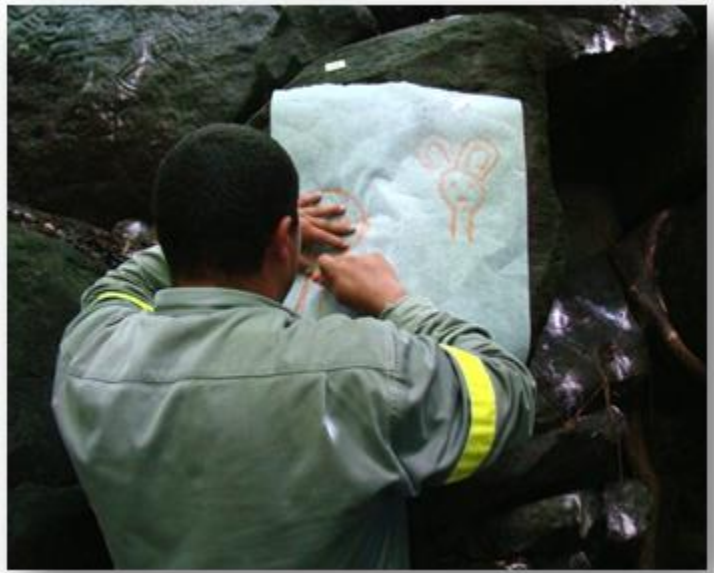


Los sitios arqueológicos identificados en el área del proyecto fueron documentados mediante croquis, Fotografías con cámara digital, dibujos y se registraron en el catálogo del Museo Nacional de Costa Rica donde se les asignó un nombre y una clave. La evidencia observada en cada sitio fue documentada in situ mediante dibujos y Fotografías. Ver Anexo No. 5.3.3.

Luego de confirmar la existencia de sitios arqueológicos en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, por medio de información suministrada por lugareños, se procedió a visitarlos y a elaborar un croquis de cada uno. También se dibujaron y Fotografiaron algunos fragmentos cerámicos y líticos hallados. Para el caso de aquellos sitios donde se reportaron conjuntos de petroglifos, éstos fueron documentados mediante formularios confeccionados para este propósito,

se calcaron y tomaron fotografías. Ver Anexo No. 5.3.4, Formulario de registro de petroglifos.

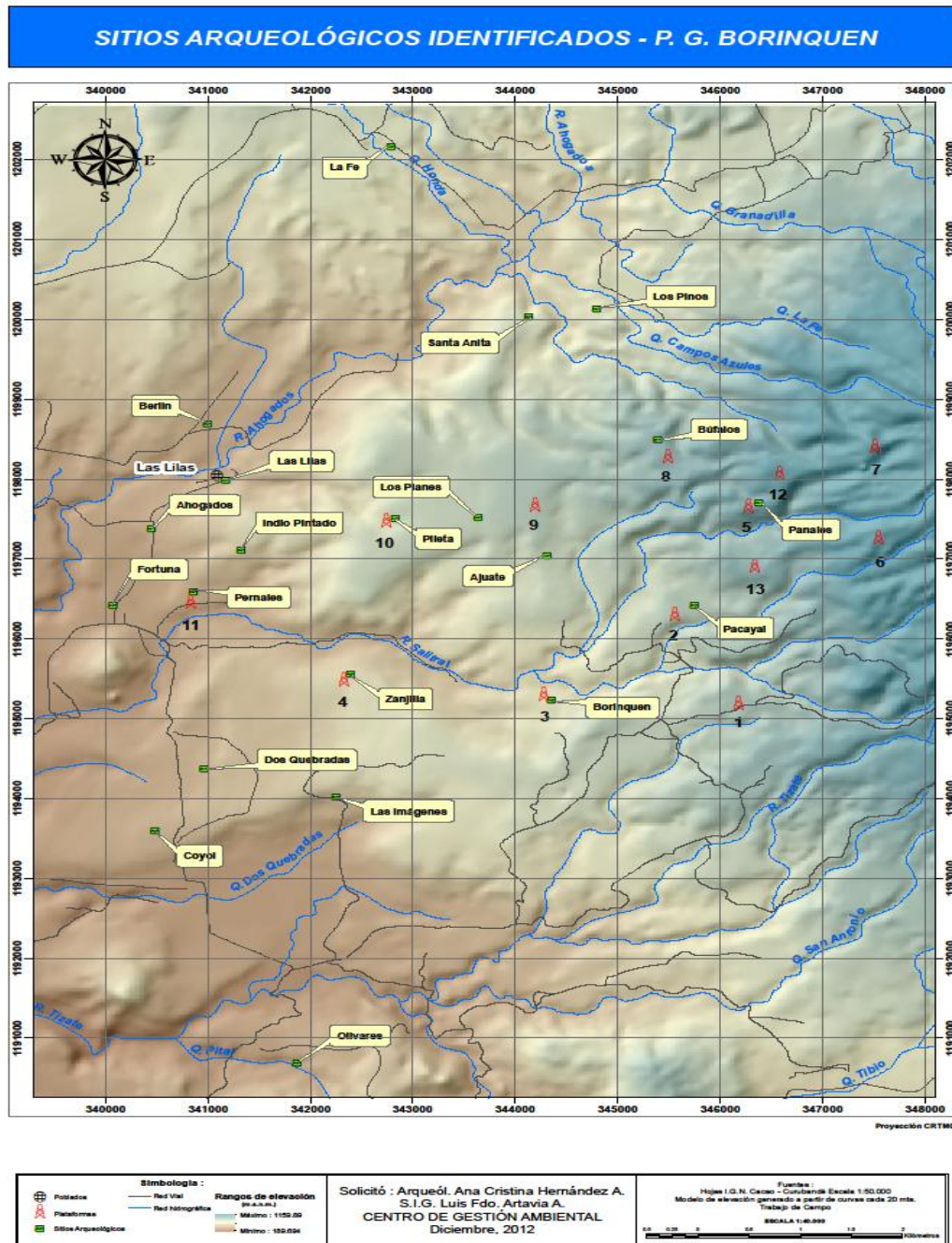
187 Fotografía No. 5.3.42 Reproducción de un petroglifo, sitio arqueológico Olivares



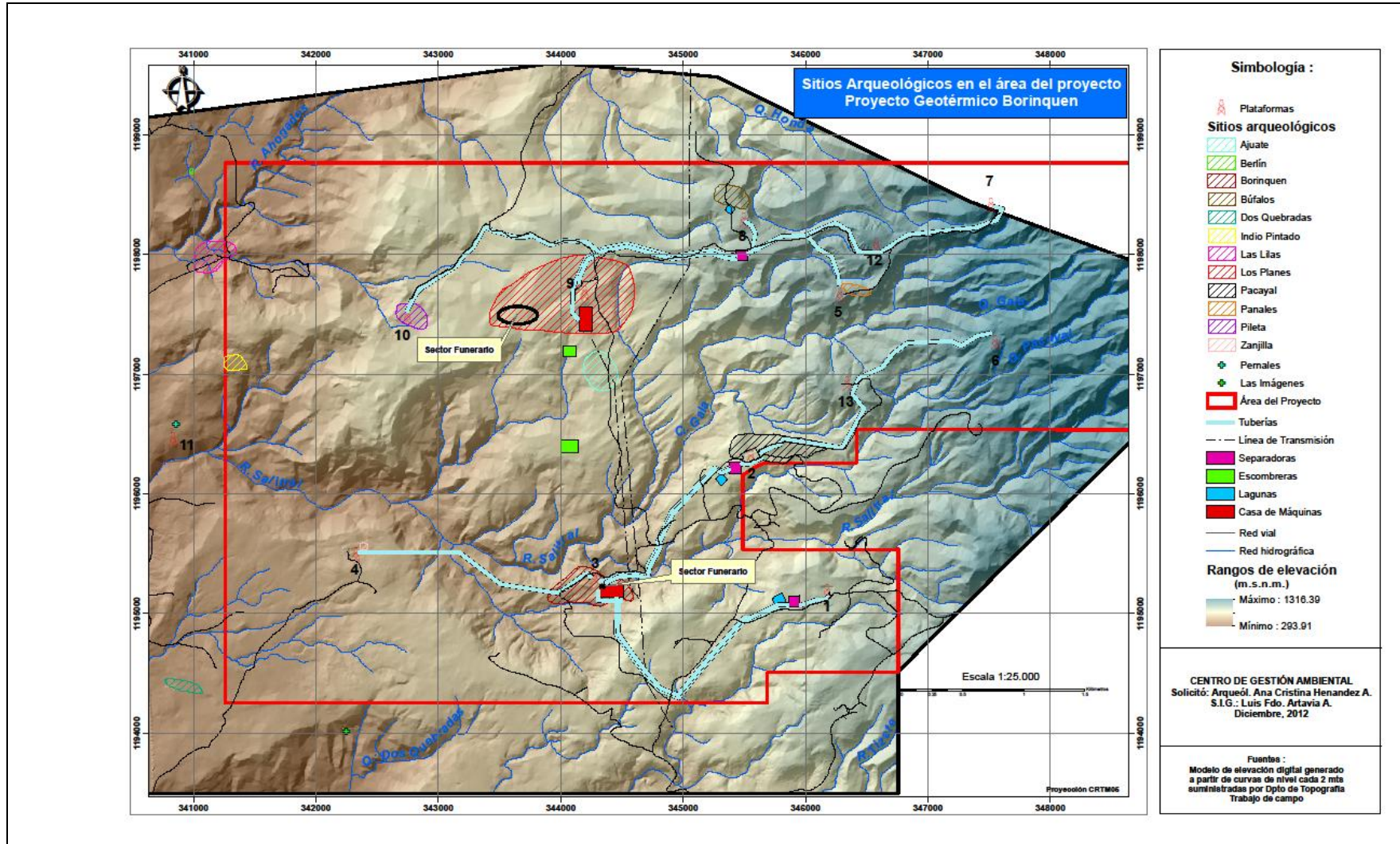
5.3.12.3 Resultados de la prospección

La prospección arqueológica dio como resultado el reporte de ocho sitios arqueológicos en el área del proyecto así como en la de influencia directa y diez en el área de influencia indirecta, a continuación se detalla las características de los diferentes hallazgos identificados en los terrenos donde se planea construir las obras del proyecto y alrededores, ver las Figuras No. 5.3.32 y No. 5.3.33.

159 Figura No. 5.3.32 Ubicación de sitios arqueológicos P.G. Borinquen



160 Figura No. 5.3.33 Ubicación específica de los sitios arqueológicos de la prospección del área PG Borinquen



Área del proyecto

Plataforma 1 (Coordenadas CRTM 0.5: 346178 E y 1195190 N)

Esta obra se extiende en un área total de 7500 m² e incluye como en otros proyectos de esta índole el cavado de tres “lagunas” y un pozo que requirió tanto remoción de la corteza original de suelo como el relleno de piedrilla del contra-piso de la plataforma. En materia de modificación del terreno, las zonas más afectadas por la remoción son las lagunas en el flanco norte y este de la plataforma al cortar la pendiente de moderada inclinación. Los voluminosos escombros del cavado de las lagunas afectaron especialmente la parte oeste de la plataforma. Actualmente, la zona aledaña a la plataforma 1 está mayormente cubierta de charrales y tacotales.

El reconocimiento arqueológico del área circundante a la obra no reportó restos arqueológicos, ni siquiera en las zonas más llanas propicias para asentamientos situadas en una franja del flanco norte y costado sureste de la obra. Los sondeos muestran por lo general una gruesa capa de suelo franco cuya tonalidad varía de café oscuro a negruzco que comenzó a formarse sobre el manto de tefra volcánica. Dicho nivel de suelo tiene un espesor que varía de 50 a 115 cm según se desprendió de la observación de los profundos cortes expuestos. Algunos de estos taludes mostraron la estratificación de la zona a lo largo de 100 m o más, constatando la no presencia de ocupaciones humanas anteriores a la formación de la tefra. Cabe destacar que en medio de los charrales que bordean el camino por el lado sur, la presencia de piedras por sobre un área de unos 10 x 10 m, las cuales pudieron ser parte del relleno del camino y trasladadas hasta allí. Una ondulación que atraviesa esta área no mostró materiales culturales por lo que es difícil que esta concentración de piedras represente un depósito precolombino.

Plataforma 2 (Coordenadas CRTM 0.5: 345558 E y 11963076 N)

La plataforma 2 se encuentra construida y abarca un área de 10000 m² tomando en cuenta tres lagunas y un pozo de exploración; en un 95% el terreno circundante está ocupado de pastizal. Es importante tomar en cuenta que esta obra ocupa terrenos de topografía moderada con elevaciones bien definidas aptas para las actividades humanas. El reconocimiento propiamente del bloque de 3 Ha no mostró presencia de depósitos culturales, al menos in situ. Un par de fragmentos cerámicos fueron observados sobre terreno removido de la obra, probablemente del relleno sacado de la excavación de la laguna más pequeña. Sin embargo, una inspección cuidadosa de este tramo no evidenció la persistencia de material.

Otras muestras se localizaron a la orilla de desagüe muy cerca de la esquina noreste del cuadrante prospectado. Sobre una loma alargada en la misma dirección este, el camino expuso un borde de una vasija intencionalmente ahumada y con incisos. El corte también mostró a tan solo unos 5 m del hallazgo anterior la boca y paredes de un relleno intrusivo caracterizado por una buena

densidad de piedrilla pómez removida de la capa de tefra, que podría tratarse de un rasgo precolombino.

Sitio arqueológico Pacayal (G-950 Pc) coordenadas CR TM 0.5: 345445 E y 1196320 N

Éste se extiende sobre la margen norte del cauce relativamente profundo de la quebrada Pacayal. Ocupa una terraza más baja y varias colinas alrededor de la cota 660 msnm sobre amplios potreros de la Finca Borinquen circundantes a la plataforma 2 del proyecto geotérmico. Aunque la zona de los hallazgos es relativamente extensa los sondeos y cortes observados muestran gran dispersión de los restos culturales, sugiriendo una ocupación muy tenue. No debería descartarse sin embargo, la presencia de depósitos puntuales en distancias menores a los 25 m no cubiertos por la metodología empleada. Una aparente mayor concentración de materiales podría encontrarse en el flanco norte de la plataforma 2 alrededor de donde están las lagunas así como a la orilla de un desagüe cercano a éstas por el lado noreste. En el extremo contrario de la franja alargada que forma el sitio y sobre lomillas alargadas, sobresalen otros hallazgos puntuales como un borde de una vasija ahumada de borde inverso la cual muestra un inciso pos-cocción, en la Figura No.5.3.34w, técnica similar a la empleada al grupo cerámico conocido en la literatura arqueológica como “Guinea Inciso”. También se encontró un cuerpo con superficie brochada que parece encajar en la tipología de “Sacasa Estriado”. Hasta el momento, los hallazgos del sitio Pacayal son tan escasos y dispersos que es difícil darle una ubicación cronológica preliminar. La no presencia de la tan común cerámica de superficie beige de varios de los sitios prominentes del PG Borinquen indica que al menos, la ocupación de este sitio no parece corresponder al periodo Bagaces de la secuencia cultural de la cultural de la Región Arqueológica Gran Nicoya.

Plataforma 3, Casa de máquinas, subestación y obras afines (Coordenadas CRTM 0.5: 344276 E y 1195307 N)

El terreno donde se encuentra la plataforma 3, incluye un área con dos lagunas y un pozo, también se perforará un nuevo pozo en el sector noreste, para lo cual se estaba preparando el terreno al momento del reconocimiento arqueológico. Estudios de suelo recientes, alertaron sobre la presencia de un importante conjunto ritual o funerario sobre el costado de la lomilla que se extiende por el sureste de la obra (sitio arqueológico Borinquen). Sobre el corte de una zanja se observaron rellenos de más de 1 m de profundidad dentro de los cuales se depositaron grandes ollas de bordes rojos relacionadas con el tipo cerámico “Hermanos Beige”, en la Figura No. 5.3.34k-p y v, y otras de impecable manufactura “Chaves Blanco sobre Rojo”, ver la Figura No. 5.3.34c, e, g, h e i. También se evidenció la presencia de ocupación precolombina aún más antigua subyacente a la capa de tefra, asociada a un sustrato de suelo negruzco rico en contenido orgánico. Inspecciones sobre el área circundante mostraron en superficie y en cortes de un desagüe que el yacimiento arqueológico se extiende

varias hectáreas a lo largo y ancho de la lomilla. Por lo tanto, el objetivo del reconocimiento arqueológico en la plataforma 3 fue el de recuperar información más detallada sobre la extensión específica del yacimiento y si fuera posible, de la zona ritual y funeraria. Interesa, además, extender la investigación hasta otras zonas de topografía pertinente que cubren cerca de 5 Ha situadas hacia el sector oeste de la plataforma.

Sitio arqueológico Borinquen (G-935 Br) coordenadas CR TM 0.5: 344 349.647 E /1195 225.518 N

El área de ocupación del sitio se extiende por sobre un conjunto de terrazas y colinas, distribuidas en el borde del cañón de la margen sur del río Salitral, por la curva de nivel 500 m.s.n.m. Si bien el descenso al río prescribe un declive relativamente abrupto, el acceso a fuentes fluviales debe de considerarse muy favorable para el establecimiento de un asentamiento. Casi inmediatamente sobre este punto, Salitral recibe las aguas de las quebradas Gata y Pacayal desde el noroeste. Luego, dichas terrazas son numerosamente bordeadas y atravesadas por desagües menores, especialmente uno que corre en sentido este-oeste y que justamente parece corresponder al límite del yacimiento arqueológico por el flanco sur a lo largo de unos 600 m. Es posible que este yurro de aguas estacionales formara, antaño, un riachuelo permanente y de cierto caudal debido a la presencia de constantes lechos de rocas visibles en ciertos tramos. Actualmente, existe una naciente en un punto del desagüe muy próximo al área funeraria del asentamiento.

Los hallazgos de presuntos rasgos funerarios en el área donde se realizaban estudios de suelo, más la observación de restos cerámicos expuestos en superficie y presencia de escasos cantos de río detectados en los perfiles dejados al cavar las lagunas alertó sobre la presencia del sitio.

Por cuanto, la metodología pautada para el reconocimiento arqueológico de la plataforma 3 se extendió por unas 15 Ha y estuvo particularmente dirigida a aproximarse a establecer los linderos del yacimiento, a establecer aquellas áreas de mayor densidad de materiales, a buscar indicadores superficiales de rasgos intrusivos y de otros elementos que indirectamente pudieran ofrecer pistas sobre la división de actividades en el espacio. Una metodología preliminar como la empleada solo permitiría indagar someramente en las características del suelo difícilmente más allá de los 60 cm, lo cual no es suficiente para obtener mayores datos sobre el comportamiento espacial de la ocupación precolombina correspondiente a los niveles subyacentes a la tefra volcánica.

Los límites tentativos del asentamiento, al menos en su fase de ocupación posterior al depósito piroclástico del Rincón de la Vieja, se describen en la Figura No. 5.3.35. El sitio abarcaría 14,48 Ha asumiendo que se extienda un poco más hacia el este, sobre un sector no incluido en el reconocimiento.

La topografía y el comportamiento superficial de la evidencia arqueológica y estratigráfica derivada de los cateos de pala incide con cierta claridad en la delimitación del sitio en al menos dos sectores: Sector A: Ocupa la colina que configura enteramente al sitio en su mitad este, disminuyendo en altitud conforme la loma se alarga hacia el oeste. Sobre el costado noroeste de esta loma es justamente que se encuentra la evidencia funeraria hallada en las obras del pozo. El corte de un desagüe de cerca de 1,5 m de profundidad brindó evidencia funeraria adicional, al observarse un relleno que interrumpía a la capa de tefra. Este depósito parece tener distintas facetas, una zona superior conteniendo buenas cantidades de tefra entremezclada con un suelo de textura franco de tono café oscuro. Un nivel intermedio muestra un lente de piedrilla angular y cerámica que parece formar parte la cubierta transitoria del rasgo intrusivo. El relleno presuntamente funerario remata justo sobre el manto de roca madre formada de una capa café y tobas donde se observaron grandes fragmentos removidos de una olla bicroma, ver la Figura No. 5.3.36.

Los cateos cada 25 m sobre el sector A muestran relativas bajas densidades de material cultural. No en todas las pruebas se halló evidencia cultural, aunque fue evidente en la mayoría de ellas casi desde los 10 cm buenas cantidades de trozos de pómez indicando procesos transformacionales que implican la alteración de la capa de tefra. Podría especularse de esta situación que se trata de una zona funeraria extendida por las partes altas y costados de la colina, la baja densidad de materiales podría esperarse en circunstancia en las cuales los depósitos intrusivos profundizaran a más de 1 m. Desde luego que estos datos deberán tomarse con entera cautela hasta que no se re-investigue el sitio con una metodología más profunda y consistente, por ejemplo, pozos de prueba de 1 x 1 m por lo menos cada 10 m o a distancias menores.

El Sector B por su parte sugiere una zona cualitativamente distinta, es probable que corresponda a un espacio residencial que aprovechó una terraza extensa caracterizada por una topografía más llana sobre la parte oeste del sitio. Los restos arqueológicos se hallaron entre los 10 y 60 cm coincidiendo casi siempre con la capa de suelo franco oscuro. En general, se describe una densidad de materiales relativamente mayor que en el caso del sector A. También fue hallada evidencia de artefactos en piedra volcánica y a media hechura, sugiriendo la producción de implementos de molienda y lapidaria. Un trozo encontrado muestra que se trata del soporte cónico sin terminar que pertenecía a un metate o implemento por el estilo. En muchos de los sondeos fueron encontrados fragmentos desprendidos de rocas volcánicas de la misma clase que la del hallazgo descrito, aumentado la posibilidad de que Borinquen contenga áreas específicas para distintas actividades.

A nuestra consideración el aspecto más relevante del sitio Borinquen está relacionado a la cronología y al hecho de combinar áreas rituales/funerarias con zonas domésticas. Respecto al primer punto, la geología volcánica de la zona permite diferenciar entre las ocupaciones anteriores de aquellas posteriores al

evento piroclástico representado por la capa de tefra. El material cultural subyacente hasta ahora observado en los sitios Borinquen, Panales y Zanjilla posee similitudes estilísticas como para ubicarlo en el Periodo regional conocido como Tempisque de la secuencia cultural de la región arqueológica Gran Nicoya, esto es, 500 a.C. a 300 d.C.. Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que parecen estar mejor representados tipos cerámicos de la parte más temprana de este periodo, tales como “Montecristo Beige” (Baudez, 1967), “Ballena Inciso” (Baudez, 1967) y especialmente “Bocana Inciso” (Baudez 1967, Abel-Vidor y Otros, 1990) las cuales se ilustran en la Figura No. 5.3.37 a,b,e y f. Sobre este punto, Sánchez (2010), observa que algunos de estos tipos como Bocana y Montecristo son muy abarcadores estilísticamente hablando por cuanto deberían ser revisados en términos de su evolución interna con base en el análisis de contextos arqueológicos bien definidos y de rápida formación. Aún más y según se desprende de la secuencia estratigráfica proporcionada por el sitio Manzanillo en la bahía Culebra, la distribución y contexto de variedades específicas de esos mismos tipos similares a las encontradas en Borinquen, Panales y Zanjilla podrían estar asociadas a una fase transicional entre los periodos Orosí Tardío y Tempisque (Sánchez, 2010).

Plataforma 4 (Coordenadas CRTM 0.5: 342327 E y 1195490 N)

La zona correspondiente a las obras de la plataforma 4 situada en la Hacienda Las Imágenes cubre cerca de 10000 m², notándose dos cortes profundos de terreno por la nivelación de la plataforma, principalmente en los costados sur y este de la misma. Solo un pequeño porcentaje de la zona prospectada corresponde a potreros estando estos terrenos actualmente invadidos de charrales.

Si bien es cierto que los sondeos de pala no descubrieron directamente restos arqueológicos, varios fragmentos de cerámica en suelo vertido de la excavación de las lagunas son indicio de la presencia de un sitio precolombino. Una meticulosa observación a lo largo de un zanja de desagüe en la orilla este de la plataforma sugiere que aquellos fragmentos cerámicos podrían pertenecer al estrato de textura franca, tono negruzco y micro-partículas de carbón bajo el nivel de tefra volcánica. En efecto, fue hallado in situ, unos 20 cm por debajo de la tefra un cuerpo cerámico decorado con anchos incisos paralelamente trazados alternando con zonas de engobe rojo, el clásico estilo decorativo del “Bicromo en Zonas” de la Región Arqueológica Gran Nicoya representado por el grupo cerámico conocido en la literatura arqueológica como “Bocana Inciso”, ver la Figura No. 5.3.38.

Sitio arqueológico Zanjilla (G-946 Zn) coordenadas CR TM 0.5: 342390 E y 1195560 N

Este yacimiento está cercanamente relacionado a la hidrografía de la margen sur del río Salitral, distanciándose unos 500 m del lecho del cauce. Estos terrenos de potreros y charrales que rondan los 500 msnm pertenecen a la Hacienda Las

Imágenes. Como se mencionó atrás, este sitio solo muestra evidencia que subyace a la capa de tefra, avistada en el corte de un zanja de desagüe.

La inspección cuidadosa de los cortes de terreno de las obras de la plataforma y el pozo permitió inferir que el sitio arqueológico no se extendía por la zona de las obras pues los cortes no proporcionaron información positiva. En tanto que por el flanco norte prosigue un declive considerable, cabría especular que el sitio se extiende por la terraza que se extiende hacia el este. Desde luego que esto solo se podrá confirmar en el caso de que se puedan explorar los sedimentos debajo de la tefra.

La evidencia arqueológica es tenue, destaca tal y como se mencionó atrás, un cuerpo decorado in situ de una vasija de abertura amplia con decoración de incisos múltiples del tipo “Bocana Inciso” el cual se encontró a unos 20 cm del borde inferior del depósito de tefra, ver la Figura No. 5.3.37I. Contextos domésticos en sitios costeros de Bahía Culebra ubican esta clase de recipientes en zonas de actividad culinaria (Sánchez, 2010). A pesar de que no se encontraron artefactos en el entorno inmediato en el piso y cortes del zanja, la actividad cultural fue intensa a juzgar por las buenas proporciones de carbón vegetal en el estrato negruzco subyacente. Como lo señalamos atrás este hallazgo compagina cronológicamente con evidencia coetánea o anterior al periodo Tempisque.

Plataforma 5 (Coordenadas CRTM 0.5: 346280 E y 1197662 N)

Las obras de la plataforma 5 comprenden cerca de unos 10000 m² incluyendo tres lagunas y un pozo. La afectación más profunda del terreno se dio en el desnivel entre el pozo y las lagunas así como en el acceso a la misma donde los cortes irrumpieron mucho más abajo del nivel de la tefra. El reconocimiento arqueológico de las zonas aledañas se circunscribió propiamente a tramos específicos cubiertos de pastizal pues el resto de la topografía está dominada por declives abruptos hacia el norte y sureste de la obra.

La extensa colina situada al oeste, fue enteramente sondeada de acuerdo a la metodología implementada, revisándose además, algunos cortes producto de pequeños deslizamientos en la pendiente del lado sur de la loma. No se evidenció presencia de material cultural. Igualmente explorada, fue la terraza llana que da el acceso a la obra, pero sin resultados positivos. Cabe destacar sin embargo que uno 300 m en dirección al camino y antes de la desviación hacia la plataforma 7, fueron avistados fragmentos cerámicos presentes en cortes del mismo a profundidades no mayores de 40 cm, pero presentes casi que aislada y dispersamente. Restos cerámicos y evidencia de carbón vegetal fue descubierta in situ en el corte del talud que separa la plataforma de las lagunas así como en el perfil de casi 3 m de profundidad que dejó la hechura del tramo de camino que da acceso de la obra.

Sitio Arqueológico Panales (G-944 Pn) coordenadas CR TM 0.5: 346256 E y 1197680 N

Si bien los cateos realizados en la vecindad de la plataforma 5, no ofrecieron información arqueológica por encima del evento volcánico de la tefra, los cortes de la obra mostraron elocuentemente la presencia de un sitio arqueológico cuya ocupación antecede dicho evento. La mayor parte de los hallazgos observados están relacionados a un piso ocupacional asociado a un suelo negruzco inmediatamente inferior al nivel basal del depósito piroclástico con abundante contenido de micro-partículas de carbón vegetal, situación acorde con la evidencia documentada en los sitios Borinquen y Zanjilla, ver Fotografía No. 5.3.43.

188 Fotografía No. 5.3.43 Perfil en corte de camino cercano la plataforma 5, donde se puede apreciar la estratigrafía del lugar, sitio Panales



La situación estratigráfica específica de Panales no permite establecer a cabalidad los linderos e intensidad de la ocupación primigenia de este sitio, ubicado en el borde de una terraza que se eleva casi inmediatamente del cauce de la quebrada Gata, a unos 800 msnm. Los límites asignados, por lo tanto, son tentativos a la espera de implementar una metodología apropiada para evaluar certeramente los recursos arqueológicos pertenecientes a la era precolombina que antecedió a los eventos volcánicos que depositaron la espesa capa de pómez. Los depósitos arqueológicos no parecen ser continuos en el espacio sino obedecer a actividades puntuales, la ubicación de éstos en relación a la terraza hace sospechar que representan unidades habitacionales pequeñas y dispersas, patrón que también podría inferirse de lo reportado en Borinquen y Zanjilla. En la muestra observada

destacan parte de un cuello “Bocana Inciso”, presente en la Figura No. 5.3.37m, un borde “Montecristo Beige”, en la Figura No. 5.3.37h, y un borde y otros cuerpos decorados con incisos similares al tipo “Ballena Inciso”, ver la Figura No. 5.3.37c, j, k y n. Debe reiterarse que esta clase de cerámica en las tierras bajas costeras de Guanacaste se asocia a fases muy tempranas del Periodo Tempisque o bien a una etapa transicional entre Orosí Tardío y Tempisque alrededor de los 300 años a.C. (Lange,1980, Sánchez, 2010).

Plataforma 6 (Coordenadas CRTM 0.5: 347550 E y 1197284 N)

La zona prevista para la plataforma se sitúa sobre una terraza alargada y extensa de unos 300 m que corre en sentido SW-NE. Por el costado norte, esta terraza está delimitada por un cañón profundo y boscoso y al sur por una hondura de mediana profundidad. En vista del difícil acceso al área prevista para la plataforma 6 y a su delimitación provisional, la metodología solo contempló transectos y sus respectivos pozos de cateo cada 25 m sobre las áreas hipotéticamente permisibles para la ocupación humana dentro y en los alrededores de un datum de referencia suministrado para el pozo. Estos recorridos involucraron por lo tanto, un gran transecto sobre la terraza complementado por otros sondeos aleatorios además de otros transectos menores que atravesaran por completo tres lomillas circundantes de pastizales las cuales se encuentran al suroeste de la principal. En definitiva, no se comprobó la presencia de asentamientos precolombinos.

Plataforma 7 (Coordenadas CRTM 0.5: 348043 E y 1198538 N)

La zona originalmente prevista para la plataforma 7 comprende pastizales y tacotales situados sobre una terraza mediana y delimitada en sus costados por declives abruptos. En general se trata de un área de topografía accidentada. Sin embargo, fue posible aplicar plenamente la metodología en aquellos tramos más llanos y susceptibles de ocupación humana los cuales en su mayoría se sitúan sobre la terraza mencionada y sobre los bajos del flanco suroeste. El sector norte y este es todavía más accidentado por lo que se recurrió solo a inspeccionar una terraza bastante llana y regular de unos 50 x 50 m del lado opuesto a la hondura que recorre un riachuelo.

Cortes comunes del terreno por deslizamientos, pisoteo y trillos de ganado, zanjas en diversos puntos del área también permitieron obtener información complementaria sobre la matriz de suelo y estratificación. Los primeros 50 cm de la corteza de suelo muestran un suelo predominantemente café claro franco arenoso tipificado por la recurrencia de lentes de arena gruesa de tono grisáceo. La tefra volcánica también fue avistada en diversos cortes y a considerable profundidad, alrededor de los 2,1 m. El hallazgo de un tiesto sobre el corte de un trillo de ganado no muy lejos del punto de referencia de la plataforma 7 por estar en suelo removido y encontrarse aislado puede considerarse fortuito.

Plataforma 8 (Coordenadas CRTM 0.5: 345337 E y 1198491 N)

Esta plataforma fue prevista dentro para un área de topografía moderada casi completamente cubierta de pastizales. Conforme la referencia original que se nos suministró para la futura construcción del pozo, fue reconocida arqueológicamente una zona de aproximadamente 3 Ha siguiendo la metodología implementada. En vista de que luego se contempla trasladar el pozo e incorporar obras adicionales, se optó por realizar reconocimientos suplementarios que involucraran un área mucho mayor a la originalmente estimada. Ésta se extiende en sentido suroeste a la anterior hasta topar con el camino. Los criterios de reconocimiento para cubrir arqueológicamente la zona faltante fueron, por lo tanto, ajustados de modo que se realizaron cinco grandes transectos en dirección norte-sur asegurándonos de que estos involucraran rasgos topográficos susceptibles de uso antropogénico, entre ellos, la alargada colina que cruza en dirección noreste-suroeste del área.

Restos arqueológicos fueron encontrados principalmente entre la zona original del punto de perforación y el costado noroeste de la colina mayor. Estos oscilan a profundidades que van de los 10 a 50 cm de la superficie sobre la matriz de suelo oscura de textura franco. Estos hallazgos incluyen parte de la base de una vasija monocroma beige, similar en pasta y acabado a los reportados en la plataforma 9 y área circundante (sitio arqueológico Los Planes). Si bien los sondeos que dieron resultados positivos muestran una densidad mínima de material fue posible comprobar la continuidad de los hallazgos sobre la zona indicada. A diferencia de los sitios Borinquen y Los Planes, el sitio aquí documentado tiende a mostrar un patrón característico distintivo por la relativa baja densidad de materiales culturales y de focos específicos de actividad. Por consiguiente, un adecuado muestreo de esta clase de sitios deberá planearse en el futuro.

Sitio arqueológico Búfalos (G-942 Bf) coordenadas CR TM 0.5: 345370 E y 1198480 N

Este sitio de mediano tamaño fue descubierto entre los potreros de la finca Borinquen previstos para la plataforma 8. La fuente fluvial más cercana, a unos 300 m, la representa una quebrada de cauce profundo que corre en sentido sureste-noroeste y que desemboca en el río Ahogados. Los hallazgos quedaron visibles a una profundidad de entre 20 y 50 cm mostrando por lo general una baja densidad en los sondeos. Esta situación sugiere una ocupación tenue y actividades dispersas las cuales se notaron especialmente en una franja de terreno que se extiende por la terraza amplia y dos colinas, una menor por el flanco noreste y una más grande y alargada por el lado sureste que corre en dirección del camino.

El material cerámico diagnóstico observado fue escaso, pero a nivel de acabados y pasta es estrechamente similar a las muestras de Los Planes, en especial a las variedades del grupo "Hermanos Beige". Así como sucede con otros sitios reportados en relativa cercanía a Los Planes como Pileta con un contenido cultural

parecido, cabría analizar la disposición del patrón de asentamiento regional en términos “centro-periferias” de modo que dentro de este esquema Los Planes sea el asentamiento cabecera.

Plataforma 9 (Coordenadas CRTM 0.5: 344196 E y 1197681 N)

Esta obra que cubre unos 9000 m² se sitúa al costado de una terraza extensa de modo tal que la plataforma cortó el declive de ésta exponiendo cortes profundos de hasta 5 m. El área de reconocimiento se extiende principalmente por los potreros de dicha terraza los cuales prosiguen hacia el sur y, hacia el este, del otro lado del camino. El área estipulada para el reconocimiento arqueológico sistemático también abarcó pequeñas porciones de bosque. La presencia de un sitio arqueológico es evidente por la dispersión de cerámica y piedras lasqueadas en los cortes del camino y en los taludes expuestos por la nivelación de la plataforma.

En efecto, se demostró que estos restos arqueológicos dan continuidad al sitio arqueológico Los Planes desde aproximadamente los alrededores de la zona de acceso a la plataforma 9, formando una franja continua en sentido sur unos 300 m de este punto lo cual se determinó fehacientemente a través de los sondeos de pala así como por la presencia de material cultural a lo largo de los cortes del camino desde los 30 a los 60 cm de profundidad, en muchos casos inmediatamente por encima del depósito de tefra.

Por otro lado, la porción oeste del cuadrante prospectado se traslapa con el sector principal de este sitio. Con creces se trata del yacimiento más extenso hasta ahora registrado en el área de Borinquen, se extiende ampliamente por el bosque, en sentido oeste persiste por cerca de 1,7 Km casi hasta topar con los potreros que bordean la plataforma 10.

Debido a la importancia de este sitio, denominado Los Planes, se procuró utilizar una metodología de reconocimiento específica, de modo que transectos continuos cada 50 m fueron recorridos en sentido norte-sur del camino de acceso al bosque, no solamente para precisar los límites espaciales del asentamiento sino también como un esquema de referencia para destacar cuáles áreas arrojaron mayor cantidad de materiales arqueológicos. En este caso los sondeos de pala funcionaron en el sentido de que permitieron observar las características de la ocupación por sobre el nivel de la tefra volcánica. Además, se obtuvieron pistas o marcadores preliminares sobre la posibilidad de que existan varios componentes culturales en áreas específicas. Densos depósitos de cerámica y lítica con un buen nivel de preservación señalan contextos arqueológicos óptimos para excavaciones estratigráficas y horizontales.

Sitio arqueológico Los Planes (G-943 LP) coordenadas CR TM 0.5: 344077 E y 1197720 N

Este es el yacimiento arqueológico más grande y probablemente el más complejo reportado en este estudio. Cubre principalmente una terraza amplia entre las curvas de nivel 620 y 640 msnm, aunque una buena porción del área de ocupación cultural al este se distingue por una topografía ligeramente más sinuosa conformada por varias lomas y terrazas menores. Una buena parte del sitio coincide con una considerable franja de bosque primario el que prácticamente se extiende desde la plataforma 9 hasta la 10. La quebrada más cercana se encuentra a unos 500 m, mientras el río Salitral se localiza por alrededor de los 1800 m de distancia. Esto indica relativa lejanía del sitio con respecto a fuentes de agua principales, situación poco común para un asentamiento humano y de esta categoría. Sin embargo, observando el relieve del área se notan al menos un par de desagües que corren en dirección noreste-suroeste, siendo quebradas intermitentes.

En el centro-oeste del sitio arqueológico sobresale un área funeraria con estructuras de cantos de río y lajas, la cual ha sido ampliamente perturbada por el huaquerismo. No menos de 50 huaqueos fueron localizados a lo largo y ancho de un área de unos 40 m x 40 m, lo que correspondería a un cementerio de considerable envergadura. Los estilos cerámicos más comunes observados de la matriz revuelta de suelo extraída de los saqueos son los tipos “Chaves Blanco sobre Rojo”, ver la Figura No. 5.3.34d, f y j, “Hermanos Beige”, en la Figura No. 5.3.34q-u, y un tipo muy parecido a “Charco Negro sobre Rojo” como el representado en la Figura No. 5.3.34b, que ilustra una base con soporte desprendido. La recurrencia de estos tipos cerámicos no sorprende al tratarse de componentes funerarios reiteradamente reportados en estudios previos en la zona de estudio y a nivel del pie del macizo volcánico. Otros fragmentos de cerámica hallados alrededor de algunos huaqueos describen pastas finas y acabados más acordes con la vajilla policroma distintiva de la parte final del período Bagaces o bien del período Sapoá. Preliminarmente puede argüirse, por lo tanto, que la zona descrita corresponde a un emplazamiento funerario multi-componente, que abarcó al menos la parte media y tardía del periodo Bagaces (500 – 800d.C.) y quizás el periodo Sapoá (800-1350 d.C), ver la Fotografía No. 5.3.40.

189 Fotografía No. 5.3.44 Pilares de piedra observados en el sector funerario, sitio Los Planes



Aparte del componente funerario, en Los Planes se describen otras áreas que parecen corresponder a actividades funcionalmente diversas. Buena parte de los sondeos además de zonas de suelo expuesto y cortes del sendero interno del bosque expusieron buenas proporciones de implementos y desechos de industrias líticas lasqueada y picada. En el primer caso, la materia prima más abundante corresponde a calcedonias finas de tono principalmente amarillento no muy distintas a la materia prima observada en afloramientos conocidos en el área, por ejemplo, la del “tajo” ubicado cerca del poblado de Las Lilas (a unos 2,5 km lineales aproximadamente). Implementos de molienda, entre ellos plataformas, en la Figura No. 5.3.38a, manos de moler, en la Figura No. 5.3.38b, soportes y platos de metate también fueron ubicados con relativa frecuencia. Algunos de ellos, en lavas vacuolares, presentaban relieves y decoraciones. También se halló evidencia concreta de producción in situ de estos bienes al hallarse un nódulo picado a medio terminar en contextos tipificados también por buenas proporciones de cerámica.

El reconocimiento sistemático del área circundante a las plataformas 9 y 10 permitió proponer una sectorización de este extenso asentamiento precolombino, tomando en cuenta criterios sobre el relieve, densidad relativa del material y las características de la evidencia encontrada. En principio, se proponen tres sectores diferenciados: el principal que ocupa la parte centro-oeste (Sector A) incluyendo los conjuntos funerarios ya descritos; sobre el sector este del asentamiento (Sector B), una zona presuntamente residencial y con diferencias sensibles en el componente cultural según lo observado hasta ahora y, en el sureste propiamente sobre la lomilla al flanco sur de la plataforma 9 en la transición potrero-bosque, el Sector C que segrega una zona de menor tamaño con evidencia relativamente menos profunda y con cerámica policroma como la que se ilustra en la Figura No. 5.3.34 y parecida al tipo “Mora Policromo” del

periodo Sapoá (800-1100 d.C.) en la versión actualmente vigente de la periodización de la región arqueológica de la Gran Nicoya

Sobre las diferencias entre el sector A y B, nos referimos a que si bien es cierto que la mayor parte de cerámica vista en ambos sitios corresponde a tiestos monocromos y bicromos que caben en la descripción general del tipo “Hermanos Beige”, vimos leves diferencias formales, como por ejemplo, la tendencia a un mayor engrosamiento de los bordes en el caso del Sector A. Diferencias de esta índole suelen a veces indicar episodios de tiempo realmente cortos, por ejemplo, a nivel de unas pocas generaciones de alfareros. Otro indicador a tomar en cuenta es la recurrencia de tiestos del tipo “Chaves Blanco Sobre Rojo” en el sector A, del cual no vimos representación en el B. Entre las muestras del Sector B, sobresale un borde del tipo “Cervantes Inciso Punteado” (Baudez, 1967) ilustrado en la Figura No. 5.3.34r, tipo que en nuestra opinión, demarca la parte más tardía del P. Tempisque. De igual forma, el borde de una taza intencionalmente ahumada del tipo “Guinea Inciso”, en la Figura No. 5.3.34p, y otros bordes, ver la Figura No. 5.3.34s, u y v. De las numerosas muestras de materiales observados en el Sector A, no vimos representaciones de estas últimas variedades de cerámica.

Plataforma 10 (Coordenadas CRTM 0.5: 340 683 E / 1196 388 N)

La zona prevista para la plataforma 10 contempla una terraza de superficie relativamente uniforme la cual está circundada por elevaciones menores en los flancos oeste y suroeste y una colina de mayor extensión por la parte noreste, de frente al bosque que se extiende hasta la plataforma 9. El recorrido completo de unas 4 Ha por medio de transectos y de sondeos cada 25 metros se vio favorecido por la topografía moderada del área y a causa de que se trata de una zona casi enteramente cubierta de pastizal bajo.

La estrategia de reconocimiento sistemático resultó en el descubrimiento de un sitio arqueológico, el cual está asociado a la capa superior de suelo entre los 10 y 40 cm y que se extiende en dirección de una franja que coincide aproximadamente con la sección sur del punto central de referencia donde se construirá la plataforma. El asentamiento parece extenderse en dirección de la colina atrás mencionada además de otros espacios bastante llanos alrededor de ésta.

Sitio arqueológico Pileta (G-945 PI) coordenadas CR TM 0.5: 342788 E y 1197480 N

Este sitio se encuentra a menos de 500 m al este del sitio Los Planes ocupando pastizales que se extienden por una terraza de topografía relativamente uniforme, una colinita menor en el flanco oeste y las faldas de otra más alta y extensa por el flanco noreste. Esta loma separa, en efecto, este sitio del vecino asentamiento precolombino de Los Planes. Hidrológicamente, Pileta también forma parte del sistema de desagües que en sentido noreste-suroeste caen en el río Salitral. Las características de este sitio son muy similares a Búfalos, pero muestra una relativa

mayor proporción de restos arqueológicos según lo observado en los cateos. La evidencia subyace desde la superficie hasta los 40 cm de profundidad, notándose que las zonas de la terraza baja y no las elevaciones son las que contienen más evidencia. La colinita pequeña y erguida expuso un afloramiento de tobas alrededor del cual se observó una zona de fuerte alteración, sin embargo, no se avistaron restos arqueológicos inmediatos a ellos. Estas alteraciones de la matriz de suelo pueden corresponder a eventos recientes como pisoteo de ganado sedimentado, madrigueras, pozos y hasta alteraciones provocadas por grandes hormigueros.

No fue posible encontrar suficientes elementos arqueológicos diagnósticos en Pileta, pero desde el punto de vista tecnológico, las pastas y acabados de los cuerpos cerámicos encontrados son afines a las muestras halladas en Los Planes. Un borde monocromo cuya orientación es casi vertical exhibe un tipo de pasta común en variedades del tipo "Mojica Impreso". El borde de engobe rojo de una escudilla también presenta atributos morfológicos observables en cerámica del Periodo Tempisque, por ejemplo en el tipo "Rosales Esgrafiado", presente en la Figura No. 5.3.34i. De forma tentativa ubicamos cronológicamente éste sitio en el periodo Tempisque (300a.C. a 500d.C.).

Escombreras 1 y 2

Debido al relieve ondulado y quebrado de la zona donde se colocarán las escombreras se recorrió aquellos terrenos llanos ubicados en pequeñas terrazas o lomas que bordean una ondulación profunda a lo largo de un eje de unos 1300 m que une las coordenadas: CRTM 0.5 1196388.832 N y 344074.924 E y 1197458.921 N y 344191.235 E. En este trayecto, dominado por potreros y bosque secundario se hicieron sondeos cada 50 m, tratando de revisar además zonas propicias para asentamientos humanos. Alternativamente y conforme dos puntos de referencia para las escombreras 1 y 2, se efectuaron pequeños transectos en sentido norte-sur y este-oeste, utilizando como punto central para la 1 las coordenadas CRTM 0.5: 1196230 N - 344292 E, mientras que para la 2 las coordenadas 1197010 N- 344290 E. Para cada uno de estos dos lugares de escombreras los sondeos se hicieron cada 25 m, en un radio de 150 m. Llama la atención que habiendo en la escombrera 1 una extensa terraza de topografía uniforme, no se haya encontrado evidencia de un asentamiento. Por el contrario, en la escombrera 2 una elevación que sobresale ligeramente del terreno llano marcó la presencia de una localidad con restos arqueológicos.

Sitio arqueológico Ajuate (G-941 Aj) coordenadas CR TM 0.5: 342788 E y 1197480 N

Este sitio ocupa pequeñas elevaciones sobre las terrazas ondulantes entre los 560 y 580 msnm flanqueadas por el este y oeste por sendos desagües profundos que desembocan en el río Salitral. Ajuate está a tan solo 500 m al sur de uno de los yacimientos más grandes del área, Los Planes. Las características de este sitio no

distan mucho de otras localidades menores encontradas en el presente estudio y tipificadas en general por la relativa dispersión y baja densidad de materiales culturales. En Ajuate, llama la atención sin embargo, una zona particular asociada a un estrato oscuro cuya profundidad oscila entre los 30 y 50 cm de la superficie. Esta área específica se extiende por unos 40 x 20 m formando pequeños rasgos de rocas angulares. Sondeos a distancias de 5 m o menores se realizaron para tratar de delimitar más certeramente esta zona y obtener información preliminar sobre su contenido cultural.

Entre lo sobresaliente observado en los cateos destaca un pesado y muy buen logrado hachode de un material ígneo compacto parecido al gabro o la peridotita (Geólogo Manuel Barrantes, conversación personal, 2012), distintivo por la homogénea superficie verdosa, a simple vista, parecida a la pátina que se les forma a las piezas de cobre, Figura No. 5.3.38e. Morfológicamente, este artefacto tiene la peculiaridad de tener los bordes y esquinas bien perfilados, especialmente en lo que concierne a la zona distal o de enmangue. También se encontró material lasqueado, ver la Figura No. 5.3.38c, y cerámica de características muy particulares. Se trata de fragmentos de una vajilla ordinaria de facciones no tan cuidadas como las que comúnmente se encuentran en la alfarería de la Región Arqueológica de la Gran Nicoya. Las superficies por ejemplo, no son muy uniformes dejando ver estrías y otras irregularidades. Desafortunadamente no logramos observar secciones más diagnósticas de vasijas como para establecer una mejor opinión sobre la cronología de este asentamiento.

Área de influencia directa e indirecta.

Como complemento de la investigación realizada en el área del proyecto donde se identificaron los sitios precolombinos atrás reseñados, se visitaron otros lugares cercanos que presentan evidencia arqueológica. Esta labor se logró al entrevistar a diferentes lugareños, luego se solicitó autorización de ingreso a las propiedades. Una vez obtenido el permiso se realizaron inspecciones puntuales, obteniendo información preliminar acerca de las características de los sitios.

Sitio arqueológico Berlín (G- 955 Br) coordenadas CR TM 0.5: 341003 E y 1198700 N

Con el propósito de buscar a un propietario, en el poblado de Las Lilas, para solicitar un permiso para ingresar a su finca, visitamos una propiedad donde éste trabaja. El mandador nos informó acerca de la existencia de un petroglifo y varios cementerios precolombinos muy huaqueados en el lugar, así como una mina donde algunas compañías extranjeras extrajeron oro hace algunos años. Aprovechando la visita, el mandador de la finca nos guió y enseñó un petroglifo que se ubica en la margen derecha de la quebrada Berlín. Durante el recorrido para llegar hasta el sitio se observó fragmentos cerámicos identificándose el tipo "Hermanos Beige". El petroglifo se halla grabado en una piedra de gran tamaño y presenta diseños variados, tales como espirales, serpientes, cruces, figuras

antropomorfas y geométricas. A pocos metros de ahí se halló una escultura zoomorfa observándose solo la cabeza. Según el mandador algunas personas trataron de extraerla por eso él la cubrió con tierra para protegerla. Un dato interesante es la presencia de una oquedad circular de una piedra en mitad de la quebrada, ésta se halla colocada de forma horizontal similar a otro grabado reportado en el sitio Los Ahogados al cual le referiremos más adelante, en la Fotografía No. 5.3.45.

Sitio arqueológico Fortuna (G-951 Fr) coordenadas CR TM 0.5: 340857 E y 1196583 N

Al norte de las estribaciones del cerro Fortuna propiedad de la Hacienda Los Pedernales, se extiende, en un terreno llano dedicado al pastoreo, el sitio arqueológico Fortuna. Por las características de la evidencia observada se trata de un cementerio huaqueado compuesto por cantos de río, algunas lajas pequeñas y un mojón seccionado. Durante la inspección se contabilizó alrededor de 57 huecos que fueron rellenados con tierra para evitar que el ganado sufra algún accidente.

Los restos cerámicos identificados en los alrededores de los huaqueos se asociaron al periodo Sapoá. Los lugareños comentan que de este sitio se extrajo artefactos en oro de ahí el estado de deterioro que presenta, ver Fotografía No. 5.3.46.

190 Fotografías No. 5.3.45 y 5.3.46 Izquierda escultura en piedra semienterrada, sitio Berlín. Derecha mojón encontrado en el sitio Fortuna, obsérvese al fondo el cerro del mismo nombre



Sitio arqueológico Pemales (G-658 Pr) coordenadas CR TM 0.5: 340857 E y 1196583 N

Este sitio también se halló dentro de la finca Los Pedernales, situada en las inmediaciones del pueblo Las Lilas. Consiste en un cementerio muy huaqueado, aún se logran observar al pie de una loma de regular tamaño algunas lajas y cantos de río dispersos en un sector de potrero, también se encontró un mojón que presenta cortes intencionales. Al explorar las inmediaciones de este sector fue posible detectar fragmentos de cerámica y lítica como metates lascas y herramientas en jaspe amarillento, ver la Figura No. 5.3.38g, asociados temporalmente al periodo Sapoá (800-1350 d.C.). El área de dispersión de materiales culturales a nivel superficial es muy extensa, quizás abarcando varias hectáreas como es el caso del sitio Los Planes. En toda la hacienda es posible identificar sectores funerarios, conjuntos de petroglifos y quizás sectores habitacionales propios de un gran asentamiento. Pero, por tratarse de visitas muy puntuales y por el hecho de estar fuera del área del proyecto, se catalogan como sitios diferentes.

Sitio arqueológico Dos Quebradas (G-956 DQ) coordenadas CR TM 0.5: 340773 E y 1194450 N

Sitio funerario muy huaqueado ubicado en un área de bosque en regeneración en la Hacienda Las Imágenes, propiedad del Sr. Perry Brock Menking. Los rasgos están dispuestos en ambas márgenes de la quebrada Krica y en grupos bien definidos lo que sugiere que puedan representar unidades familiares o clanes. Fueron construidos con lajas de gran tamaño y escasos cantos de río. Se contabilizaron alrededor de 21 huaqueos y dentro del material disperso en los diferentes rasgos se identificó lítica pulida como el hachode ilustrado en la Figura No. 5.3.38d. Los tipos cerámicos, “Potosí Aplicado”, en la Figura No. 5.3.34a, “León Punteado”, “Mora Policromo” de la variedad “Mora”, ver la Figura No. 5.3.34x, y variedades semejantes a “Guinea Inciso” y “Hermanos Beige”, indican que el emplazamiento funerario cronológicamente se extendería hasta el periodo Sapoá, ver la Fotografía No. 5.3.47.

Sitio arqueológico Coyol (G-952 Cy) coordenadas CR TM 0.5: 341029 E y 1194336 N

Cementerio deteriorado localizado en la Hacienda Las Imágenes. Los informantes mencionan que en épocas pasadas se observaban cantidad de huecos en el potrero, pero actualmente solo se logró localizar un huaqueo de aproximadamente 3 x 3 m de diámetro debajo de un árbol, aparte de algunas depresiones del terreno que tal vez representen pozos de huaquero rellenos. Además en ese sector se detectó lajas, un mojón trabajado, fragmentos cerámicos de gran tamaño, algunos artefactos y desechos de lítica lasqueada y picada. En otras áreas del potrero se ven acumulaciones de rocas y tierra removida además de la presencia de material arqueológico asociado, es probable que el terreno haya sido barrido rellenando los huecos con el propósito de nivelarlo. Dentro de los fragmentos cerámicos observados se identificaron los tipos “Chaves Blanco sobre Rojo”, “Tola Tricromo”,

“Hermanos Beige” y “Guinea Inciso” sugiriendo que el sitio pertenece al periodo Bagaces.

191 Fotografía No. 5.3.47 Nótese la cantidad de lajas producto del saqueo, sitio Dos Quebradas

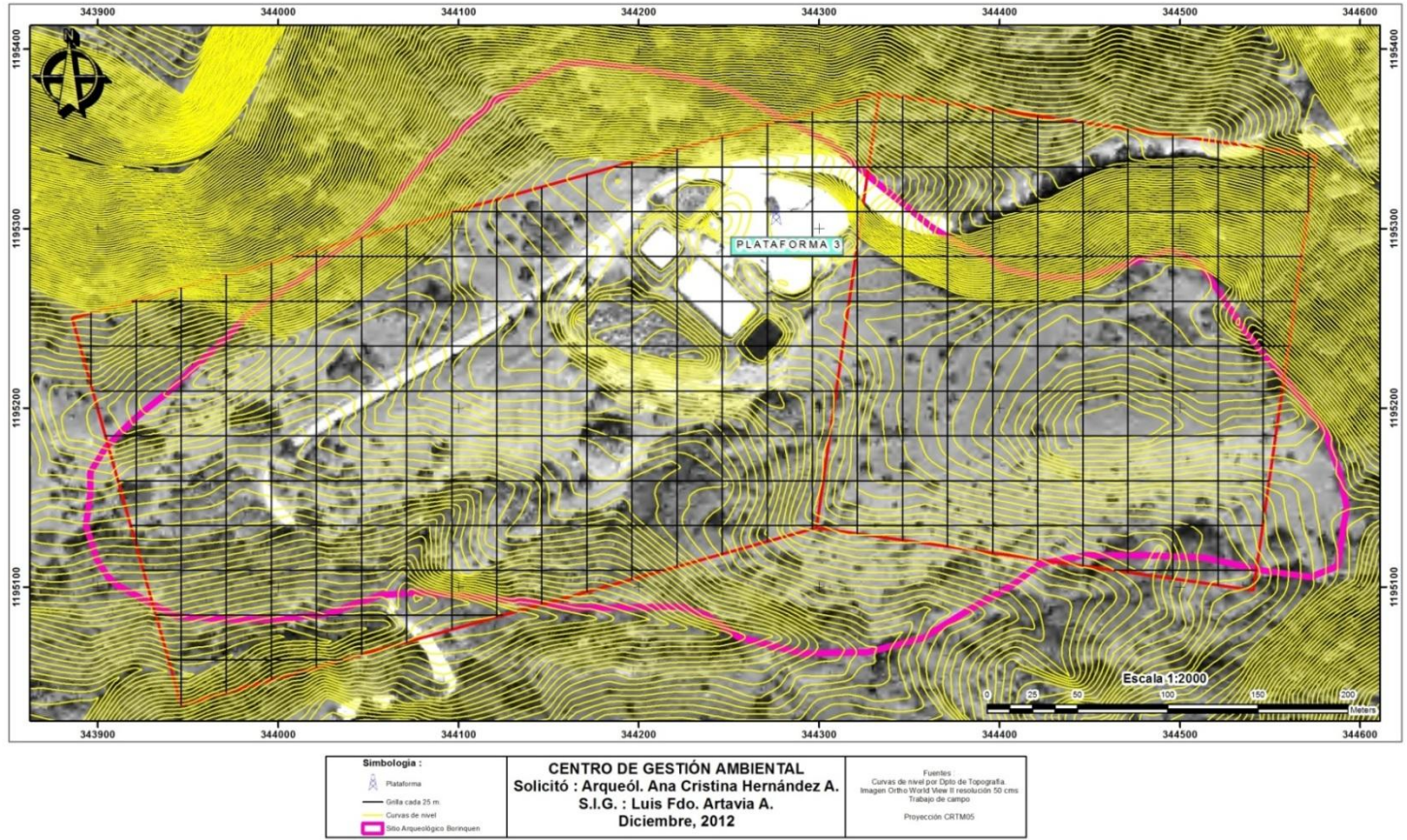


161 Figura No. 5.3.34 Representación de la cerámica estilísticamente asociable a los periodos Bagaces y Sapoá los cuales fueron reportados en los sitios de la prospección arqueológica PG Borinquen.

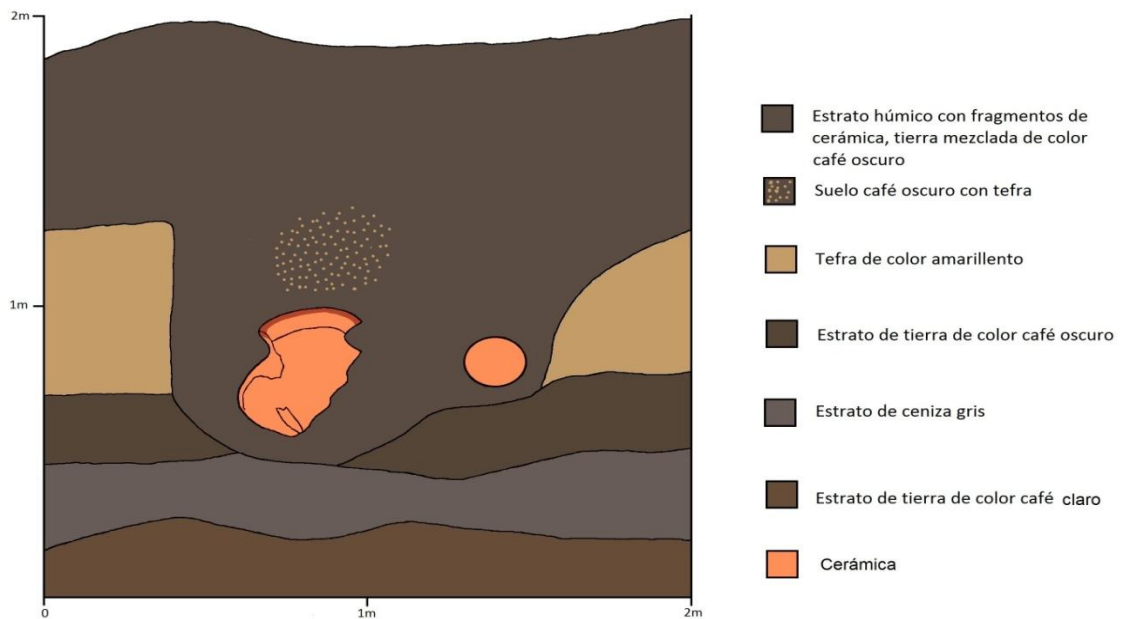


162 Figura No. 5.3.35 Delimitación de sitio arqueológico Borinquen (G-935 Br), según el cuadrante prospectado alrededor de la plataforma 3

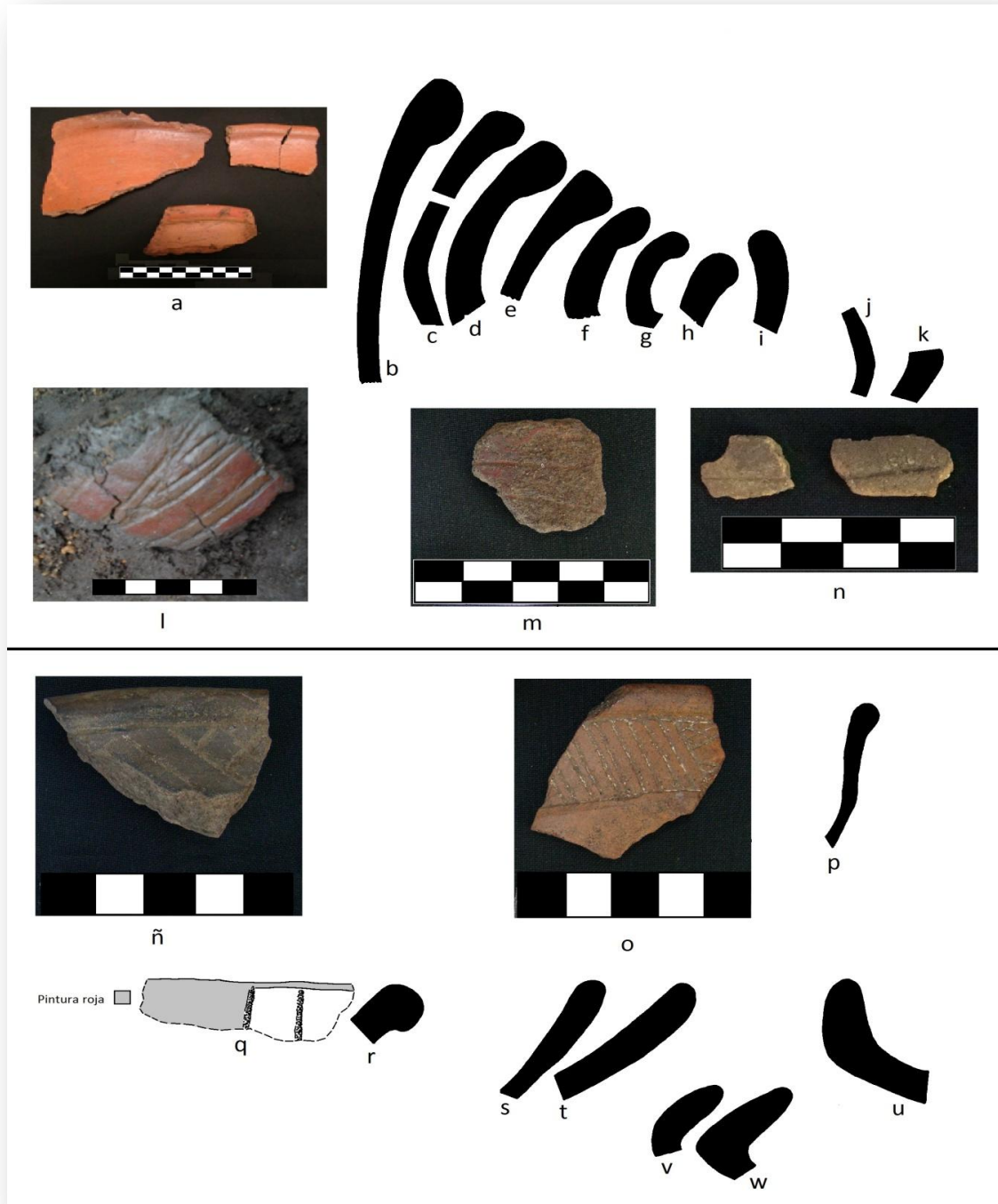
SITIO ARQUEOLÓGICO BORINQUEN - P. G. BORINQUEN



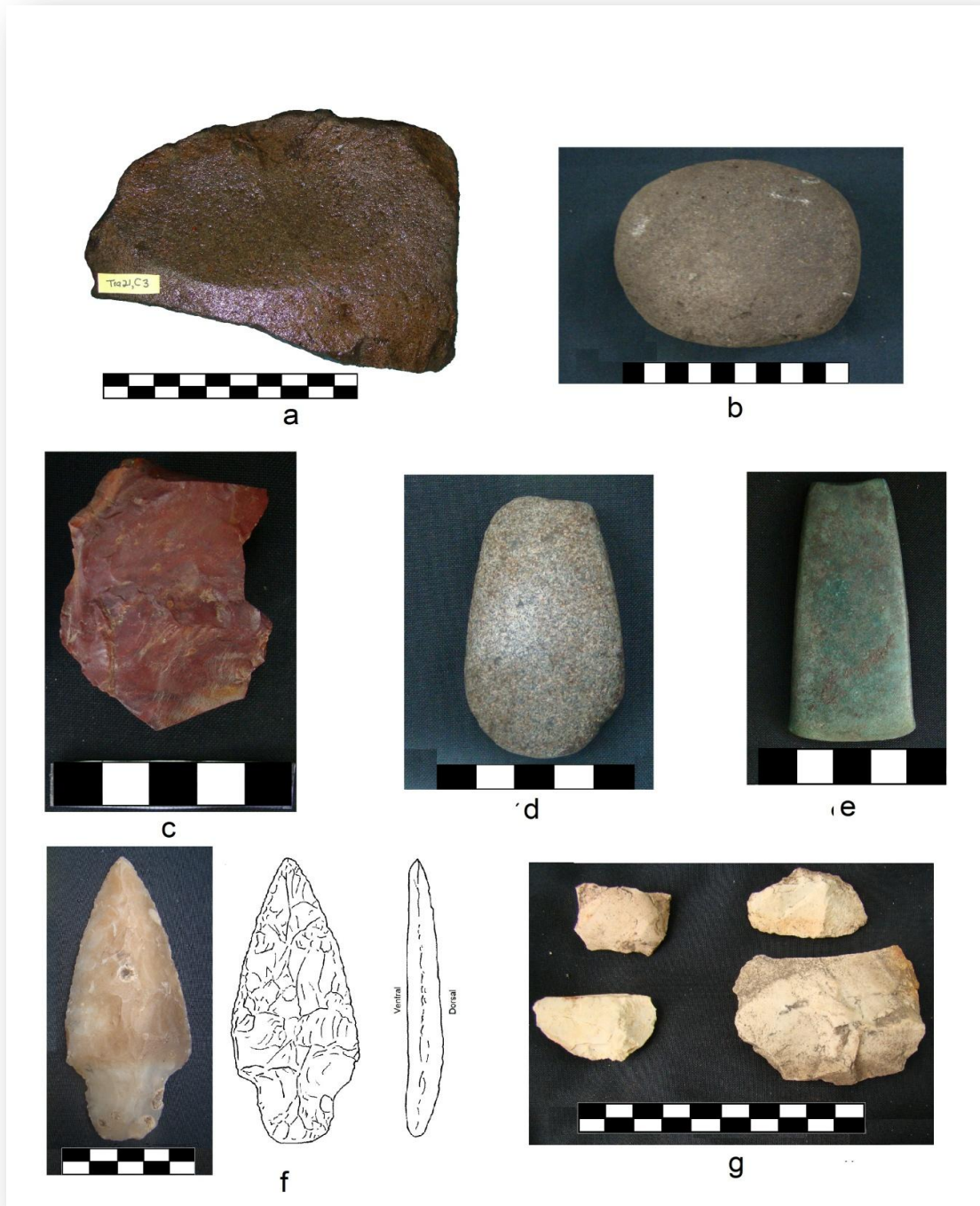
163 Figura No. 5.3.36 Fotografía y dibujo del perfil de la zanja del sitio Borinquen (G-935 Br) en la que se ilustra la secuencia deposicional.



164 Figura No. 5.3.37 Viñeta que muestra las particularidades estilísticas de la cerámica precolombina observada en el PG Borinquen correspondiente a las fases de ocupación más antiguas hasta ahora descubiertas: Orosí Tardío-Tempisque (arriba) y Tempisque (abajo)



165 Figura No. 5.3.38 Ilustración de diversos implementos líticos observados en el estudio arqueológico PG Borinquen.



Sitio arqueológico Santa Anita (G-948 SA) coordenadas CR TM 0.5: 344120 E y 1200040 N

Este es un sitio funerario muy particular ya que se localiza en una depresión en las estribaciones de dos lomas, lo que ha ocasionado que el agua fluvial deposite cantidad de sedimento sobre él. Según versión de informantes hace algunos años se lograba ver algunos túmulos de tierra. Actualmente se observaron dos huaqueos y en sus alrededores lajas pequeñas, rocas angulares, dos petroglifos con diseños abstractos, fragmentos de cerámica y lítica (metates, hachas pulidas). El hecho de encontrarse en una zona con cobertura boscosa (Hacienda Borinquén) ha contribuido a que los huaqueros no lo hayan perturbado en gran medida. Según información suministrada por un informante, de este sitio se extrajo una pieza cerámica cuya forma es una copa que presenta incisos profundos formando diseños geométricos y cuatro pelotas de pastillaje colocadas verticalmente debajo del labio, en la Figura No. 5.3.39. Por las características tanto estilísticas como de pasta es probable que esta vasija sea producto del intercambio con otras regiones arqueológicas cercanas.

166 Figura No. 5.3.39 Vasija en forma de copa hallada en el sitio Santa Anita



Sitio arqueológico Los Pinos (G-949 LP) coordenadas CR TM 0.5: 344792 E y 1200126 N

Se halla en la propiedad del Sr. Adolfo Jiménez (Corporación Ganadera Interamericana), en un área cultivada de pino, según datos suministrados por lugareños al momento de cavar un hueco para instalar un poste de cerca se halló

un presunto rasgo quizás funerario conformado por cantos de río y, asociado a éste, fragmentos de cerámica y lítica precolombina. También se menciona que en este lugar se cultivaban algunos granos y al momento de limpiar el terreno para la siembra se encontraban fragmentos grandes de cerámica y algunas hachas pulidas. Actualmente la maleza impide observar el lugar por lo tanto la información recabada es preliminar.

Sitio arqueológico La Fe (G-947 LF) coordenadas CR TM 0.5: 342786 E y 1202161 N

La Fe es un sitio ubicado en una loma dedicada al pastoreo, la evidencia se halla expuesta en un corte de camino que lleva al pueblo Los Ángeles. En el perfil suroeste del corte, que dicho sea de paso es el de mayor altura, se logró observar a una profundidad aproximada de 70 cm algunos fragmentos de cerámica y lítica lasqueada confeccionada con jaspe rojo. Por las características de la evidencia detectada, este sitio se asoció al período Bagaces. Una limitante para explorar el lugar fue la ausencia del propietario al momento de la visita, lo cual impidió obtener el permiso de ingreso a la propiedad.

Sitios arqueológicos con presencia de conjuntos de petroglifos

En el área de estudio se han identificado cinco nuevos sitios arqueológicos que poseen petroglifos, es decir, símbolos grabados en piedra elaborados por grupos precolombinos donde se registran hechos, visiones e historias. Estos grabados fueron documentados mediante fotografías, calcos y hojas de registro. El estado de conservación de los grabados en algunos casos es bueno pero por lo general se hallan deteriorados y fracturados por diversos factores como la erosión, la exposición a la intemperie y el estar sometidos a los cambios climáticos y a daños antropogénicos tales como quemas, remoción, extracción y lavado.

Los diseños se plasmaron en rocas de diferentes tamaños asociadas en la mayoría de los casos a ojos de agua o nacientes, con representaciones en bajo y medio relieve. Las técnicas de manufactura utilizadas fueron el picado o martillado indirecto, la incisión y el raspado, utilizando herramientas de piedra de mayor dureza que la roca trabajada. Por último, los trazos se pulían adicionando abrasivos para darle un mejor acabado. Por lo general los petroglifos se hallan agrupados y es posible que estén asociados con sitios funerarios y habitacionales cercanos, donde se ha identificado cerámica de los periodos Bagaces (300-800 d.C.) y Sapoá (800-1350 d. C.) de la Región Arqueológica Gran Nicoya.

Las representaciones de los diseños se pueden clasificar en tres grupos a saber: 1- Figuras antropomorfas (caras con diferentes expresiones y formas, algunas con tocados, cuerpos que consisten en líneas), 2- Figuras zoomorfas (serpientes, monos), 3- Figuras abstractas (líneas, figuras geométricas -círculos, óvalos, rectángulos-, espirales, elementos cruciformes) difíciles de interpretar. Estos motivos se pueden encontrar aislados o en grupos formando un solo diseño.

Seguidamente se presenta la información recabada en cada sitio arqueológico donde se halló los conjuntos de petroglifos tanto en el área del proyecto así como en sus alrededores inmediatos.

Sitio arqueológico Las Lilas (G-766 LL) coordenadas CRTM 0.5: 341264 E y 1198084 N

Se ubica en la comunidad denominada Las Lilas del cual se deriva su nombre, está asociado a un ojo de agua que actualmente abastece el pueblo y comunidades cercanas. En el año 2005 fue registrado en la base datos de Museo Nacional de Costa Rica por la arqueóloga Hernández. En dicha ocasión se documentaron cuatro grabados tallados en rocas grandes y los motivos representados son máscaras y figuras antropomorfas (masculina y femenina) con tocados. Probablemente se trata de alguna ceremonia ritual donde se representa a un personaje importante quizás un “chamán”, ver la Fotografía No. 5.3.48.

192 Fotografía No. 5.3.48 Petroglifo 1: sitio La Lilas, representación de máscaras



Como parte de la prospección arqueológica para el PG Boriquen se visitó nuevamente el sitio Las Lilas y se identificó el petroglifo número 5 situado a unos 100 m al este de los anteriores que por su proximidad se asoció a este mismo grupo, pero su diseño difiere de los anteriores. Además, se halla en una pendiente y su orientación apunta hacia una zona llana donde se encuentra actualmente el pueblo. Su ubicación se puede apreciar desde la zona más baja. Se esculpió en la pared plana de una piedra de gran tamaño donde se pueden dilucidar varias representaciones zoomorfas y abstractas utilizando técnicas que nos hacen pensar que fueron realizados en diferentes momentos de tiempo, ver Fotografía No. 5.3.49.

Sitio arqueológico Ahogados (G-767 Ah) coordenadas CR TM 0.5: 341273 E y 1198035 N

Está situado en una naciente en las estribaciones de unas lomas dedicadas al pastoreo en el poblado de Las Lilas. Se trata de un grupo de petroglifos y lo que denominamos afiladores, es decir, aquellas rocas que se utilizaron para dar el acabado final a herramientas en piedra o para afilarlas, en algunos casos parece que las oquedades o huellas dejadas pueden formar parte del diseño. En total se identificaron 61 ejemplares además de una preforma de escultura y una roca de gran tamaño con cortes intencionales que nos permiten inferir que este lugar fue utilizado como taller para confeccionar herramientas y esculturas. Si bien muchos de los grabados hallados muestran sencillez en los diseños representados, otros son más complejos; utilizan la técnica de bajo y medio relieve y muestran un contenido más elaborado quizá mágico-religioso que nos hace pensar en la práctica de algún tipo de ritual, ver las Fotografías No. 5.3.50 y No. 5.3.51.

Dentro de los petroglifos reportados en este sitio resaltan el diseño de un triángulo invertido sobre otro triángulo que según varios investigadores es la forma de representar la constelación de Orión por algunos grupos antiguos de América del Sur (Gutiérrez L. M. y M.A. Torres, 2005). También llama la atención un diseño que presenta una oquedad circular y once triángulos en su contorno formando una corona; es posible que se trate de un reloj de sol muy artesanal o simplemente, la representación del Sol, ver Fotografías No. 5.3.52 y No. 5.3.53.

Dentro de este grupo de petroglifos es muy recurrente la presencia de caras antropomorfas ya sea individuales o formando conjuntos. Estas pueden tener forma circular, rectangular o triangular con tocados o sin ellos, en algunos casos estos últimos podrían tener otra interpretación porque se encuentran inconclusos. La figura antropomorfa completa se halla únicamente en dos grabados, en las Fotografías No. 5.3.54 y No. 5.3.55.

Al explorar los alrededores del conjunto de petroglifos se detectó fragmentos de cerámica y lítica del periodo Bagaces y Sapoá. Los informantes mencionan algunos cementerios cercanos que fueron muy huaqueados en otras épocas, actualmente los huecos fueron sepultados para evitar más saqueos. Llama la atención una punta de lanza bifacial (largo 12 cm, ancho 4,8 y grosor 1,7 cm) hallada por un lugareño en una terraza contigua a la naciente, presente en la Figura No. 5.3.38f. Una muy similar en forma, tamaño y hechura fue observada por A.C. Hernández y L.A. Sánchez en los alrededores de pueblo El Llano a orillas del río División como parte del Proyecto Hidroeléctrico Savegre. Un artefacto bifacial muy parecido a éste, con pedúnculo corto y redondeado, se reporta en la cuenca del río Belén en el Atlántico panameño del que se presume, representa una herramienta de importación mesoamericana, quizás, un cuchillo ceremonial. (Cooke y Sánchez, 2003) Figura No. 5.3.37a. No extraña que esta técnica de manufactura esté presente en herramientas de los últimos periodos precolombinos de la región, pero no debe descartarse que forme parte de un componente cultural

más antiguo. La materia prima de la punta de Los Ahogados, fue confeccionada en sílex; según información suministrada por el Geólogo Manuel Barrantes, funcionado del ICE, existe una cantera de este material silíceo (tipo pedernal) con coloraciones similares a la punta a unos 2,5 km al sureste del cruce de la calle asfaltada y el camino de acceso al pueblo Las Lilas, probablemente los grupos antiguos que habitaron la zona también utilizaban este lugar para extraer el material.

193 Fotografía No. 5.3.39 Diseño complejo muy deteriorado en petroglifo 5, sitio Las Lilas



194 Fotografía No. 5.3.40 y No. 5.3.41 Izquierda obsérvese en la parte superior del grabado 54 afiladores que parecen formar parte del diseño. Derecha escultura arqueológica inconclusa, sitio Los Ahogados



195 Fotografías No. 5.3.42 y No. 5.3.43 Izquierda petroglifo 50, destaca un triángulo invertido sobre otro que según algunos investigadores puede tratarse de la representación de la constelación de Orión. Derecha posible reloj solar o representación del astro rey, sitio arqueológico Los Ahogados.



196 Fotografía No. 5.3.44 y No. 5.3.45 Izquierda petroglifo 47 presenta diseño complejo. Derecha figura antropomorfa en grabado 28, sitio Ahogados.



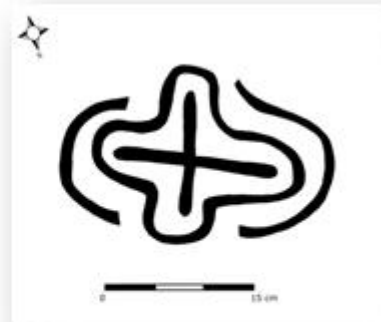
Sitio arqueológico Indio Pintado (G-957 IP) coordenadas CR TM 0.5: 341325 E y 1197051 N

El sitio se ubica en las cercanías del poblado Las Lilas, específicamente en la Finca Los Pedernales. El conjunto de quince grabados se halla diseminado en lo alto de una loma donde arrecia el viento con fuerza, actualmente este terreno se dedica al pastoreo. La panorámica desde este lugar es excelente observándose la línea de costa, los cerros Fortuna, San Roque y Cañas Dulces y el cono del

Volcán Rincón de la Vieja. Hacia el sur de la loma, pendiente abajo, se encuentra una quebrada intermitente. En la época de verano los pastizales son incendiados lo que ha provocado que las piedras al estar sometidas a temperaturas muy altas se revienten o se exfolien deteriorándose o perdiendo irremediablemente varios diseños.

En este sitio sobresale el diseño cruciforme también llamado cruz de KAN, este tipo de diseño se ha documentado en diferentes países tales como Cuba, Perú, Venezuela y México. Para los grupos mayas este símbolo representa al planeta Venus. Según el investigador Domingo Sánchez (2002) destaca la similitud de los diseños encontrados en Venezuela y otros países suramericanos con los de Mesoamérica planteando como hipótesis que pueden tener el mismo significado. El conocimiento astronómico desarrollado por los grupos humanos antiguos que habitaron el planeta ha asombrado a científicos en la actualidad. Los astros más destacados que fueron observados por las diferentes culturas fueron el Sol, la Luna, Venus y algunas constelaciones. Para el caso del sitio Indio Pintado es probable que el símbolo cruciforme este representando al planeta Venus ya que por su ubicación es posible verlo en el firmamento desde su aparición matutina y vespertina. Los cuatro símbolos reportados en el sitio Indio Pintado están plasmados en diferentes posiciones de las rocas lo que permitiría inferir que se trata de la trayectoria del planeta en diferentes momentos de tiempo donde la persona que lo esculpió lo observó, ver la Fotografía No. 5.3.46.

197 Fotografía No. 5.3.46 Obsérvese el símbolo cruciforme del petroglifo 10, sitio Indio Pintado



Otro dato interesante de este conjunto de petroglifos es la representación de la figura humana completa en diferentes rocas así como rostros con máscaras y tocados lo que permite inferir que fueron personajes de cierto estatus social, presumiblemente ligados a actividades chamanísticas los cuales, desarrollaban actividades de carácter ritual relacionadas con los astros celestes, ver las Fotografías No. 5.3.47 y No. 5.3.48.

198 Fotografía No. 5.3.47 Representación de figura antropomorfa, petroglifo 4, sitio Indio Pintado



199 Fotografía No. 5.3.48 Diseño de una máscara, petroglifo 3, sitio Indio Pintado.



Sitio arqueológico Las Imágenes (G-953 LI) coordenadas CR TM 0.5: 342247 E y 1194012N

Se ubica en la Hacienda Las Imágenes, específicamente en las estribaciones de una loma donde se halla una naciente. En la actualidad los vecinos del poblado denominado Buena Vista tienen en este lugar una toma de agua que abastece el pueblo. Lo anterior ocasionó que el conjunto de petroglifos fuera afectado por la construcción de una estructura de cemento y por la remoción de algunas de las piedras. De momento se tienen identificados siete petrograbados, de ellos, se

puede mencionar la representación de rostros humanos formados con triángulos invertidos con tocados en su cabeza; asimismo la presencia de dos piedras con oquedades profundas. Esto último nos hace pensar que fueron utilizadas para afilar los instrumentos para confeccionar los grabados o se estaban elaborando herramientas en ese lugar. Este conjunto de grabados tiene similitud con el sitio Los Ahogados en cuanto a la presencia de afiladores y a los componentes de algunos diseños como lo son triángulos invertidos y caras circulares. La diferencia radica en que la técnica de manufactura predominante en este sitio es el bajo relieve únicamente, ver las Fotografías No. 5.3.49 y No. 5.3.50.

Es probable que las rocas de gran tamaño situadas en la pendiente y parte superior de la loma mencionada anteriormente contengan otros grabados, pero se encuentran cubiertos de musgo y maleza, siendo necesario realizar una exploración exhaustiva del sitio.

200 Fotografías No. 5.3.49 y No. 5.3.50 Caras antropomorfas con tocado, petroglifos 4 y 5. El grabado de la derecha presenta afiladores en la parte superior de la roca, sitio Las Imágenes.



Sitio arqueológico Olivares (G-954 Ol) coordenadas CR TM 0.5: 341865 E y 1190688 N

A unos 3,5 km al sur del sitio Las Imágenes se localiza el conjunto de grabados (4) denominado Olivares, en la propiedad del hotel Vandara. Los petroglifos se reportan a unos 600 m de la naciente que da origen a la quebrada Pital, este punto se caracteriza por presentar a ambos lados pendientes pronunciadas con rocas de gran tamaño y paredes verticales aptas para extraer lajas. Al parecer, el agua en ese segmento se resume y aparece nuevamente en el sector donde se encuentran los petroglifos.

Los diseños se orientan al suroeste, aguas abajo de la quebrada y se pueden apreciar cuando se asciende por el cauce de ésta. Dentro de los motivos plasmados destacan caras antropomorfas con plumajes que representan escenas complejas en asociación con diferentes símbolos. No extraña que estas escenas refieran rituales efectuados allí mismo relacionados con prácticas mortuorias. Recordemos que muy cerca de este lugar se encuentran las fuentes de lajas las cuales se constituyen en la materia prima para la elaboración de los rasgos funerarios de los sitios arqueológicos reportados en las cercanías, ver Fotografía No.5.3.51.

201 Fotografías No. 5.3.51 Escena donde se ejemplifica quizás un ritual, destacándose personajes con plumajes.



Conclusiones

Alcances del estudio arqueológico

Este documento integra datos arqueológicos relativos a la zona de afección del Proyecto Geotérmico Borinquen ubicado en el sector suroeste del pie de Monte del Volcán Rincón de La Vieja en la Cordillera Volcánica de Guanacaste. El área de interés abarca unos 27,9 Km², geografía considerablemente extensa que significa todo un reto a la hora de proponer un estudio arqueológico que llegue a considerarse representativo de la calidad y cantidad de los recursos arqueológicos de esta región. La investigación aquí presentada, pretendió mucho menos que eso, pues se trata de un estudio sistemático de prospección arqueológica sólo de áreas específicas relacionadas a obras concretas del proyecto. De manera asistemática fueron reportadas y exploradas otras localidades arqueológicas en distintos sectores del área de estudio que solo vienen a complementar los datos de este trabajo y lograr un concepto más aproximado del potencial arqueológico real de la zona. Desde esta óptica, quede constancia de que este estudio representa tan solo un acercamiento inicial a la arqueología de las tierras altas de la Región Arqueológica de la Gran Nicoya, un examen preliminar sobre la

cantidad, diversidad, complejidad y profundidad histórica de estas sociedades precolombinas.

En concreto, para el análisis arqueológico de las zonas a ser afectadas directamente por las obras se aplicó una metodología rigurosa pero básica y apropiada sólo para obtener datos arqueológicos de la matriz superior del suelo. En este sentido ésta proporcionó los resultados que se esperaban: se descubrieron ocho nuevas localidades arqueológicas que pudieron describirse en términos de su ubicación, tamaño y relevancia. Las limitaciones inherentes a esta metodología salen a la luz observando las características particulares de los asentamientos precolombinos y de la geología volcánica propia de la región. Si bien reconocer áreas específicas cada 25m puede considerarse aceptable a la opinión de la mayoría de arqueólogos y en razón de los estándares presupuestarios, estas distancias suelen obviar depósitos específicos o pequeños contextos dispersos en sitios como muchos de los hallados, que suelen representar zona habitacionales de breve duración y de baja intensidad de actividades. Por otro lado, es claro que el vulcanismo incidió de manera determinante en la historia de las ocupaciones de esta zona bajo-cordillerana, haciendo que parte de ella quedara enterrada bajo espesos depósitos volcánicos. No se puede ignorar por lo tanto, el hecho de que quedaran sin descubrir asentamientos que subyacen la capa de tefra o que las dimensiones reales de los que ya se conocen no hayan podido establecerse certeramente.

Pautas generales de la ocupación

El estudio arqueológico reporta dieciocho nuevos sitios arqueológicos, ocho de ellos se ubican propiamente en el área de estudio y los restantes fuera de ella pero en zonas muy próximas. El gráfico de distribución de sitios recalca la tendencia a que los asentamientos se dispersen casi indistintamente por toda la geografía, pero con preferencia en las zonas más próximas e intermedias a los principales drenajes: los ríos Salitral y Ahogados. Cabe destacar, al mismo tiempo, que sitios importantes esperan ser descubiertos en muchos tramos vacíos del gráfico en condiciones topográficas e hidrográficas muy favorables. Resalta también, la ubicación del sitio principal registrado, Los Planes, situado justo sobre la prominente meseta de donde deslindan los tributarios de aquellos ríos principales. Sitios que parecen ser específicamente funerarios se ubican en cercanía a afluentes primarios o secundarios en tanto que se demuestra la dependencia de localidades de petroglifos de las nacientes, situación coincidente con la zona de Pailas según los trabajos de Hernández (2006) y Zeledón (2011).

Los sitios localizados y descritos en el presente informe involucran diversidad de yacimientos. Una categorización preliminar arrojaría el siguiente esquema:

1) Asentamientos grandes y complejos: La prospección demostró la presencia de sitios considerablemente extensos, sectorizados y con componentes que parecen corresponder a áreas de actividad específicas. Los más representativos de esta

categoría son Borinquen, pero especialmente Los Planes, este último de unas 60 hectáreas. La continuidad de rasgos estilísticos compartidos de estos sitios con otros de la vecindad sugiere la presencia de patrones específicos relativos a la jerarquización de asentamientos, situación que ya se ha documentado en otras zonas de la Región Arqueológica de la Gran Nicoya como en el Sector Cañas-Liberia (Guerrero et al, 1994) o en Granada, Nicaragua (Salgado y Zambrana, 1994; Salgado y Vázquez, 2006). Asociados a esta categoría se encuentran emplazamientos funerarios/rituales confeccionados con lajas y escasos cantos de río. Estas áreas pueden ser de cierta extensión denotando cementerios para comunidades relativamente grandes que es muy posible que estén sectorizados en unidades consanguíneas o según otros criterios de diferenciación social, como es el caso de los sitios Dos Quebradas y Los Planes. En cuanto a los conjuntos de petroglifos identificados en este estudio es de recalcar la cercanía de éstos con respecto a asentamientos complejos y el hecho de que las figuras en ellos representadas se refieran a personajes de rango social relevante.

2) Asentamientos medianos: Estos sitios se perfilan como zonas residenciales de cierto tamaño, pero no presentan la diversidad ni complejidad de los primeros. Suelen no encontrarse representadas áreas funerarias.

3) Asentamientos pequeños: Sitios generalmente menores a una hectárea. Revisten características de ocupaciones tenues, baja intensidad de actividades. Podrían representar áreas habitacionales tipo caseríos.

4) Conjuntos de petroglifos: Hasta el momento en las áreas cercanas al proyecto se han desarrollado investigaciones donde se han documentado algunos petroglifos aislados o en grupos asociados a fuentes de agua tales como ríos, quebradas y nacientes, en algunos casos se ha logrado identificar sitios funerarios y o habitacionales cercanos. Dentro de este primer acercamiento se dan algunas interpretaciones preliminares pero para realizar un análisis más profundo es necesario desarrollar una investigación integral de la evidencia asociada a ellos, buscando similitudes y diferencias siempre en su contexto general y no estudiarlos aisladamente. En cuanto a nuestro trabajo si bien obedece a una etapa preliminar del proyecto geotérmico Borinquen constituye un aporte o un punto de inicio para lograr luego una mayor comprensión en futuras etapas de investigación. Este tipo de evidencia se deteriora aceleradamente por causas naturales (erosión, cambios climáticos) y/o antropogénicos (quemaduras, extracción, remoción y lavado) de ahí la importancia de su documentación y puesta en valor para que sean las mismas comunidades las que los protejan.

5) Asentamientos bajo la tefra: Nos referimos a los sitios someramente descritos en vista de las obvias dificultades metodológicas que impone su profundidad. Hasta el momento, los tres sitios representados en esta categoría parecen describir localidades residenciales de menor tamaño y relativa baja intensidad de ocupación.

La secuencia de ocupación

Los resultados derivados de la presente investigación plantean distintas interrogantes inherentes a la profundidad de las ocupaciones precolombinas de las tierras altas de la Cordillera Guanacaste, a la relación histórica entre estas ocupaciones y el vulcanismo de la zona y a patrones funerarios específicos y de cómo estos se relacionan o diferencian con el resto de la Región Arqueológica Gran Nicoya. Los sitios reportados en este estudio vienen a aumentar el número de sitios al pie y en las estribaciones intermedias del macizo volcánico del Rincón de La Vieja.

Los datos reseñados en este informe no brindan por ahora información sobre los periodos más antiguos de la secuencia cultural de la Región Arqueológica de la Gran Nicoya, a saber, los periodos Paleoindio y Arcaico. Varios aspectos indican, no obstante, que existen buenas posibilidades de que grupos cazadores y recolectores de esta clase poblaran la región tomando en consideración que: 1) áreas cordilleranas y volcánicas vecinas o al menos con condiciones geológicas parecidas, la Cordillera de Tilarán por ejemplo, han arrojado información sobre fases pre-cerámicas y 2) la estratificación profunda del área de estudio promovida por la influencia volcánica desde hace por los menos 27000 años. Diversos eventos volcánicos datados al menos desde 4000 años bien pudieron enterrar evidencia humana correspondiente al Tardiglacial y Holoceno. Particularmente relevante para fines de esta investigación es la erupción supliniana de fecha calibrada de 3770 ± 130 a.P. (Melson 1988, citado en Soto et al, 2003:69), estratigráficamente evidenciada por el denominado “Depósito de Tefra Río Blanco” y la cual se compone en su mayor parte de una pómez beige con cantidades variables de escorias negras, piroclastos bandeados y algunos líticos. Esta capa, avistada a lo largo y ancho de la zona de estudio arqueológico, prácticamente forma un horizonte que se extiende según un eje en dirección WSW a lo largo de unos 30 Km del volcán Rincón de la Vieja. En relación a la posibilidad de ocupaciones paleoindias y arcaicas, vale la pena recalcar además, la existencia de afloramientos y canteras de piedras silíceas de cualidades excepcionales para la industria lasqueada bifacial, entre ellas la que se encuentra en cercanía al pueblo de Las Lilas.

Tampoco deben descartarse en la zona de estudio la presencia de sociedades del Periodo Formativo, ya documentadas al este de esta región, al oeste en tierras nicaragüenses y en las tierras bajas de Guanacaste. Está claro que la presencia de suelos oscuros con gran cantidad de material orgánico identificados en muchos tramos de la zona del P.G. Borinquen, estratificados bajo el lecho de la “Tefra Río Blanco” abre una buena posibilidad de hallar asentamientos de dicha época. La zona de ampliación de la plataforma 3, sitio Borinquen, según reporte de A.C. Hernández en Julio de 2012, expuso un corte que ilustra particularmente la presencia de restos culturales debajo de dicha tefra, situación que después se confirmó en los sitios Zanjilla y Panales descubiertos durante la presente investigación. El corte de Borinquen destaca, al menos, dos episodios: 1) un

manto de suelo oscuro con restos de cerámica el cual subyace a dicha capa de tefra volcánica, presuntamente asociada a la tefra “Río Blanco” (como se mencionó atrás datada en cerca de 1820 a.C.) y 2) evento(s) intrusivo(s) en la tefra con posibles artefactos funerarios asociables al Periodo Bagaces. Aunque solo se observaron unos pocos tiestos, en el nivel basal, sin duda, éstos muestran rasgos que los hacen parecidos a los que se estiman datan de los periodos Orosí tardío y Tempisque temprano a juzgar por cierta similitud con los de la fase Catalina del Valle del Tempisque (Baudez, 1962,1967). Si en verdad se trata de la capa de tefra “Río Blanco”, cabría la posibilidad de una ocupación del Formativo Temprano inédita en la Cordillera de Guanacaste, aunque también, hay que tomar en cuenta que basar la edad de una erupción en una única fecha de Carbono 14 resulta cuestionable. Un estudio del estrato cultural subyacente en el corte de G-935 Br que contemple fechas de radiocarbono o por el método de AMS podría dar la mejor aproximación. Estos datos preliminares detectados en el sitio Borinquen son, por lo tanto, de gran relevancia desde el punto de vista de los primeros grupos asentados en el occidente de Costa Rica.

La información cronológica relacionada a la secuencia ocupacional del periodo Tempisque y los siguientes periodos, si bien escueta y difusa, no deja de ofrecer ciertas pautas en cuanto el poblamiento y despoblamiento de la región. Por ejemplo, no se evidencian fases específicas relacionadas al mismo periodo Tempisque, cuando en zonas de la bajura y la costa sí se dan. Estos hacen referencia a componentes cerámicos característicos representados en tipos como las “Palmas Rojo sobre Beige”, variedades específicas de “Charco Negro sobre Rojo” y “Zelaya Bicromo”, solo para ejemplificar tres de los más característicos. La reconstrucción de una secuencia en Bahía Culebra indica que estos pudieron evolucionar con posterioridad a variables “clásicas” de “Rosales Esgrafiado”, sugiriendo, la hipótesis, por ahora tenue, de que la actividad volcánica condicionó el despoblamiento o el repliegue de poblaciones a zonas más distantes del macizo volcánico del Rincón de La Vieja.

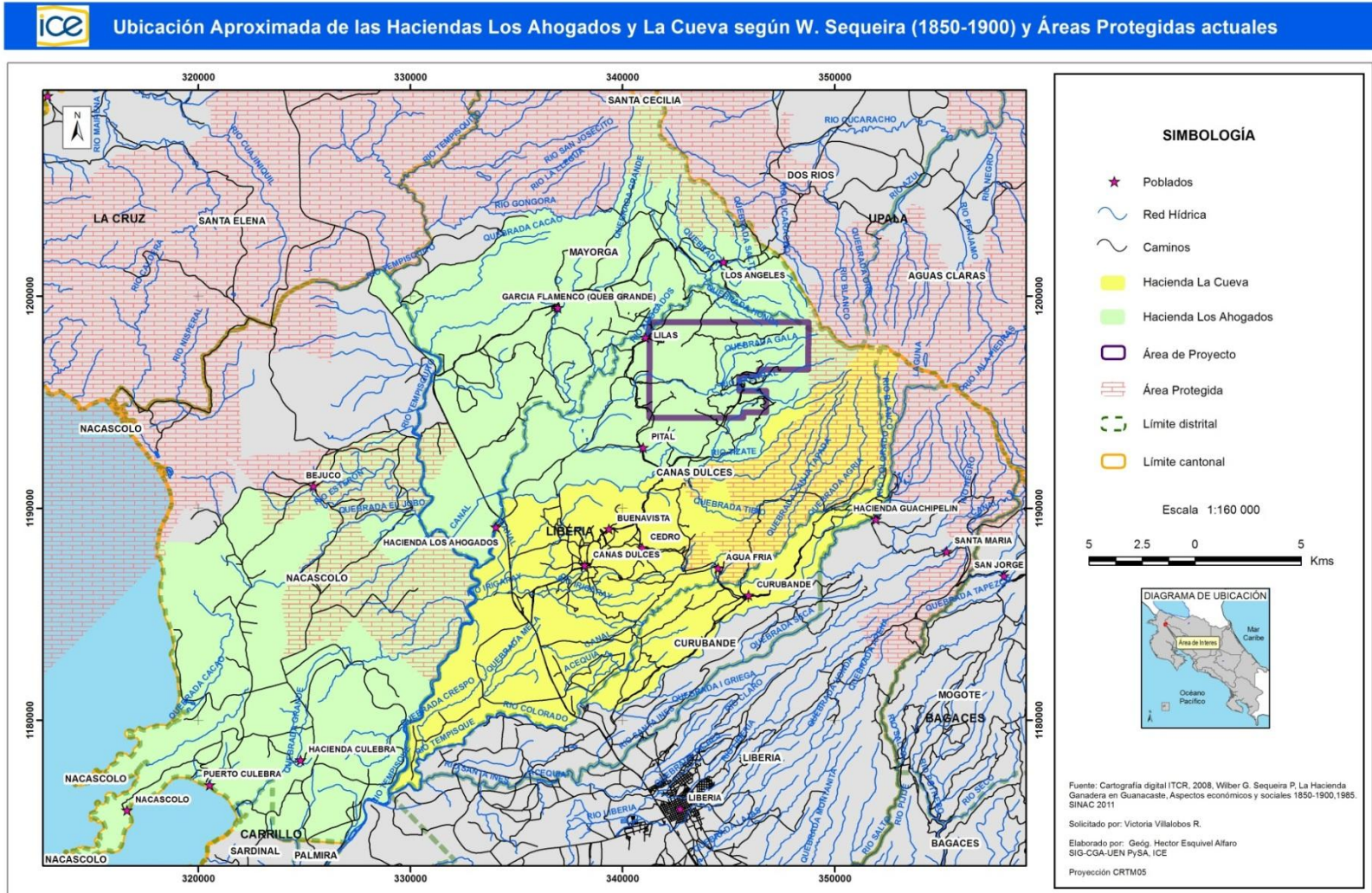
Los datos a mano sugieren, en efecto, un vacío cronológico en la última parte del periodo Tempisque, y un visible énfasis en la ocupación del periodo Bagaces que llama la atención por la homogeneidad tipológica observada en la recurrencia de variedades específicas del grupo “Hermanos Beige” y de “Chaves Blanco sobre Rojo”, comunes en buena parte de los sitios funerarios y habitacionales de la zona de estudio. Bagaces es, por lo tanto, un periodo preponderante de ocupación en la zonas del pie de macizo volcánico tal y como lo muestran otros estudios (Chávez 1993; Guerrero, 2001; ICE, 2006; Molina, 2010 y Zeledón 2011). Desde luego, estos supuestos deberán de tomarse con entera cautela a sabiendas no solo de los alcances metodológicos de la presente investigación sino además por el hecho de la manera en que la secuencia cultural de la Región Arqueológica Gran Nicoya y el sector en estudio carece de una secuencia cultural cronológicamente sólida, en especial, a lo que se refiere a los periodos Tempisque y Bagaces y a los criterios que determinan su separación.

Cabe destacar, finalmente, la escasez de sitios arqueológicos posteriores al 800 d.C. relacionados a los periodos Sapoá y Ometepe en este y otros estudios realizados en las estribaciones medias y bajas del volcán Rincón de La Vieja. Asentamientos prominentes contemporáneos tampoco se reportaron a mayor proximidad del macizo volcánico, sobre la cota de 400 msnm. En efecto, los sitios de ocupaciones más tardías parecen agruparse hacia el noreste del cerro Fortuna, donde tienden a converger los drenajes de los ríos Ahogados y Salitral. Algunas de estas localidades, especialmente en los alrededores del pueblo actual de Las Lilas muestran restos arqueológicos de dichos periodos por sobre una extensión considerable de terreno.

5.3.13 Entorno espacial, histórico y cultural

El paisaje circundante que domina el área de influencia social del Proyecto Geotérmico Borinquen, está inmerso en los límites de la cuenca del Río Tempisque y la Cordillera Volcánica de Guanacaste. La Hacienda Ahogados está dentro de estos límites y ocupó la mayor parte de los territorios del área en estudio; Ahogados fue -en un momento de la historia y en una época en que las haciendas ganaderas guanacastecas gozaron de una gran expansión-, una de las más grandes y prósperas. La Hacienda La Cueva aunque en menor extensión, también ocupó parte de este espacio geográfico en un pasado reciente. Ver la Figura No. 5.3.40 de Mapa de haciendas.

167 Figura No. 5.3.40 Mapa de Haciendas 1850 – 1900



El entorno histórico que envuelve a las comunidades del área de influencia social del Proyecto está marcado por la existencia de las grandes haciendas, de su inherente y extensiva actividad ganadera y por la explotación irreflexiva de sus recursos naturales. Como contraparte, están las luchas sociales de una gran parte de la población que no tiene acceso a la tierra y reclama su derecho a poseerla, cultivarla y, la respuesta estatal a la situación.

5.3.13.1 De las haciendas

Hacienda Ahogados: Esta Hacienda -propiedad de los hermanos Hurtado Guerra- se originó con el nombre de El Jobo. Según indica Roberto Cabrera Padilla en su libro *Tierra y Ganadería en Guanacaste*, la Hacienda el Jobo en 1922, estaba compuesta por las siguientes fincas (conglomerado): Jobo, Encinal, Guapote, San Rafael; Santo Tomás, Culebra, Ahogados, una parte de la Milla Marítima y una parte del sitio de Cañas Dulces con un total de 34,074 hectáreas y 3,062 metros cuadrados, sin incluir las 5,000 hectáreas más o menos del Sitio de Cañas Dulces. A partir de los años 50, la Hacienda El Jobo pasa a llamarse Hacienda Ahogados.

Hacienda La Cueva: También ocupó aunque en menor extensión, los territorios de nuestro interés. La Cueva surge en el siglo XVIII como nombre de un sitio donde Manuel de Oliva “tiene su hacienda de Campo...” (Cabrera, p 328). Según Tristán, Hacienda La Cueva fue formada por la reunión de varias porciones compradas a diferentes personas y que estaba en el antiguo sito del Rincón de la Vieja”. Comprendía una considerable extensión de terreno. Tenía como dueños a Pastora Rivera Machado quien la recibió como herencia y su esposo Manuel Esquivel Sáenz. En 1882 estaba formada por otras haciendas: Santa Juana del Rincón de la Vieja, Guachipelín y San Francisco (Tristán, p 164). Entre 1850 y 1900, tuvo una extensión aproximada de 14,186.2 hectáreas (Sequeira, p 72 y 78).

Para tener una idea de cómo eran explotadas las grandes haciendas, se transcriben dos citas de Sequeira.

Sequeira hace una descripción del cómo la actividad ganadera marcó el uso del suelo de las haciendas, desde sus orígenes y que se consolidó comercialmente a partir del siglo XVIII: El bosque tropical seco predominante en la zona facilitó la actividad ganadera en alguna medida, pues es poco exuberante y se intercala con la sabana. La explotación selectiva de las principales especies maderables de valor comercial del bosque tropical, Pochote (*Bombacopsis quinatum*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), etc., jugó un rol favorable en el establecimiento de la actividad ganadera. Inmediatamente después de la tala del bosque, se provocaba la quema para eliminar los restos forestales. Esta acción periódica de tala/quema elimina las especies del bosque forestal y contribuye al aumento de la flora herbácea, graminoide y arbustiva típica de las haciendas ganaderas. Dichas maderas se necesitaban para la construcción de corrales, cercas y casas de la hacienda (Sequeira, p 38).

Igualmente indica que Durante la larga estación seca los pastos e hierbas se secan a causa del déficit hídrico existente; sin embargo, en el piedemonte de la Cordillera de Guanacaste existe un ligero aumento orográfico de la humedad, con lo cual los pastos se mantenían verdes por un mayor tiempo. Por este motivo, aquellas haciendas que tenían acceso a la Cordillera trasladaban el ganado a las partes más altas de mayor pluviosidad y, por ende, de buenos pastos (Sequeira, p 38).

Uno de los resultados de la concentración de la tierra en pocas manos y por ende de la gran mayoría de la población sin acceso a ésta, son los movimientos sociales que se promovieron para conseguir el derecho de poseer tierras.

Como preludeo de los movimientos sociales que antecedieron al acaparamiento de tierras de parte de los terratenientes, Muñoz señala una situación que ayuda a entender cómo fue posible que se permitiera el crecimiento de tales latifundios. El Estado también propició la aparición del latifundio, emitiendo leyes que precisamente se decían orientadas a combatirlo. Tal es el caso de la “Ley de informaciones posesorias” (número 139 del 14 de julio de 1941 y la “Ley de ocupantes en precario (número 88 del 14 de julio de 1942). Estas leyes resultaban ser una afirmación para quienes tenían ilegalmente las tierras del Estado. La peor parte la llevó siempre el campesino, quien, expulsado por el terrateniente con el argumento de la crisis económica, buscó otras tierras que creían eran baldíos. Pero también fue rechazado violentamente de ellas, pues ya estaban acaparadas por terratenientes absentistas. En suma, las autoridades protegieron y confirmaron el latifundio en Guanacaste. Hubo, incluso, familias que después de trabajar por años su pedazo de tierra, fueron desalojadas de él, al parecer esa tierra estaba inscrita a nombre de un propietario absentista. La situación fue grave en todos los cantones pero sobre todo en los cantones centrales: Bagaces, Liberia y Carrillo (Muñoz, p 77).

La propuesta estatal posterior a estas leyes y para enfrentar los problemas generados por la concentración de la tierra en pocas manos y, así mismo lograr una mejor distribución, fue la creación del Instituto Nacional de Tierras y Colonización (ITCO). Este Instituto nació bajo la Ley 2825 publicada el 8 de diciembre de 1962 durante la Administración Echandi. Dos de sus objetivos fueron: a) Contribuir a una más justa distribución de la riqueza y b) Contribuir a la conservación y uso adecuados de las reservas de recursos naturales renovables de la Nación.

En las décadas del 60 y 70 hubo, tanto en Guanacaste como en otras zonas del país, movimientos sociales de campesinos y campesinas sin tierra. En Guanacaste se dio con mucha fuerza debido al gran acaparamiento de tierras de parte de los terratenientes.

A muchos terratenientes, el Estado les expropió parte de sus haciendas para repartirlas al campesinado desposeído. Durante la vigencia de la Ley y tras su

transformación en el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) en 1982, el ITCO adquirió tierras en todo el país, la distribuyó entre los campesinos y reservó parte de esas tierras para su conservación en pro de los recursos naturales nacionales. Parte de esas expropiaciones y compras de tierra de parte del Estado, las realizó a la Hacienda Ahogados y a la Hacienda La Cueva para ser distribuidas a familias campesinas y también para ser transformadas en parques nacionales, reservas biológicas, áreas protegidas y otros mecanismos legales que, desde la segunda mitad de la década de los cincuenta, propugnan por la conservación, manejo y administración del ambiente y los recursos naturales.

Como parte del proceso, los dueños de la Hacienda Ahogados contrajeron su extensión; a partir de 1961 pone a la venta una serie de lotes en el Jobo hasta quedar, en 1972 con una extensión de 6,892 hectáreas y las convirtieron en empresas mercantiles ligados a la agroindustria (Cabrera, p 248). La Hacienda La Cueva también ve reducida su extensión; afectada por la política del ITCO, parte de sus terrenos quedan en manos de campesinos y otros como parte de áreas protegidas, en este caso al Parque Nacional Rincón de la Vieja. Así, y hasta bien entrado el siglo XIX, la Cueva se va contrayendo para dejar de ser una gran propiedad, a medida que se lotea y venden muchas de sus partes y, se realiza un nuevo uso del suelo más racional e intensivo (Cabrera, p 328).

5.3.13.2 Del entorno cultural

En este apartado se enfoca el concepto de “cultura” desde el punto de vista de la Antropología Cultural, entendiendo que “La cultura es un aspecto clave de la capacidad de adaptación y del éxito de la especie humana. Las culturas son tradiciones y costumbres transmitidas a través del aprendizaje que guían las creencias y el comportamiento de las personas expuestas a ellas. Las fuerzas culturales constantemente moldean y dan forma a la biología humana”. Las tradiciones culturales incluyen costumbres y opiniones, desarrolladas a lo largo de generaciones, sobre lo que es un comportamiento adecuado o inadecuado. Se entiende entonces que la antropología cultural como disciplina, analiza la diversidad cultural actual y del pasado reciente de las sociedades humanas (Kottak, p 2).

La cultura es aprendida, compartida y transmitida de generación a generación. “Aprendemos nuestra cultura a través de la observación, escuchando, conversando e interactuando con otra gente. Las creencias culturales compartidas, los valores, los recuerdos, las esperanzas y las formas de pensar y actuar pasan por encima de las diferencias entre las personas (Kottak, p 45). Es decir, proporciona experiencias comunes. Las culturas son sistemas pautados integrados, si cambia una parte del sistema (por ejemplo la economía), las otras lo hacen también. Las culturas están integradas no solamente por sus actividades económicas y sus patrones sociales dominantes, sino también por los temas, valores, configuraciones y visiones del mundo que permanecen (Kottak, p 49).

Una característica que hay que resaltar es que las culturas cambian. Los mecanismos de cambio cultural se relacionan con la difusión o intercambio de información y de productos entre los diferentes grupos culturales y ello se ha dado a través de la historia de la humanidad. La difusión puede ser directa cuando se da una relación entre dos grupos culturales (de A a B), indirecta (de A a C a través de B) o forzada, cuando una cultura somete a la otra e impone sus costumbres. En el mundo actual, gran parte de la difusión se debe a los medios de comunicación de masas y a las nuevas tecnologías de la información (Kottak, p 55).

La cultura guanacasteca es el resultado de la interacción con diferentes grupos y culturas en cuanto a compartir, valores, costumbres y tradiciones en un espacio común y a través del tiempo. Un grupo particular que ha tenido un gran papel en la construcción de la cultura guanacasteca es la población nicaragüense, quienes ayudaron a poblar la zona desde hace ya varios cientos de años y trajeron consigo sus costumbres y valores.

Esta situación se observará en el siguiente apartado que describe la formación de los pueblos y veremos cómo muchos y muchas nicaragüenses están entre los primeros pobladores de las comunidades que actualmente nos ocupa en este estudio.

5.3.13.3 De la formación de los pueblos

En el cuadro siguiente se indican los barrios y poblados que están en el área de influencia social del Proyecto y a los cuales se hace referencia en este apartado.

114 Cuadro No. 5.3.41 Barrios y poblados del área de influencia social del Proyecto

Barrios y poblados del área de influencia social del Proyecto	Distrito	Cantón
Quebrada Grande, Los Ángeles	Mayorga	Liberia
Cañas Dulces, Buenavista, Cedro, Lilas, Agua Fría.	Cañas Dulces	
Curubandé	Curubandé	
Santa María (Parcelas)	Liberia	
San Jorge	Mogote	Bagaces

Fuente: División territorial administrativa de la República de Costa Rica. 2001

Revisando el Diagnóstico rural rápido en Asentamientos IDA de la Región Chorotega de 1990, se encuentra un resumen interesante de la transformación que vivió la región, en tres situaciones trascendentales en la historia económica, social y cultural, reflejada en la gente y el espacio guanacastecos: la deforestación asociada a la actividad ganadera, la concentración de la tierra en pocas manos y,

la demanda por tierras para cultivar de parte de la población desposeída de ésta. Se describe de la siguiente manera:

“En el siglo XIX, la mayor parte de la región Chorotega estaba cubierta por bosques, los que se contaban entre los más ricos del país, por el valor de algunas especies. Pero durante los últimos años del siglo pasado y la primera mitad de éste, esos bosques fueron objeto de una explotación destructiva, con el propósito de extraer las especies valiosas y quemar el resto a fin de “limpiar suelos para ganadería”. Como la red de caminos era muy deficiente, la madera se llevaba en trozas o simplemente escuadrada hasta la playa, donde se cargaba en lanchones que la llevaban a Puntarenas, desde donde se exportaba o se enviaba a otras zonas del país. Dado el alto valor de las especies nativas y la larga época seca, que permitía una prolongada temporada maderera, la región Chorotega fue la primera en ser deforestada. La actividad ganadera era una opción lógica, pues la región carecía de vías de comunicación que permitieran comercializar otro tipo de productos; además, la ganadería extensiva requiere poca mano de obra. Desde 1955 hasta principios de los setenta, el mercado ganadero experimentó un crecimiento continuo. Esto fue el golpe de gracias para los bosques...” (IDA, 1990; p 31).

“La tierra estaba dividida en grandes propiedades, algunas de la cuales se extendían desde la Cordillera de Guanacaste hasta el mar. Este tipo de tenencia era el más adecuado para la ganadería extensiva. La finca se dividía entre los herederos, pero la fuerza de los lazos familiares mantenía el efecto de la concentración de lo propiedad. Hace casi 30 años el Estado comenzó a adquirir fincas para distribuir las entre los campesinos sin tierra o para conservar algunas zonas de interés ecológico. Actualmente hay más de 43,000 ha en asentamientos con unos 1,700 beneficiarios; pero el antiguo patrón de la Provincia, más atenuado, aún subsiste en buena parte de la región” (IDA, 1990; p 32).

La dinámica económica y social de los asentamientos campesinos del IDA forma parte del engranaje de la estructura económica y social de Guanacaste “... por lo tanto, su dinámica y sus características están condicionadas por esa estructura, con la que interactúan permanentemente. La expresión más obvia de esa interacción-dependencia es el aporte de mano de obra temporal en los períodos de mayor demanda de fuerza de trabajo por parte de las grandes empresas de producción agropecuaria y –más recientemente- de la industria turística.” (Idem).

A nivel cultural, también se ha vivido los cambios producidos por la movilidad social que implica –en muchos casos- pasar de peones de hacienda a ser dueños de sus fincas; a depender de las iniciativas de las instituciones estatales y luego a carecer de ellas; de trabajar cooperativamente al trabajo individual; de compartir un asentamiento con familias provenientes de zonas diferentes a las suyas y luego aceptarlas como parte de su comunidad. Estos cambios culturales han terminado por incorporarse y ser parte de la identidad actual de los pueblos guanacastecos y

más específicamente, de los pueblos que conforman las comunidades del área de influencia social del Proyecto Geotérmico Borinquen.

Seguidamente, se describen las comunidades que se definieron como parte del área de influencia social. La agrupación realizada para abordar su descripción, responde a las relaciones económicas y sociales que mantienen actualmente aunque no compartan la pertenencia al mismo Distrito.

Se hacen tres agrupaciones: 1) Quebrada Grande, Las Lilas y Los Ángeles; 2) Cañas Dulces, Buenavista y Cedro; 3) Curubandé y Agua Fría.

Quebrada Grande, Las Lilas y Los Ángeles

Quebrada Grande: El nombre oficial de Quebrada Grande como centro poblacional es García Flamenco, perteneciente al Distrito Mayorga. La Escuela también lleva el nombre de Marcelino García Flamenco. La explicación del por qué este nombre es histórica.

Marcelino García Flamenco nació el 15 de septiembre de 1888 en San Salvador. De profesión docente, estuvo trabajando en varios países centroamericanos. En Costa Rica ejerció en Heredia, Puntarenas y la localidad de Buenos Aires en el sur del país. Son tiempos de la dictadura de los hermanos Tinoco y se une a luchar en su contra; fue parte de un grupo insurgente de jóvenes que partió desde Nicaragua y participó en la batalla del Ariete, que tuvo lugar en La Cruz en Guanacaste; allí fue asesinado por los Tinoquistas el 19 de julio de 1919 y, allí también se encuentra su tumba (Municipalidad de la Cruz, www.munilacruz.go.cr)

Según el relato de don Teodosio Brizuela Rodríguez, una de las primeras personas que llega a García Flamenco explorando nuevas tierras es su abuelo materno Pedro López procedente de Cañas Dulces. Llegó junto a otros hombres en plan de sacar chicle de níspero; para entonces, era territorio de leones y tigres. Estuvieron allí unos días y luego regresaron nuevamente a aquel lugar “donde suena como una quebrada grande”. De ahí en adelante se impuso el nombre de Quebrada Grande, afirma don Teodosio. Estos hombres se quedaron allí y empezaron a hacer ranchos, a sacar chicle y a cultivar; trajeron sus familias. También empezaron a llegar hombres nicaragüenses y se instalaron, luego llegaron sus familias. Entre ellos el padre de don Teodosio, Baltazar Brizuela Vargas quien se casó con Cecilia Rodríguez Rodríguez, procedente de Cañas Dulces. Don Baltazar llegó en 1912.

La siguiente Fotografía muestra la quebrada que le da el nombre al pueblo, que además tiene esa poza que es utilizada por los pobladores para darse unas zambullidas.

202 Fotografía No. 5.3.52 Poza de la Quebrada Grande



Según don Teodosio, los nuevos habitantes empezaron a planificar el centro del pueblo; el señor Juan Vicente Lorenzo Barrueca, cedió tierra para que hicieran el cuadrante. Llegó un ingeniero que junto con Baltasar Brizuela Vargas midieron y lo definieron. En adelante toda la gente le llamaba “el cuadrante” al centro del pueblo ¿Para dónde va? Para el cuadrante. También definieron el espacio que ocupa el cementerio. El pueblo iba tomando forma y la gente seguía llegando.

La abuela paterna de don Teodosio María Luisa Vargas viuda de Brizuela (nicaragüense). Fue la que impulsó la construcción de la Iglesia Católica en 1935. Y ya, aproximadamente, para 1945 empezó a funcionar la escuela. En esos tiempos había muchos terrenos baldíos, la gente agarraba las fincas pero sin escritura, hasta empezaron a atacar con los impuestos. Salían a pie o a caballo a vender sus productos a Cañas Dulces y Liberia y allá compraban la sal y el azúcar (Com. Per. Brizuela, 2012).

La Fotografía No. 5.3.53 muestra la actual Iglesia católica del pueblo.

203 Fotografía No. 5.3.53 Iglesia de Quebrada Grande



Cuenta don Demetrio Guido Guido -de oficio sabanero-, que él llegó a Quebrada Grande en 1958; ya había como 30 casas y funcionaba la escuela vieja. Cuenta que la atención médica de parte de la Caja Costarricense del Seguro Social se da desde 1960 y que la secundaria funciona desde 2000.

Afirma que los hacendados le daban permiso a la gente para que sembrara en sus haciendas, por unos 4 años. Estos campesinos sin tierra desmontaban, despalaban, a pura hacha botaban los árboles y luego venía el fuego, y luego sembraban (arroz, frijoles, maíz). Eran buenas cosechas y en las casas de estos campesinos uno veía 2 vaquitas, abundaba las montones de gallinas, huevos y cerdos. No se compraba más que el jabón y el azúcar. Después venía el pasto, el dueño de la finca hacía el pastizal para su ganado (Com. Per. Guido, 2012).

Con gran tristeza, don Demetrio dice que la deforestación nos vino a matar y ahora estamos viendo las consecuencias. A la gente le daban permiso para que cultivara esas fincas por unos 4 años, quitaban la montaña; y lo que pasó fue la deforestación, lo que nos vino a matar y ahora estamos viendo las consecuencias. En el río tempisque, había montones de peces, tamaños guapotes y camarones. Después empezaron a envenenar el río y cazar muchos animales (Idem).

La Fotografía No. 5.3.54 muestra a don Teodosio y don Demetrio quienes aportaron información valiosa sobre la historia de su pueblo.

204 Fotografía No. 5.3.54 Srs. Teodosio Brizuela V. y Demetrio Guido G., vecinos de Quebrada Grande



En Quebrada Grande intervino el ITCO, compró tierras a las haciendas La Cueva, Ahogados y otras. Caseríos como Las Lomas, Lourdes, Consuelo y Lilas, nacieron a raíz de esta repartición estatal de tierras. A partir de esta circunstancia, los habitantes fueron más.

Lilas: Las Lilas pertenece al Distrito de Cañas Dulces y es geográficamente más cercano; sin embargo, la actual relación social y comercial la tiene con Quebrada Grande debido a un litigio por el uso de un camino histórico (y público) que lleva directamente a Cañas Dulces.

La finca donde actualmente está asentada la comunidad de Lilas, fue adquirida por el ITCO en 1963, para atender la demanda de tierra de parte de vecinos de Quebrada Grande. Esta finca con una extensión de 419 hectáreas, se asignada en parcelas a 36 familias y otra parte se dejó como área de protección, reserva forestal (ITCO, 1963, p 46).

Faustino Rodríguez Espinales, nació en Quebrada Grande en la finca Buenavista, en 1936. Formó parte del movimiento social por la obtención de tierras. De acuerdo con su relato, estas tierras pertenecían a la enorme Hacienda Ahogados que empezaba desde La Iguanita (el mar) hasta el Cerro la Vieja.

Un grupo de familias de Guayabo, Quebrada Grande, Caña Dulces y Dos Ríos, se organizaron e invadieron una finca que era parte de la Hacienda Los Ahogados, pero el dueño, el Sr. Hurtado les echó la Guardia, los llevaba a la cárcel, salían, luego nos volvía a llevar; luego le dijo a la guardia que les volara plomo. Mientras la lucha continuaba, el Sr. Hurtado le vendió esa finca al Sr. Enrique Montiel; cuando intervino el ITCO en la compra, hizo el trato con el Sr. Montiel (Com. Per. Rodríguez, 2012).

Así, tomaron posesión de la finca y fundaron la comunidad de Lilas. Cuenta don Faustino que se adoptó el nombre de Las Lilas porque había mucha Guaria Morada. Paradójicamente, pronto las habían eliminado de su vista, pues un grupo de gente (de la comunidad y forasteros) las arrancó de la montaña para comercializarlas, quedándose sin las hermosas lilas.

En los inicios de la vida comunal se sembraba arroz, frijoles, maíz y se tenía ganado: vacas, bueyes y caballos. Los vendían en Cañas Dulces; allí vendían en “un depósito”, una especie de mercado donde confluían vendedores y compradores. Salían 5 y 6 carretas hacia Cañas Dulces llenas de productos por “ese camino” que tiene más de 100 años y que ahora lo trancó “ese gringo”. Por ese camino caminaba yo con mi papá desde que era niño (ahora tiene 76 años) y papá murió con casi 90 años. Ese camino está en la finca Imágenes y ha tenido varios dueños y el camino estuvo abierto hasta que llegó “ese gringo”. Hay 13 km desde Cañas Dulces a Lilas. Tenemos 10 años de pelear por ese camino. La sala IV rechazó el recurso de amparo del gringo y mandó abrirlo pero están desobedeciendo. La Municipalidad de Liberia no ha atendido aún el mandato de la Sala Constitucional (Idem).

Actualmente, la agricultura es para el autoconsumo; están más dedicados a la ganadería bovina de leche, dado la vocación del uso suelo. Cerca hay una lechería grande y allí -en Consuelo- venden la leche que se produce. Las fuentes de trabajo son sus propias fincas, otras fincas (como peones agrícolas) y en turismo, especialmente en el Hotel Buena Vista. (Idem).

Los Ángeles: La formación de este poblado tiene un origen muy particular; es una consecuencia de la guerra civil que sufrió El Salvador en la época de los 70. Se contó con el testimonio de Consuelo Mendoza Coto, Julio Álvaro Sossa Meléndez, Pedrina Zabala Castro, Juan Antonio Zabala Gómez quienes formaron ese grupo de pobladores primarios.

En El Salvador, hacia 1979, la violencia entre el gobierno derechista y la oposición izquierdista generó en una guerra civil. La izquierda se organizó en la agrupación que buscaba recoger el testimonio de Farabundo Martí, el denominado Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN), con apoyo de los sectores campesinos organizados en las zonas rurales y entre los sectores obreros urbanos. El gobierno, por su parte, movilizó al ejército y a la policía a fin de combatir a la insurgencia y contó con el apoyo del gobierno norteamericano. Y la guerra continuó y muchos ciudadanos salvadoreños salieron de su país como refugiados de guerra.

Como consecuencia de esa difícil situación, el 26 de julio de 1980 llegó al sitio actualmente conocido como Los Ángeles, un grupo de personas en calidad de refugiados, quienes contaron con el apoyo del Gobierno de Costa Rica, de la Cruz

Roja y de la Agencia de la Organización de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR).

Se toma como fuente de información dos noticias del diario El País de San Salvador de fechas 12 y 27 de julio de 1980, para describir los antecedentes de la situación:

El 11 de julio de 1980 llegaron noventa campesinos salvadoreños, entre los que figuran ancianos, mujeres y niños, quienes ocuparon la Embajada de Costa Rica en San Salvador. Los campesinos, que proceden en su mayoría de la región de San Vicente, a cincuenta kilómetros al este de San Salvador, llegaron en un autobús ante el edificio de la embajada y solicitaron asilo político al embajador. A ese grupo se sumaron –el 17 de julio- 60 personas más sumando 230 (El País, julio 1980).

Luego de 16 días de negociaciones, salieron de la sede diplomática acompañados por diplomáticos de Costa Rica, Panamá, Italia y España, finalizando de este modo uno de los encierros más prolongados de los registrados en este país centroamericano. Todos los ocupantes abandonaron El Salvador y serán acogidos en Costa Rica. Los refugiados, que afirman huir de lo que denominan «represión» en las zonas rurales del departamento central de San Vicente, viajarán con pasaporte colectivo.” (Idem).

Según los informantes, llegaron a las instalaciones de “El Murciélagos” donde estuvieron 6 meses, con asistencia de ACNUR y la Cruz Roja (Murciélagos es una Academia policial estatal que ocupa una finca de 57 hectáreas, la cual perteneció al dictador nicaragüense Anastasio Somoza; pero que en 1978 el presidente Rodrigo Carazo Odio la expropió). Mientras tanto, los hombres del grupo fueron trasladados a Ángeles a construir las casas donde vivirían. La finca fue adquirida por La Cruz Roja Costarricense. Las instalaciones estuvieron listas para ser habitadas a inicios del año 1981.

Una vez allí, los hombres se dedicaron a la agricultura y las mujeres a tareas como criar cerdos, gallinas y atender la lechería. La asistencia del ACNUR y de la Cruz Roja se hizo efectiva hasta 1989. En adelante, seguirán solos. Actualmente tienen problemas con la propiedad de esa finca pues el dueño legal sigue siendo la Cruz Roja; están tratando de llegar a una solución final pero aún está pendiente. Con el transcurso de los años iniciales, hubo movilidad de las personas que originalmente llegaron; unas regresaron en 1991 a su país de origen; otras se fueron a diferentes partes del país y a Estados Unidos. Actualmente hay 11 familias según doña Consuelo.

2) Cañas Dulces, Buenavista y Cedro

Cañas Dulces: Según escribe don Juan Rafael Ramírez Alvarado en su monografía del pueblo de Cañas Dulces, se cree que este pueblo fue fundado en

1820 por familias provenientes de Rivas, Nicaragua: Juan Zenón Cruz y Manuela Tomasa Miranda; Clara Badilla; Juan Chavarría y Juana María Solano (cartaginesa), José María Palomino y Carmen García; Inocente Palomino y Faustina Chavarría; Dionisio de la O (padre de Ramón de la O y abuelo de Gregorio de la O (Goyito) -mencionado en el Himno a Cañas Dulces-. Se afirma que Dionisio de la O era dueño del territorio comprendido entre la frontera con Nicaragua hasta el Río Salto (límite actual entre los distritos de Liberia y Mogote). Él donaba tierras a unos y a otros se las vendía. Afirma el Sr. Martínez que en Cañas Dulces “no hay cuadrante definido porque desde los inicios, las construcciones las hacían ocultas con cercados de piñuela...” Posteriormente siguieron llegando familias nicaragüenses y Mónico Espinoza quien fabricó las tejas que se usaron para techar muchas casas del pueblo. Para 1904 había 53 casas diseminadas. La gente se dedicaba a la ganadería y a la agricultura (Ramírez, p3).

El nombre de Cañas Dulces se debe a la caña de azúcar, que por allí de 1900 se cultivaba mucho en la zona y dicen que era “muy dulce”, por lo que se adopta el nombre para denominar al Distrito. En su primera etapa de poblamiento de Cañas Dulces fue creada la primera escuela mediante Decreto del 22 de febrero de 1895; en 1904 ya había una Iglesia católica, construida de paja que fue derribada por un huracán en 1939. En la década de los 50 se construyó el primer camino transitable en verano entre Cañas Dulces y Libera; ya para los años 60, se estableció el servicio remunerado de personas aunque solo durante la estación seca. En 1979 quedó inaugurado el servicio eléctrico, también para Buenavista y otros barrios del Distrito. En 1980 se construyó el acueducto que funciona actualmente y su captación es de un manantial localizado en Lilas. A las familias ya establecidas se siguen sumando otras oriundas de la zona y a partir de la década del 60, atraídos por la lotificación de terrenos de la Hacienda Ahogados, conformaron la población de Cañas Dulces (Ramírez, p 4).

La Fotografía muestra la actual Iglesia católica de la comunidad de Cañas Dulces.

205 Fotografía No. 5.3.55 Iglesia católica de Cañas Dulces.



La “lotificación” a la que se refiere el Sr. Ramírez, corresponda a la compra y distribución de tierras que realizó el ITCO. La primera vez que yo vi una invasión fue en la hacienda Los Ahogados. Una cantidad de parásitos cañadulceños invadieron ahí. Así comienza una de sus narraciones el sabanero don Virgilio Angulo Reyes contenida en Cabrera. Según su apreciación, las invasiones que eran cada vez más frecuentes, eran violentas, habían disparos, incendios provocados, la policía intervenía y encarcelaba a los dirigentes de las tomas de tierra. Eran tiempos difíciles para los campesinos desposeídos de tierras para cultivar, la cual estaba concentrada en grandes haciendas (Cabrera, p 123).

Una de las fincas de la Hacienda Ahogados, el Encinal, con una extensión de 421 hectáreas, fue expropiada para cederlas a los vecinos de Cañas Dulces. Cabrera afirma que Cañas Dulces se ha caracterizado por movimientos sociales de tipo precarista, que son comunes en varias partes de Guanacaste en las tierras colindantes con grandes latifundios y baldíos nacionales (Cabrera, p 236). En la década de los años 60 y a consecuencia de la repartición de tierras que hizo el ITCO (compradas a la Hacienda Ahogados), arribaron familias de diferentes lugares y se establecieron en el Distrito, contribuyendo a su desarrollo (Ramírez p 5).

Buenavista: Buenavista toma el nombre de una finca cercana así llamada. Una de las primeras familias fundadoras de la comunidad de Buenavista fue la formada por Ciriaco Martínez Centeno (de Nicaragua) y Luduvina Contreras Angulo (de Cañas Dulces), quienes establecieron su hogar por allí de 1900. Esta pareja tuvo 10 hijos e hijas. Los hijos e hijas crecieron y formaron sus propias familias; unas fijaron su residencia en el nuevo pueblo y otras se fueron a otras zonas. Y así, fueron creciendo.

María Benita Jiménez García, nació en 1946 en Buenavista; es una de las nietas de esa primera familia formada por Ciriaco y Luduvina. Cuenta María Benita que en 1965 se fundó la primera escuela, el acueducto fue construido en 1972, la energía eléctrica “llegó” en 1979, la iglesia católica fue construida en 1970 y que los servicios de salud fueron recibidos desde 1994. Los jóvenes estudiantes de secundaria van al Colegio de Cañas Dulces (Com. Per. Jiménez, 2012).

La mayoría de la población económicamente activa de Buenavista trabaja en la construcción (salen a Liberia, Cañas Dulces y otros lugares), en turismo y en la agricultura.

Cedro: Cedros tiene una historia muy similar a la Buenavista, son pueblos muy cercanos, espacial, histórica y culturalmente. Entre las familias fundadoras está la formada por Feliciano García y José María Méndez quienes tuvieron 7 hijas y un hijo. El abuelo de José María fue José María García, quien era el dueño de la finca Cedros, llamada así en honor al árbol de cedro que está en el “ojo de agua” de donde actualmente toman el agua que abastece la comunidad. Así lo afirma Guadalupe Méndez García, nacida en 1926 e hija de Feliciano y José María. El nombre de la finca fue adoptado para denominar la comunidad. Otra de las familias fundadoras es la de Domingo García y Amelia Morales, cuya descendencia habita actualmente en Cedros (Com. Per. Méndez, 2012). La siguiente fotografía muestra el sitio donde está el “ojo de agua” y el tronco del árbol de cedro que le dio origen al nombre de la comunidad.

206 Fotografía No. 5.3.56 “Ojo de Agua” fuente del acueducto de Cedros



3) Curubandé y Agua Fría

Curubandé: De acuerdo con los testimonios de don Julio Juárez Miranda y don José del Carmen (Carmelo) Chavarría Chavaría, los primeros pobladores de Curubandé fueron don Manuel Martínez Martínez quien llegó en 1912 y doña Tomasa Chavarría Gómez quien llegó posteriormente y como esposa de don Manuel. Esta pareja tuvo 4 hijas y 4 hijos; todos crecieron en Curubandé y muchos

de éstos se quedaron cuando formaron sus propias familias, contribuyendo con el crecimiento de la comunidad.

Al igual que en otros pueblos de la zona, en Curubandé intervino el Estado por medio del ITCO que compró, en 1978, una finca de 204 hectáreas y la asigna a 45 parceleros; en julio de 1980 forma una Cooperativa Agropecuaria de Servicios Múltiples (Coope Curubandé) la cual dejó de funcionar como tal pocos años después. (IDA, 1986, p 24)

Don Julio Juárez Miranda llegó a Curubandé procedente de Liberia en 1944; en ese entonces habían unas “11 casitas”. De acuerdo con su relato, la primera escuela que se estableció fue para adultos e impartían las clases nocturnas en una casa particular y “se alumbraban con candelas”. Don Carmelo cuenta que en 1940 se construyó una Iglesia de adobe; en 1950 el acueducto y, en 1955 se abrió la Escuela Mixta de Curubandé. En esos tiempos las actividades productivas que se realizaban estaban orientadas hacia la agricultura y la ganadería; hoy día en cambio, el turismo es una fuente de empleo importante (Com. Per. Juárez, 2012). En la Fotografía siguiente se muestra la Iglesia actual.

207 Fotografía No. 5.3.57 Iglesia católica de Curubandé



Don Ramón Lilo Canales Rueda fue sabanero de la Hacienda La Cueva, propiedad de Elías Baldioceda en ese momento; cuenta que el camino que pasa por la Hacienda Guachipelín y lleva al sector de Pailas del Parque Nacional Volcán Rincón de la Vieja era y es un camino público; sólo se utilizaba un portón sin llave para que el ganado del hacendado Baldioceda no se saliera; pero cuando los señores Batalla tomaron posesión de la Hacienda, lo cerraron, no solamente impidiendo el libre tránsito de la gente de Curubandé y de cualquier ciudadano, sino cobrando dinero por su paso. Este camino ha estado en litigio durante muchos años por esa situación (Com. Per. Canales, 2012).

Agua Fría: En el salón de la Asociación de Productores de Agua Fría está escrito el siguiente mensaje:

“Dios trajo a este lugar personas que ni se conocían y las puso en esta tierra para ser una sola familia; estas personas especiales son los pioneros de Agua Fría”, Roque Rodríguez R.; Justo Rodríguez R.; Carlos Fajardo P.; Joaquín Rivera U.; Miguel Ortiz M.; Petronila de la O.; Berta García M.; Roger García M.

208 Fotografía No. 5.3.58 Salón de la Asociación de Productores de Agua Fría



Juanita Villalobos Cortes y Socorro Ortiz de la O indican que antes de llegar a Agua Fría, un grupo de personas se reunían para planear donde habían terrenos solos para irse a trabajar. En esa etapa del proceso se encontraron que la finca Agua Fría tenía como dueños a una pareja de estadounidenses quienes habían perdido sus vidas en un accidente aéreo; el cuidador de la finca les aportó toda la información necesaria como para tomar la decisión de ocupar esa finca en calidad de precaristas. Cuentan las señoras Villalobos y Ortiz que inicialmente vivían como en una gran carpa. Se organizaron distribuyendo las tareas y funcionaron así durante 10 meses; luego decidieron medir lotes que tuvieran la misma cantidad de hectáreas y las rifaron entre las familias del grupo, dejando un área comunal. El primer inconveniente que tuvieron fue que aparecieron dos supuestos dueños con los cuales enfrentaron un proceso legal del cual el grupo resultó ganador. Luego intervino el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) y compró -en 1997-, la finca de 76 ha al Apoderado General de ésta. Dado que ya se habían repartido la tierra, el IDA no intervino y siguieron trabajando como lo venían haciendo.

Tiene un acueducto de una fuente cercana y energía eléctrica desde 2008 pero sólo cerca de la vía pública; aún no hay telefonía residencial.

Con la agricultura producen frijoles, maíz, yuca, plátano, chile dulce, tomate, limones. La producción es para el consumo y la venta. Los compradores llegan allí mismos. Están organizados mediante una Asociación de Parceleros (Com. Per. Villalobos y Ortiz, 2012).

Actualmente hay 30 familias. Las y los escolares viajan a Curubandé. Ésta es la comunidad con la que guardan la relación en cuanto a la demanda de servicios de salud, educación y otros. Aunque tienen un área comunal para construir la Escuela y el Centro de Salud aún no tienen previsto cómo hacerlo.

5.3.13.4 Sitios históricos y culturales

En la búsqueda de sitios históricos y culturales que se realizó en el área de influencia social del Proyecto, no se encontraron sitios o estructuras como tales; sino más bien celebraciones de carácter religioso y festivo, consideradas manifestaciones culturales de los habitantes de estas comunidades. También, sitios de recreo y esparcimiento que utiliza la población en ciertas épocas del año como en la estación seca y en Semana Santa: las pozas de los ríos.

209 Fotografía No. 5.3.59 Poza del Río Tizate en Cañas Dulces



En el cuadro siguiente se describen las celebraciones religiosas y festivas más importantes de las comunidades. Se considera que la construcción y operación del Proyecto no afectará estas actividades.

115 Cuadro No. 5.3.42 Aspectos históricos y culturales de las comunidades del área de influencia social del Proyecto. Celebraciones religiosas y festivas.

Aspecto histórico-cultural	Característica	Efecto del proyecto
Cañas Dulces / Buenavista / Cedros		
Fiesta religiosa “El Turno de la Virgen”	El 2 de agosto se celebra, durante una semana, la fiesta popular de carácter religioso en honor a la Virgen de los Ángeles, Patrona del pueblo. Se celebra en el parque frente a la Iglesia Católica. Hay venta de comidas, bingos y otras actividades.	No hay efecto.
Fiestas populares tradicionales	El 15 de agosto se celebran 4 días de fiestas. Actividades: monta de toros, cabalgata, fútbol, bailes y venta de comidas. Se realizan en el campo ferial del pueblo. Estas fiestas tienen carácter distrital, llega gente de las comunidades cercanas y de Liberia.	No hay efecto.
Poza del Río Tizate	En los días de la Semana Santa, esta poza es el sitio preferido por la población de Cañas Dulces para disfrutar de un rato de ocio en el río.	No hay efecto.
Fiesta religiosa en Buenavista	El 15 de mayo se celebra el día de San Isidro, Patrono de la comunidad de Buenavista	No hay efecto.
Quebrada Grande / Lilas / Ángeles		
Fiestas populares o fiesta rodeo	Del 26 al 28 de abril la Asociación de Desarrollo Integral celebra estas fiestas en la que se realiza corridas de toros, topes o cabalgata, bailes, conciertos y se consumen comidas tradicionales.	No hay efecto.
Día del Deporte	El 31 de mayo se celebra el Día del Deporte, durante el día se realizan juegos tradicionales. Es organizado por el Colegio.	No hay efecto.
Fiesta religiosa “Las festividades de la Virgen de Lourdes	Esta fiesta se celebra del 2 al 11 de febrero. Hay conciertos de coro, misas y rezos todos los días y venta de comidas.	No hay efecto.
Poza de la Quebrada Grande y el Río Tempisque	En Semana Santa y en la estación seca, éstos son sitios muy frecuentados por los lugareños para su disfrute y esparcimiento.	No hay efecto.
Curubandé / Agua Fría		
Fiestas populares	Entre el 25 y el 28 de diciembre, la Asociación de Desarrollo Integral celebra este Turno con corridas de toros, bailes y mucha comida.	No hay efecto.
Fiesta religiosa dedicada a Santa Teresa	En honor a la Patrona del pueblo y el 01 de octubre se celebra su día (más bien dos días) con misas, coros y rezos; además de venta de comidas.	No hay efecto.
Poza del Río Blanco	Muy frecuentada en Semana Santa por los lugareños.	No hay efecto.

6 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL PROYECTO

Nuestro país tiene como objetivo de lograr ser el primer país "carbono-neutral" del mundo para el año 2021, tarea que implica reducir a nivel cero las emisiones nacionales netas de CO₂. Este objetivo fue puesto en marcha en el 2007 por la anterior administración, habiendo también la actual administración comprometido esfuerzos para lograr ese objetivo como una de las prioridades del país. Por otro lado, la demanda de electricidad se está incrementando a un promedio anual de 5% y es indispensable expandir la capacidad de generación en el país. En 2011, la capacidad instalada total del país es 2,590 MW (hidro 65%, térmica 21%, geotérmica 8%, eólica 5% y biomasa 1%). La conservación del medioambiente y la reducción de la dependencia de la importación de combustibles fósiles son los temas particularmente importantes en la política energética del país. En este sentido, el "Plan Nacional de Desarrollo 2014-2011" fijó el objetivo de lograr que el 95% de la generación eléctrica en el año 2014 sea con energías renovables.

El potencial geotérmico del país se estima en aproximadamente 865 MW, la utilización actual de este para generación eléctrica es solamente 205 MW. Por lo tanto, todavía existe gran potencial no utilizado.

El ICE para aprovechar y explotar el potencial geotérmico de Costa Rica se ha concentrado en la cordillera volcánica de Guanacaste. Recientemente en el macizo volcánico del Rincón de la Vieja el ICE ha realizado la exploración de dos prospectos geotérmicos; Las Pailas y Borinquen

6.1 Resumen del Proyecto Geotérmico Borinquen

El P.G. Borinquen se encuentra actualmente en la etapa de factibilidad. Según lo especificado en el Programa de Estudios de Pre-inversión Convenio CCLIP BID-ICE, dicha etapa incluye la perforación exploratoria profunda de 5/6 pozos, para disponer de 3 o 4 pozos productores y por lo menos 1 o 2 pozos de reinyección. El cronograma del mismo convenio prevé que las actividades de perforación (en la hipótesis de 5 pozos) sean completadas dentro de finales del año 2013, de manera que a la mitad del 2014 sea posible completar el informe de factibilidad.

A la fecha los estudios geocientíficos han sido completados, se han perforado una veintena de pozos para medir el gradiente térmico, distribuidos sobre una superficie de aproximadamente 9 km² y se habían perforado además dos pozos exploratorios profundos el PGB-01 productor y PGB-03 reinyector, el primero de los cuales resultó de interés comercial y el segundo con baja permeabilidad. En actualidad se está en la conclusión del proceso de perforación de dos pozos exploratorios adicionales el PGB-02 y el PGB-05. Bajo esta situación se necesitan unos 2 pozos profundos más, para poder proceder con la ingeniería del reservorio, el diseño básico de las obras y el análisis económico y financiero.

Los estudios geocientíficos completados:

- Levantamiento geovulcanológico, integrado por interpretación de imágenes de satélite y fotos aéreas y por análisis petrográficos
- Estudio geoquímico de los fluidos (aguas y gases)
- Investigaciones geofísicas (gravimetría, MT, TDEM, CSAMT)

Los pozos exploratorios profundos PGB-01 y PGB-03, ubicados a una distancia de unos 2 km, revelaron condiciones térmicas totalmente distintas. En PGB-01 la temperatura sube hasta una profundidad de 1000 m, con un gradiente de 30° C/100 m hasta 550 m y de 10° C/100 m entre 550 y 1000 m, manteniéndose a 245 °C entre 1000 y 2000 m y subiendo a 270 °C en el tramo final. El pozo PGB-03, por otro lado, tiene desde su comienzo un gradiente bastante regular de 9 °C/100 m, alcanzando una temperatura de 190 °C a la profundidad de 1800 m; por debajo la temperatura parece estabilizarse.

En adición a las plataformas de perforación de los pozos PGB-01 y PGB-03 se han identificado 13 diferentes sitios o plataformas potenciales para la perforación futura, que se clasifican en tres categorías distintas:

- Sitios escogidos por ICE, con plataforma ya preparada: PGB-02, 04, 05 y 09.
- Sitios escogidos por ICE, sin plataforma: PGB-06, 07, 08 y 10.
- Plataformas proyectadas adicionales (sitios aún no definidos): PGB-11, 12, 13

Para efectos del estudio de impacto ambiental del campo geotérmico Borinquen definió un área de 28 km² Hoja IGN Curubandé – Cacao, coordenadas planas CRTM05, el AP se ubica en el cuadrante, 341266,845 N y 1198763,567 W, 348752,179 N y 1198764,993 W, 345688,775 N y 1194251,751 W, 341258,301 N y 1194249,674 W, mientras que el AID se encuentra en 340764,454 N y 1199572,390 W, 349269,247 N y 1199565,563 W, 347259,619 N y 1193751,007 W, 340759,031 N y 1193749,645 W. Ver la Figura No. 3.1.1.

En la actualidad se cuenta con las plazoletas de perforación No.2, No.9 y la No. 5 terminadas para la perforación de los pozos de exploración profunda y se está perforando dos pozos profundos en las plataformas, uno en la No. 2 y el otro en la No. 5, proceso de perforación que se espera que se concluya a finales del año para luego pasar a las plataformas de interés de reinyección la No.3 y No. 9.

En el mismo plano base en la Figura No. 3.1.1, se presenta la distribución del desarrollo del futuro campo geotérmico Borinquen, como se puede apreciar se trata de la construcción de dos centrales geotérmicas de modalidad vapor o fasheo simple separadas por 2.1 km, dividiendo el campo geotérmico (CG) en dos bloques o secciones: Norte - Sur, ambas tendrán una potencial nominal de 55 MW. De éstas la ubicada en la sección Sur del CG del tendrá una distribución

conformada por tres edificaciones principales debidamente articuladas a saber: casa de máquinas, torre de enfriamiento y subestación ocupando una extensión aproximada de 2 Ha, la ubicada en la Sección Norte contará con las dos primeras edificaciones señaladas y se conectará a la subestación de la primera para la salida en un solo bloque al Sistema Nacional Interconectado se adjunta esquema de distribución, en la Figura No. 3.1.2. A la fecha se identificado 13 plazoletas o plataformas de perforación profunda (explotación – reinyección) multi-pozo de modalidad convencional y direccional con un trazado de tuberías de conducción (bifásicas–reinyección) en la sección Norte con una longitud aproximada 8 km y en su sección Sur 4 km. Ver Figuras No. 3.1.2 y No. 3.1.3 Es esquema de distribución de una central geotérmica modalidad vapor y el esquema de un campo geotérmico bajo explotación.

En el Cuadro No. 3.1.2 se presenta el perfil de construcción del proyecto que resume los componentes de un campo geotérmico bajo explotación.

Las obras de transmisión para el presente caso se centralizarán en la construcción de la subestación reguladora compacta similar a la expuesta en Fotografía No. 4.1.3. En lo concerniente a la salida de la energía se utilizara la servidumbre del corredor de la línea de transmisión (LT) del proyecto Eólico de Orosí de 230 Kv de circuito simple, LT aún no construida que atravesará el área de proyecto del PGB y que se conectará con la Subestación del PG Pailas de allí al Sistema Nacional Interconectado.

Estimación del Recurso

Por el momento el potencial del recurso ha sido estimado utilizando el método volumétrico combinado con el método estadístico de Monte Carlo. Se utilizó información tal como la extensión del área y el espesor del yacimiento geotérmico (deducida de los resultados de la exploración electromagnética) y la temperatura a profundidad, derivada de los pozos exploratorios profundos y de la interpretación de la geoquímica de superficie. El potencial del recurso fue estimado que es equivalente a 110 MWe de generación con un nivel de certidumbre probabilístico del 50%. Como consecuencia de esto, el ICE inició un estudio de impacto ambiental y asumiendo un desarrollo máximo posible de 110 MW.

6.2 Elementos del proyecto generadores de impactos ambientales

Ver Cuadro No. 6.3.1 Matriz Interactiva Causa–Efecto (***En los documentos impresos de este estudio de impacto ambiental se adjunta en el Anexo No. 6.3.1***)

1. Movimiento de tierras (limpieza, excavación ,nivelación de terrenos)
 - Ampliación y construcción de accesos (1A)
 - Preparación de las plazoletas de perforación (1B)
 - Preparación terrenos estaciones de separación (1C)
 - Sitios lagunas de reinyección (1D)

- Sitio de las edificaciones de CM (1E)
 - Sitio de la subestación (1F)
 - Sitios de escombreras (1G)
2. Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada
 3. Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada
 4. Manejo de sustancias peligrosas (aditivos- explosivos).
 5. Construcción plataformas de perforación.
 6. Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección.
 7. Trazado y montaje de las tuberías bifásicas.
 8. Construcción edificios de las casas de máquinas.
 9. Montaje obras electromecánicas.
 10. Construcción Subestación compacta.
 11. Construcción tramo de LT conexión CM.
 12. Producción de desechos del campamento - instalaciones temporales.
 13. Proceso de perforación.
 14. Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos).
 15. Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (H₂S).
 16. Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones.
 17. Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico.
 18. Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos).
 19. Empleo de luminarias externas.
 20. Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos.

Como se aprecia en el Cuadro No. 6.3.1 la acción más interactúa con su entorno es la "Ampliación y construcción de accesos" 28 interacciones causa –efecto

6.3 Factores del medio ambiente susceptibles de ser impactados

Ver Cuadro No. 6.3.1 Matriz Interactiva Causa –Efecto

MEDIO FÍSICO

- 1) Atmósfera
 - Calidad aire (física-química)
 - Ruido natural
 - Nivel corrosión natural
- 2) Agua
 - Escurrimiento superficial
 - Subterránea
 - Calidad del agua (fís-bio-química)
- 3) Tierra
 - Relieve (Geomorfología)
 - Suelo
- 4) Procesos

- Erosión y depositación
- Sismicidad
- Actividad volcánica
- Manto freático

MEDIO BIOLÓGICO

- 5) Flora
 - Bosque
 - Tacotal (charral)
 - Pastizal
- 6) Fauna
 - Peces -acuática asociada
 - Aves -anfibios-reptiles
 - Mamíferos

MEDIO HUMANO

- 7) Uso de la tierra
 - Paisaje
 - Actividad Agropecuaria
 - Industria del turismo
 - Habitacional (Tenencia de la tierra)
- 8) Infraestructura
 - Red vial, puentes, etc.
 - Edificaciones
 - Red suministro servicios: agua, luz, tel., etc.
- 9) Social – Cultural
 - Demografía - densidad población
 - Calidad de vida: salud-seguridad-educación
 - Elementos Históricos y Culturales
 - Seguridad vial
 - Infraestructura comunal
 - Arqueología-Patrimonio cultural
- 10) Economía
 - Empleo
 - Comercio-desarrollo local
 - Cambio en el valor de la tierra
 - Poder adquisitivo

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 6.3.1 es el factor ambiental del entorno más susceptible de ser impactado son las “aves –anfibios –reptiles” 26 interacciones.

6.4 Identificación y pronóstico de impactos ambientales

6.4.1 Enfoque metodológico

El enfoque está orientado a la obtención de una tipificación de los impactos y valoraciones ambientales, con el objetivo de diseñar las medidas de control y de atenuación a través de la formulación de un plan de gestión ambiental, en el que se asegure la viabilidad ambiental del presente Proyecto.

A efectos de cumplir con la normativa ambiental nacional, se ha aplicado el procedimiento metodológico, que establece la Ley Orgánica del Ambiente No 7554, los lineamientos ambientales establecidos por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

Para ello se contó con el apoyo de la guía del instructivo: Decreto N° 32966-MINAE Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)- Parte IV “Guía -Estudios de Impacto Ambiental y Pronósticos-Plan de Gestión Ambiental, valoración de los impactos ambientales y términos de referencia”, del 20 de febrero del 2006 Así como el Decreto No 32079 Manual EIA parte I D1 y D2 y Código de Buenas Prácticas.

La metodología propuesta establece la denominada Matriz de Importancia de Impacto Ambiental (MIIA), utilizada por la SETENA desde el año 1997, según su Resolución 588 – 1997, así como la valoración de impactos relevantes incluyendo la formula siguiente.

A continuación se transcribe textualmente lo señalado en las normativas o manuales mencionados emitidos por la Setena en cuanto al significado de los mencionados símbolos que conforman el elemento tipo de la matriz de valoración cualitativa o matriz de importancia.

Signo

- El signo de efecto, y por lo tanto del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que actúan sobre los distintos factores considerados.
- Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, debidamente justificados y argumentados, un tercer carácter (*), que reflejaría efectos asociados con circunstancias externas a la actividad, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza dañina o beneficiosa.
- Al evaluar una actividad, obra o proyecto se estudian los impactos perjudiciales, o sea los que presentan signo (-). Si éstos superan los estándares preestablecidos, en particular en función del marco regulatorio, se deberá

contemplar la introducción de medidas correctoras que den lugar a impactos beneficiosos (+), que reduzcan o anulen los efectos de aquellos.

Intensidad (IN)

- Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa. La escala de valoración estará comprendida entre 1 y 12, en la que el 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto (AP total), y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones intermedias, las cuales deben ser debidamente justificadas y argumentadas.
- Debe tomarse en cuenta que esta valoración se realiza en función de porcentaje del área del proyecto (AP y/o sus áreas de influencia, cuando aplique) que está siendo directamente afectada.

Extensión (EX)

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (porcentaje de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). En Costa Rica se utilizará como referencia para cuantificación el Área de Influencia Directa (AID) Biofísica y Social.

- Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter Puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto Parcial (2) y Extenso (4).
- En el caso de que el efecto, se produzca en un lugar crítico (vertido próximo y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano, etc.), se le atribuirá un valor de 4 unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta. Si además de crítico, el efecto es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras, habrá que buscar inmediatamente otra alternativa a la operación, o proceso de la actividad que da lugar al efecto, anulando la causa que lo produce.

Momento (MO)

El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor /aspecto ambiental considerado.

- Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo, asignándole en ambos casos un valor (4). Si es un

periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, largo plazo, con valor asignado de (1).

- Si concurrese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor cuatro unidades por encima de las especificadas (ruido por la noche en las proximidades de un centro hospitalario -inmediato-, previsible aparición de una plaga o efecto pernicioso en una explotación justo antes de la recolección -medio plazo-).

Persistencia (PE)

Se refiere al tiempo que, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medio naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

- Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 5 años, temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 5 años, consideramos el efecto como permanente asignándole un valor (4).

- La persistencia, es independiente de la reversibilidad.

- Un efecto permanente (contaminación permanente del agua de un río consecuencia de los vertidos de una industria), puede ser reversible (el agua del río recupera su calidad ambiental si cesa la acción como consecuencia de una mejora en el proceso industrial), o irreversible (el efecto de la tala de árboles ejemplares es un efecto permanente irreversible, ya que no se recupera la calidad ambiental después de proceder a la tala). Por el contrario, un efecto irreversible (pérdida de la calidad paisajística por destrucción de un jardín durante la fase de construcción de infraestructura), puede presentar una persistencia temporal, (retorno a las condiciones iniciales por implantamiento de un nuevo jardín una vez finalizadas las obras).

- Los efectos fugaces y temporales son casi siempre reversibles o recuperables.

Reversibilidad (RV)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

- Si es corto plazo, es decir menos de un año, se le asigna un valor (1), si es a medio plazo, es decir un período que va de 1 a 5 años (2) y si el efecto es irreversible, o dura más de 5 años, le asignamos el valor (4). Los intervalos de

tiempo que comprenden estos periodos, son idénticos a los asignados en el parámetro anterior.

Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida, es decir las posibilidades a retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

- Si el efecto es totalmente recuperable, y si lo es de manera inmediata, se le asigna un valor de 1, o un valor de 2, si lo es a mediano plazo, si la recuperación es parcial y el efecto es mitigable, toma un valor de 4; cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por acción natural como por la humana) le asignamos el valor de 8. En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor será de 4.

Sinergia (SI)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocada por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provoca actúan de manera independiente y no simultánea. (La dosis letal de un producto A, es DLA y la de un producto B, DLB. Aplicados simultáneamente la dosis letal de ambos productos DLAB es mayor que DLA + DLB).

- Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor de 1, si presenta un sinergismo moderado, toma el valor de 2 y si es altamente sinérgico deberá asignársele un valor de 4.
- Cuando se presentan casos de debilitamiento, la valoración del efecto presentará valores de signo negativo, reduciendo al final el valor de la Importancia del Impacto.

Acumulación (AC)

Este atributo da la idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. (La ingestión reiterada de DDT, al no eliminarse de los tejidos, da lugar a un incremento progresivo de su presencia y de sus consecuencias, llegando a producir la muerte).

- Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4)

Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto en términos de su direccionalidad, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Un impacto puede ser directo e indirecto al mismo tiempo, aunque en factores distintos, dado que la escala es excluyente, y no se valora el hecho de que pueda ser directo e indirecto, hay que hacer la valoración excluyente.

- El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, se le asigna un valor de 4. (La emisión de CO, impacta sobre el aire del entorno).
- En caso de que se presente un efecto indirecto o secundario, es decir que tiene lugar a partir de un efecto primario, y no existe un efecto directo asociado a esa misma acción, se le asigna al impacto un valor de 1. Su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. (La emisión de fluorocarbonos, impacta de manera directa sobre la calidad del aire del entorno y de manera indirecta o secundaria sobre el espesor de la capa de ozono).

Periodicidad (PR)

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma esporádica en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (continuo).

- A los efectos continuos se les asigna un valor de 4, a los periódicos un valor de 2, y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, así como a los discontinuos un valor de 1.
- Un ejemplo de efectos continuo, es la ocupación de un espacio consecuencia de una construcción. El incremento de los incendios forestales durante la época seca, es un efecto periódico, intermitente y continuo en el tiempo. El incremento del riesgo de incendios, consecuencia de una mejor accesibilidad a una zona forestal, es un efecto de aparición irregular, no periódico, ni continuo pero de gravedad excepcional.

Importancia del impacto (I)

Ya se ha apuntado que la importancia del impacto, o sea, la importancia del efecto de una acción sobre un factor/aspecto ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto en el Cuadro No 6.4.1, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = \pm [3 \text{ IN} + 2 \text{ EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{PV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC}]$$

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100.

Presenta valores intermedios (entre 40 y 60) cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Intensidad total, y afección mínima de los restantes símbolos.
- Intensidad muy alta o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o sea, compatibles, o bien las medidas ambientales se contemplaron en el diseño del proyecto. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75.

Banderas Rojas

En aquellas casillas de cruce que correspondan a los impactos más importantes, o que se produzcan en lugares o momentos críticos y sean de imposible corrección, que darán lugar a las mayores puntuaciones en el recuadro relativo a la importancia, se le superpondrán las llamadas Alertas o Banderas Rojas, para llamar la atención sobre el efecto y buscar alternativas, en los procesos productivos de la actividad, obra o proyecto, que eliminen la causa o la permuten por otra de efectos menos dañinos.

Una vez recopilada y analizada la información, se realizaron identificaciones e interacciones de impactos potenciales en las áreas de influencia socio-ambiental del Proyecto Geotérmico Borinquen y se generó una de cálculo para la valoración de impactos ambientales. Ver el Cuadro No. 6.4.2. Esto acorde con el marco metodológico explicado en esta Sección.

117 Cuadro No. 6.4.1 Datos básicos para la valoración de impactos ambientales

Naturaleza (carácter)	Positivo (+)
	Negativo (-)
Intensidad (IN) (Grado de destrucción)	Efecto leve (1)
	Efecto medio (2)
	Efecto alto (4)
	Efecto muy alto (8)
	Efecto crítico (12)
Extensión (EX) (Área de influencia)	Puntual (1)
	Parcial (2)
	Extenso (4)
	Generalizado total (8)
	Crítico (12)
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	Largo plazo (1)
	Plazo medio (2)
	Inmediato (4)
	Crítico (8)
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)	Corta duración (1)
	Temporal (2)
	Permanente (49)
Reversibilidad (RV)	Reversible (1)
	Reversible plazo medio (2)
	Irreversible (4)
Sinergia (SI)	Leve o nula (1)

(Potenciación del efecto)	Moderada (2)
	Alta (4)
Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	No acumulativo (1)
	Acumulativo (4)
Efecto (EF) (Relación causa –efecto)	Indirecto (1)
	Directo (4)
Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	No periódico (1)
	Recurrente (2)
	Continuo (4)
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)	Recuperable corto plazo (1)
	Recuperable plazo medio (2)
	Recuperación parcial (4)
	Irrecuperable (8)
Importancia (I)	$I = \pm [3 IN + 2 EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + MC]$

118 Cuadro No. 6.4.2 A Formato hoja de cálculo de valoración de impactos. Anexo No.6.4.1.

PROYECTO:														
TABLA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS														
Código del impacto	FHHEA 19-8													
Acción impactante del Proyecto	CONSTRUCCION EDIFICIOS DE LAS CASAS DE MAQUINAS													
Elemento del medio afectado	PAISAJE													
Valoración de Impacto	+	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	Importancia		
	(-)	12	4	8	4	4	4	1	4	4	2	75		
criterios de valoración				Escala de valoración										
carácter	+	Positivo			0-25			Compatible: el impacto es solucionado en diseño o asumido por el medio						
	-	Negativo			25-50			Moderada: requiere medidas simples o regulación constructiva/operativa						
Intensidad	1	Efecto leve			50-75			Severa: requiere medidas específicas o adecuaciones de diseño						
	2	Efecto medio			75-100			Crítica: el impacto no puede ser atenuado, daños al medio no recuperables						
(IN)	4	Efecto alto												
	8	Efecto muy alto												
	12	Efecto crítico												
Extensión	1	Puntual			DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO: Afectación en la forma y en el color natural del paisaje debido al proceso de construcción de los edificios de las casas de maquinas así como la presencia de maquinaria pesada									
	2	Parcial												
	(EX)	4	Extenso											
	8	Generalizado total												
Momento de aparición	1	Largo plazo												
	2	Plazo medio												
	(MO)	4	Inmediato											
	8	Crítico												

119 Cuadro No. 6.4.2 B Formato hoja de cálculo de valoración de impactos. Anexo No.6.4.1.

Persistencia (PE)	1	Corta duración	
	2	Temporal	
	4	Permanente	
Reversibilidad (RV)	1	Reversible	
	2	Reversible plazo medio	
	4	Irreversible	
Recuperabilidad (MC)	1	Recuperable corto plazo	
	2	Recuperable plazo medio	
	4	Recuperación parcial	
	8	Irrecuperable	
Sinergia (SI)	1	Leve o nula	
	2	Moderado	
	4	Alto	
Acumulación (AC)	1	No acumulativo	
	4	Acumulativo	
Efecto (EF)	1	Indirecto	
	4	Directo	
Perioricidad (PR)	1	No periódico	
	2	Recurrente	
	4	Continuo	



6.5 Impactos ambientales que producirá el Proyecto

A continuación se adjunta el Cuadro No. 6.5.1 con el listado general o total de los impactos que fueron identificados por los miembros del equipo multidisciplinario que tuvo cargo esta sección del estudio de impacto ambiental, como se puede apreciar que en total se identificaron 193 impactos tanto positivos (+) como negativos (-).

120 Cuadro No. 6.5.1 Lista global de los impactos identificados por el equipo de trabajo

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
1	Hartman Guido	Calidad del aire	La interacción se da con los siguientes procesos; Ampliación y construcción de accesos (1A), Preparación de las plazoletas de perforación (1B), Preparación terrenos estaciones de separación (1C), Sitios lagunas de reinyección (1D), Sitio de las edificaciones de CM (1E), Sitio de la subestación (1F), Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2), Traslado y acopio de agregados- movimiento maquinaria pesada (3), Construcción plataformas de perforación (5), Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6), Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7), Construcción edificios de las casas de máquinas (8), Construcción Subestación compacta (10), Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11), Sitios de escombreras (1G)	Contaminación del aire producto de la emisión de gases contaminantes por la combustión de hidrocarburos en motores	(-)	28
2	Hartman Guido	Calidad del aire	Proceso de perforación (13), Torre enfriamiento-emisión de gases no condensables (15), Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17), Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18)	Contaminación del aire por los gases (H ₂ S y CO ₂) durante las pruebas en pozos y fase operativa .	(-)	36
3	Hartman Guido	Calidad del aire	Proceso de perforación (13), Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (15), Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17), Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18)	Efectos sobre la salud de las personas por emisiones del H ₂ S	(-)	57
4	Hartman Guido	Calidad del aire	Proceso de perforación (13), Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14), labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17), Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18), Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Contaminación del aire por sólidos en suspensión.	(-)	41

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
5	Hartman Guido	Ruido Natural	Ampliación y construcción de accesos (1A) Preparación de las plazoletas de perforación (1B), Preparación terrenos estaciones de separación (1C), Sitios lagunas de reinyección (1D), Sitio de las edificaciones de CM (1E), Sitio de la subestación (1F), Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2), Traslado y acopio de agregados- movimiento maquinaria pesada (3), Construcción plataformas de perforación (5), Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6), Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7), Construcción edificios de las casas de máquinas (8), Montaje obras electromecánicas (9), Construcción Subestación compacta (10), Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11), Producción de desechos del campamento - instalaciones temporales (12), Sitios de escombreras (1G).	Contaminación sónica por movimiento de la maquinaria y vehículos fase de construcción	(-)	49
6	Hartman Guido	Ruido Natural	Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14), Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (H ₂ S) (15), Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16), Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) , Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) .	Contaminación sónica por la operación normal de la planta geotérmica, etapa de pruebas, fallas y de ésta	(-)	55
7	Luis Garita	Nivel corrosión	Emisión de gases no condensables H ₂ S en las torres de enfriamiento (14)	Aumento de la pérdida del metal expuesto al ambiente debido a la corrosión.	(-)	45
8	Jeffrey Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Ampliación y construcción de accesos (1A)	Aumento en la escorrentía superficial debido a la remoción de capa vegetal en el área de ampliación de caminos y a la compactación del suelo lo cual reduce la infiltración del agua de lluvia en el terreno.	(-)	19

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
9	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Preparación plazoletas de perforación (1B) Preparación terrenos de las estaciones de separación (1 C)	Aumento en la escorrentía superficial debido a la remoción de capa vegetal en el área de las plazoletas de perforación y a la compactación del suelo lo cual reduce la infiltración del agua de lluvia en el terreno.	(-)	18
10	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Preparación terrenos lagunas de reinyección (1D)	Disminución de la escorrentía superficial debido a la retención del agua de lluvia, la cual es almacenada en las lagunas de reinyección.	(-)	17
11	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Preparación sitios para casa de máquinas (1E) Preparación sitio para la subestación (1F)	Aumento de la escorrentía superficial debido a la remoción de capa vegetal en el sitio de la edificación de casa de máquinas y a la compactación del suelo, lo cual reduce la infiltración del agua de lluvias en el terreno.	(-)	17
12	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Traslado y acopio de escombros (2)	Aumento de la escorrentía superficial debido al cambio en el uso del suelo, donde se pasa de tener cobertura vegetal a tener depósitos de material compactado, cuya permeabilidad es menor que el suelo original.	(-)	17
13	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Traslado y acopio de agregados (3)	Aumento de la escorrentía superficial debido al cambio de uso del suelo en las áreas destinadas al acopio de agregados. En general, los agregados tienen una permeabilidad menor que el suelo natural.	(-)	17
14	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Construcción de plataformas de perforación (5)	Aumento de la escorrentía superficial debido al cambio en el uso del suelo, donde se da la colocación de estructuras impermeables (oficinas, bodegas, equipos, etc) en el área de construcción.	(-)	17
15	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Construcción estaciones separadoras (6)	Aumento de la escorrentía superficial debido al cambio en el uso del suelo, donde se da la colocación de estructuras impermeables (oficinas, bodegas, equipos, etc) en el área de construcción de las estaciones separadoras.	(-)	17
16	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Trazado y montaje de tubería bifásica (7)	Aumento de la escorrentía superficial debido a la remoción de capa vegetal en la zona de instalación de la tubería y a la compactación del suelo, lo cual reduce la infiltración del agua de lluvia en el terreno.	(-)	19

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
17	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Construcción de Casa de Máquinas (8)	Aumento de la escorrentía superficial debido al cambio en el uso del suelo, donde se da la colocación de estructuras impermeables (oficinas, bodegas, equipos, etc) en el área de construcción de la casa de máquinas.	(-)	17
18	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Construcción subestación compacta (10)	Aumento de la escorrentía superficial debido a la colocación de estructuras impermeables (oficinas, bodegas, equipos, etc) en el área de construcción de la subestación compacta.	(-)	17
19	Jeffry Luna Gutiérrez	Agua - Escorrentía Superficial	Construcción tramo línea de transmisión (11)	Aumento de la escorrentía superficial debido a la colocación de estructuras impermeables (oficinas, bodegas, equipos, etc.) en el área de construcción de la línea de transmisión.	(-)	17
20	Fernando Molina Zúñiga	Agua Subterránea - Manto Freático	Movimientos de tierra , trazado y montaje de tuberías bifásicas y construcción tramo de LT conexión CM 1	Afectación del caudal y el nivel del manto freático. El caudal y nivel del manto freático será afectado, durante la fase de construcción, movimientos de tierras y compactación del terreno, ya que, estas acciones disminuyen la permeabilidad y modifican la topografía, el cual, en ocasiones podría llegar a cortar el nivel freático.	(-)	21
21	Fernando Molina Zúñiga	Agua Subterránea - Manto Freático	Movimientos de tierra	Alteración en el agua subterránea (cambios: físicos, químicos o caudal). El caudal de recarga de los acuíferos subterráneos será afectado, si durante la fase de construcción, los movimientos de tierras y compactación del terreno se realizan en áreas de recarga de los acuíferos, ya que esta acción disminuye la permeabilidad del terreno y por ende la recarga del agua subterránea.	(-)	19

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
22	Fernando Molina Zúñiga	Agua Subterránea - Manto Freático	Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos, Sistema reinyección trasiego de la salmuera y Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (H2S)	Contaminación del acuífero por líquidos que se infiltren "percolen" el lleguen al agua subterránea.	(-)	13
23	Fernando Molina Zúñiga	Agua Subterránea - Manto Freático	Perforación	Contaminación del manto freático por estar en contacto con fluidos de perforación y cemento, durante el proceso de perforación.	(-)	19
24	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	La interacción se da con los siguientes procesos; Ampliación y construcción de accesos (1A), Preparación de las plazoletas de perforación (1B), Preparación terrenos estaciones de separación (1C), Sitios lagunas de reinyección (1D), Sitio de las edificaciones de CM (1E), Sitio de la subestación (1F), Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2), Traslado y acopio de agregados- movimiento maquinaria pesada (3), Construcción plataformas de perforación (5), Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6), Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7), Construcción edificios de las casas de máquinas (8), Construcción Subestación compacta (10), Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11), Sitios de escombreras (1G)	Cambios en la turbidez del agua.	(-)	27
25	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	Ampliación y construcción de accesos (1A), Preparación de las plazoletas de perforación (1B), Preparación terrenos estaciones de separación (1C), Sitios lagunas de reinyección (1D), Sitio de las edificaciones de CM (1E), Sitio de la subestación (1F), Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2), Traslado y acopio de agregados- movimiento maquinaria pesada(3), Construcción plataformas de perforación (5), Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6), Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7), Construcción edificios de las casas de máquinas (8), Construcción Subestación compacta (10), Construcción tramo de LT conexión CM 1(11), Sitios de escombreras (1G).	Contaminación del agua superficial	(-)	42

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
26	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	Proceso de perforación (13), Torre enfriamiento (15) - Agua superficial	Reducción en la disponibilidad de aguas superficiales	(-)	26
27	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	Proceso de perforación (13)	Contaminación del agua por vertidos de aceites y lubricantes	(-)	42
28	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	La interacción se da con los siguientes procesos; Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14), Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17), Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18), Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Contaminación del agua por los fluidos geotérmicos	(-)	37
29	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	Desechos Líquidos (20)	Contaminación del agua por las aguas servidas o por derrames de aceites que se generan como residuos.	(-)	45
30	Eddy Sánchez – Hartman Guido	Calidad agua superficial	Desechos sólidos (20)	Reducción de la calidad del agua por desechos sólidos manejados no apropiadamente	(-)	46
31	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Preparación de las plazoletas de perforación (1 B)	Alteración en la morfología del terreno por movimientos de tierras asociados a la preparación de las plazoletas de perforación. Se modificaría la forma del relieve en los sitios donde se localizaría las plazoletas de perforación, debido a los procesos de corte y nivelación de la topografía	(-)	43
32	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Preparación terrenos estaciones de separación (1C)	Alteración en la morfología del terreno por movimientos de tierras asociados a la preparación de terrenos de estaciones de separación. Se producirían cambios en las formas del relieve al acondicionar los sitios de las estaciones de separación, lo que lleva a realizar cortes y nivelaciones en la topografía.	(-)	34

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
33	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Preparación terrenos donde se localizarían lagunas de reinyección (1D) (2)	Degradación de las formas del terreno por excavación de las áreas donde se localizarían lagunas de reinyección. Los sitios donde se localizarían las lagunas de reinyección implicarían labores de excavación de varios sectores con la consecuente alteración completa de la forma del relieve , debido a la gran cantidad de materiales que se tienen que remover	(-)	43
34	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Sitio de las edificaciones de CM (1 E)	Degradación de las formas de relieve por los movimientos de tierra asociados a los sitios donde se construirían las C.M de P.G. Borinquen. Los dos sectores propuestos para localizar las Casas de máquinas del PG Borinquen sufrirían procesos de corte, extracción de materiales y nivelación del terreno que alterarían la conformación natural de esos sitios para dar cabida a las obras del componente casa máquinas del P.G Borinquen.	(-)	43
35	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Preparación de sitios de escombrera (1G)	Alteración de la morfología del terreno por preparación de sitios de escombrera. Se producirían leves cambios en el relieve en los sitios seleccionados para localizar las escombreras debido a las labores de acondicionamiento de dichos sitios, lo que implica el destape de la vegetación y remoción del suelo orgánico principalmente	(-)	34
36	Joaquín Méndez	Geomorfología - Relieve	Acopio de escombros (2)	Agradación de las formas del terreno por construcción de sitios de escombrera. Se modificaría la conformación natural del relieve en los sitios seleccionados para escombreras, como consecuencia de la elevación del terreno en esos sitios a partir de la depositación de materiales	(-)	43

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
37	Joaquín Méndez	Riesgos – Erosión	Ampliación y construcción de accesos. (1 A)	Incremento de los procesos de erosión y depositación por las labores de acondicionamiento de caminos. Se podría dar un incremento de los procesos erosivos y de depositación al habilitar nuevos caminos o accesos, así como por el acondicionamientos de otros caminos que comuniquen a las diferentes obras de proyecto. Esto por cuanto se dejaría el suelo expuesto, a su vez que por las labores mecánicas de acondicionamiento de caminos se alteraría la estructura de los suelos, favoreciendo la erosión.	(-)	25
38	Joaquín Méndez	Riesgos – Erosión	Preparación de las plazoletas de perforación (1B)	Incrementos de procesos erosivos y de depositación a causa de realizar los movimientos de tierra para preparar los sitios de plazoletas de perforación. Debido a los movimientos de tierra, la pérdida de cobertura vegetal en los sectores donde se localizarían nuevas plazoletas de perforación, se podría dar un incremento de los procesos erosivos y de depositación al quedar los suelos expuestos y desagregados	(-)	34
39	Joaquín Méndez	Riesgos – Erosión	Preparación terrenos estaciones de separación (1C)	Incremento de procesos erosivos y depositación asociado a movimientos de tierra en los sitios de estaciones separadoras. Debido a los movimientos de tierra con nivelación, corte del terreno, la pérdida de cobertura vegetal en los sectores donde se localizarían las estaciones separadoras, se podría dar un incremento de los procesos erosivos y de depositación al quedar los suelos expuestos y desagregados.	(-)	32

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
40	Joaquín Méndez	Riesgos Erosión	Sitios lagunas de reinyección (1D)	Incremento de procesos erosivos y depositación asociado a movimientos de sitios lagunas de reinyección. El proceso de conformación de los sitios de lagunas de reinyección implica la remoción de la cubierta vegetal, la excavación y remoción de suelo, los cuales fomentarían el incremento de procesos de erosión y depositación por quedar los suelos expuestos y desagregados	(-)	34
41	Miguel Chinchilla	Suelos	Emisión de gases no condensables H2S en las torres de enfriamiento (14)	Acidificación de los suelos. La emisión de gases no condensables (H2S) en las torres de enfriamiento, incrementa en muy bajas concentraciones las actuales concentraciones de H2S proveniente de las emisiones volcánicas a la atmósfera, no obstante, favorece la reducción del pH del suelo por este gas en el AP	(-)	28
42	Miguel Chinchilla	Suelos	Ampliación y construcción de accesos.(1 A)	Construcción y Ampliación de Caminos. Remoción de horizontes edáficos, compactación, aumento de densidad aparente, disminución de la conductividad hidráulica, modificación de la escorrentía superficial, aumento de pérdida de suelo	(-)	54
43	Miguel Chinchilla	Suelos	Lagunas de Reinyección	Preparación de Terrenos para Lagunas de Reinyección. Remoción de suelo y cobertura vegetal. Incluye nivelaciones, excavaciones, compactación de suelo e impermeabilización de suelo con uso de membranas impermeabilizantes	(-)	66
44	Miguel Chinchilla	Suelos	Preparación de Plazoletas de perforación	Preparación de Plazoletas de Perforación. Remoción de suelo y cobertura vegetal. Incluye nivelaciones y excavaciones, en situ.	(-)	66

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
45	Miguel Chinchilla	Suelos	Preparación de terrenos para Estación de Separación	Preparación de Terrenos para construcción de 2 Casa de Maquinas Remoción de suelo y cobertura vegetal. Incluye nivelaciones, excavaciones y compactación de suelo.	(-)	66
46	Miguel Chinchilla	Suelos	Preparación de terrenos para la construcción Casa de Máquinas	Preparación de Terrenos para construcción de 2 Casa de Maquinas Remoción de suelo y cobertura vegetal. Incluye nivelaciones, excavaciones y compactación de suelo.	(-)	66
47	Miguel Chinchilla	Suelos	Preparación de terrenos para la Subestación	Preparación de Terrenos para construcción de subestación. Remoción de suelo y cobertura vegetal. Incluye nivelaciones, excavaciones y compactación de suelo.	(-)	66
48	Miguel Chinchilla	Suelos	Recolección disposición de Residuos sólidos	Las obras y actividades que se desarrollan en diferentes frentes y el funcionamiento de comedores, generan cantidades significativas de residuos sólidos y líquidos, que requieren un plan formal de gestión de estos residuos a fin de no contaminar el suelo.	(-)	26
49	Miguel Chinchilla	Suelos	Contaminación de suelos por inadecuado manejo de sustancias peligrosas	Contaminación de suelos con sustancias peligrosas (aditivos químicos, combustibles, lubricantes)	(-)	43
50	Miguel Chinchilla	Suelos	Trazado y Montaje de Tubería de Vapor	Trazado y Montaje de Tubería de Vapor: Eliminación de Cobertura vegetal, compactación de suelo, aumento de la Densidad aparente, disminución de la Conductividad Hidráulica, aumento de escorrentía superficial y pérdida de suelo por lavado.	(-)	32
51	Waldo Taylor	Riesgos Sismicidad	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(16)	Generación de sismicidad inducida	(-)	32
52	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque maduro	La interacción se da con los siguientes procesos: Ampliación y construcción de accesos (1A) y trazado y montaje de tuberías (7).	Reducción de la cobertura de bosque maduro por ampliación y construcción de accesos en conjunto con trazado y montaje de tuberías.	(-)	55

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
53	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque maduro	La interacción se da con los siguientes procesos: Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2) y traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3).	Alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en bosque maduro por acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos, por traslado y acopio de escombros y movimiento de maquinaria pesada	(-)	28
54	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque maduro	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17).	Reducción de la cobertura de bosque maduro por labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico	(-)	55
55	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque secundario (Tacotal)	La interacción se da con los siguientes procesos: Ampliación y construcción de accesos (1A) y trazado y montaje de tuberías (7).	Reducción de la cobertura de bosque secundario por ampliación y construcción de accesos en conjunto con trazado y montaje de tuberías.	(-)	51
56	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque secundario (Tacotal)	La interacción se da con los siguientes procesos: Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2) y traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3).	Alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en bosque secundario por acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos con polvo por traslado y acopio de escombros y agregados - movimiento de maquinaria pesada	(-)	28
57	Rolando Núñez	Biología-Flora – Bosque secundario (Tacotal)	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17).	Reducción de la cobertura de bosque secundario por labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico	(-)	51
58	Rolando Núñez	Biología-Flora - Pastizal	La interacción se da con los siguientes procesos: Ampliación y construcción de accesos (1A), Preparación de las plazoletas de perforación (1B), Sitio de las edificaciones de CM (1E), Sitios de escombreras (1G), Trazado y montaje de las tuberías (7), Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) y Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico (17).	Reducción de la cobertura de pastizal por ampliación y construcción de accesos, preparación de las plazoletas de perforación y los sitios para edificaciones de CM y escombreras. Trazado y montaje de tuberías, construcción del tramo de conexión CM1 con la LT y labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico.	(-)	32
59	Rolando Núñez	Biología-Flora - Pastizal	La interacción se da con los siguientes procesos: Preparación terrenos estaciones de separación (1C), Sitios lagunas de reinyección (1D) y Sitio de la subestación (1F).	Reducción de la cobertura de pastizal por preparación de sitios de estaciones de separación y lagunas de reinyección, al igual que la subestación.	(-)	30

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
60	Rolando Núñez	Biología-Flora - Pastizal	La interacción se da con los siguientes procesos: Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2) y Traslado y acopio de agregados - Movimiento maquinaria pesada (3).	Alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en pastizal debido a la acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos con polvo por traslado y acopio de escombros y agregados y movimiento de maquinaria pesada	(-)	30
61	Alex Molina	Biología – Fauna Acuática	Preparación de las plazoletas de perforación. Preparación terrenos estaciones de separación. Sitios lagunas de reinyección. Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada. Traslado y acopio de agregados- movimiento maquinaria pesada. Construcción plataformas de perforación. Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección. Trazado y montaje de las tuberías bifásicas. Montaje obras electromecánicas. Construcción tramo de LT conexión CM 1. Proceso de perforación. Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos). Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H2S).	Para las trece acciones, el impacto es idéntico debido a la alteración del ciclo reproductivo y la sobrevivencia de la fauna acuática producido por la generación de lodos que por escorrentía provocan aumento en la concentración de sedimentos en ríos y quebradas, que afecta los individuos de manera leve pero crónica en los procesos respiratorios debido a la abrasión y obstrucción de branquias, disminución de las defensas inmunológicas, mortalidad de huevos y larvas.	(-)	35
62	Alex Molina	Biología – Fauna Acuática	Ampliación y construcción de accesos. Preparación del sitio de las edificaciones de CM, Sitio de la subestación, sitio de escombreras. Construcción de edificios de CM. Construcción Subestación compacta. Disposición de desechos del campamento- instalaciones.	Para las siete acciones, el impacto es idénticamente el mismo debido a la alteración del ciclo reproductivo y la sobrevivencia de la fauna acuática que se produce por la generación de lodos que por escorrentía provocan un gran aumento en la concentración de sedimentos en ríos y quebradas que afecta los individuos de todas las edades en los procesos respiratorios debido a la abrasión y obstrucción de branquias, disminución de las defensas inmunológicas y mortalidad de huevos y larvas, además de mortalidad directa de fauna acuática en el caso de que desechos tóxicos (sacos de cemento, recipientes con sustancias químicas como tarros de pintura, botellas con thinner etc.) puedan llegar a los cuerpos de agua.	(-)	53

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
63	Alex Molina	Biología – Fauna Acuática	Manejo de sustancias peligrosas (aditivos-explosivos). Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (4) (16)	Para las dos acciones anteriores el impacto es el mismo y muy severo, provocando la mortalidad de la fauna acuática de manera directa, inmediata si las concentraciones de sustancias tóxicas fueran muy altas y/o si fueran de menor concentración, pero con un efecto sinérgico junto con el estrés producido por el aumento en la concentración de sedimentos en el agua producido por otras causas acciones.	(-)	81
64	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Preparación de las plazuelas de perforación	En especies migratorias se afecta implicando distorsiones en el comportamiento por el cambio de paisaje En especies residentes la pérdida del hábitat implica la reducción de sitios de alimentación y nidaje. Herpetofauna implica baja en sitios reproductivos y de alimentación	(-)	50
65	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Preparación terrenos estaciones de separación	En avifauna cambio importante del comportamiento por el cambio del paisaje. Pérdida de nichos implica afectación reproductiva o migración a otros hábitats. Colisión de aves por estructuras, ruido de maquinaria y equipo. Herpetofauna afectación por pérdida o modificación del hábitat implica baja de sitios reproductivos y de alimentación. Baja de individuos por colecta o muerte causada por trabajadores	(-)	42
66	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Preparación de los terrenos para los sitios lagunas de reinyección	Presencia de lagunas-espejos de agua son un agravante para localización de aves migratorias. Especies residentes puede ocurrir como nuevo nicho. Herpetofauna puede ocurrir como nuevo nicho pero con grados de contaminación.	(-)	58

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
67	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Sitio de edificaciones de CM.	Avifauna contaminación por gases de hidrocarburos lo que implica cambios de hábitat. Alteración del hábitat y colisión por presencia de edificios. Herpetofauna afectación directa de sitios reproductivos por perdida y modificación del hábitat. Nuevos nichos en infraestructuras como refugio para reptiles.	(-)	58
68	Carlos Arrieta	Aves y Herpetofauna	Sitio de la subestación	En avifauna colisión por presencia de estructuras y tendidos de alta tensión. Presencia de estructuras, vibración, frecuencia y ruido causa cambio en el comportamiento. Herpetofauna ocurre pérdida y modificación del habitat, bajando los sitios reproductivos y de alimentación causando migraciones. Posibles nuevos nichos en estructuras.	(-)	58
69	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Sitio de escombreras	Presencia de sitios abiertos lleva a perdida y alteración de nichos lo que acarrearía migración a otros sectores en la avifauna. Herpetofauna se destruye nichos de refugio (madrigueras y cuevas) y reproductivos. Posible muerte de individuos o grupos de individuos por atropellamiento en las rutas de acarreo y acopio.	(-)	72
70	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Trazado y montaje de tuberías bifásicas	Pérdida y alteración de nichos para la avifauna. Migración a otros sectores. Herpetofauna ocurre daños irreversibles por destrucción del habitat. Presencia de maquinaria y equipo puede causar atropellamiento de individuos o grupos de individuos.	(-)	54

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
71	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Traslado y acopio de agregados-movimiento de maquinaria pesada	Presencia de maquinaria y equipo puede ser causante de atropellamiento de individuos o grupo de individuos. Traslado de individuos a otros nichos por perturbaciones de contaminación del aire y sónica. Contaminación en aguas por aceites afectando nichos de anuros	(-)	52
72	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Manejo de sustancias peligrosas (aditivos y explosivos)	Presencia de sustancias y almacenamiento provocan inhalaciones negativas a la avifauna produciendo alejamiento a otras zonas. Herpetofauna la presencia de este tipo sustancias modifican el hábitat negativamente	(-)	82
73	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Construcción plataformas de perforación	En la avifauna la presencia de maquinaria, personal, equipo y ruido provocan migración a zonas menos intervenida. Herpetofauna puede ocurrir atropellos de individuos por maquinaria y vehículos Derrames de hidrocarburos por maquinaria afecta directamente a nichos de refugio, alimentación y reproducción	(-)	58
74	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección	En la avifauna la presencia de maquinaria, personal, equipo, ruido y emisiones de gas provocan migración a zonas menos intervenida. Herpetofauna puede ocurrir atropellos de individuos por maquinaria y vehículos. Derrame de aditivos por accidentes o la mala manipulación afectan directamente los nichos óptimos para la alimentación, refugio y reproducción de la herpetofauna	(-)	56

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
75	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Trazado y montaje de tuberías bifásicas	Ocurre modificación y pérdida del hábitat en áreas de bosque frágil. Presencia de maquinaria, personal, ruido, emisiones de gas produce migración de las aves. Pérdida del hábitat de herpetofauna implica la pérdida de los nichos importantes para la alimentación, refugio y reproducción siendo esta una afectación irreversible	(-)	76
76	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Montaje obras electromecánicas	Presencia de maquinaria, personal, ruido, emisiones de gas produce migración de las aves. Pérdida del hábitat de herpetofauna implica la pérdida de los nichos importantes para la alimentación, refugio y reproducción. Presencia de estructuras provocan la colonización de nuevos nichos para la alimentación de la herpetofauna	(-)	42
77	Carlos Arrieta	Biología Aves y Herpetofauna	Construcción subestación compacta	La presencia de estructuras puede provocar choques a la avifauna. La presencia de estructuras puede ser utilizada como nidaje para algunos individuos de aves. En la herpetofauna puede causar daños irreversibles en área de alimentación y reproducción por derrames de aditivos, aceites, combustibles.	(-)	52
78	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Ampliación y construcción de accesos (1 A)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal al construir y ampliar los accesos	(-)	51
79	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Preparación de las plazoletas de perforación (1B)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal y movimientos de tierra para conformar las plazoletas de perforación	(-)	51
80	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Preparación de terrenos para estaciones de separación (1 E)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal y movimientos de tierra para construir las estaciones de separación	(-)	45

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
81	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Sitios lagunas de reinyección (1D)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal, excavación y llenado de lagunas de reinyección	(-)	45
82	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Sitios de las edificaciones de Casa Máquinas (1 E)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal, y movimientos de tierra para construcción de edificaciones de Casa Máquinas	(-)	45
83	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Sitio de la subestación(1 F)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal, y movimientos de tierra para construcción de la subestación	(-)	45
84	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Sitios de escombreras (1 G)	Alteración de hábitat, por eliminación de cobertura vegetal, para preparación de terreno y depósito de materiales en escombreras	(-)	39
85	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Traslado y acopio de escombros- Movimiento de maquinaria pesada (2)	Riesgo de atropello de mamíferos que se trasladan por las vías de acceso de maquinaria pesada hacia las escombreras	(-)	52
86	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Traslado y acopio de agregados-Movimiento de maquinaria pesada (3)	Riesgo de atropello de mamíferos que se trasladan por las vías de acceso de maquinaria pesada que transporta agregados	(-)	44
87	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Construcción plataformas de perforación (5)	Desplazamiento y estrés de mamíferos que se encuentran cerca de donde se construyen las plataformas de perforación, por ruido y actividad constante de maquinaria y personal	(-)	40
88	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Construcción de estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6)	Desplazamiento de mamíferos por construcción de estaciones separadoras y lagunas de reinyección	(-)	35
89	Rosibel Barrantes	Biología – mamíferos	Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7)	Interrupción de paso de mamíferos por inserción de las tuberías bifásicas en su entorno natural.	(-)	56
90	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción de accesos (1A)	Alteración visual de la calidad escénica en el paisaje natural del sitio por la intrusión visual de los trazos lineales de accesos	(-)	51
91	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción de accesos (1A)	Aumento del número de potenciales sitios de observación del paisaje (miradores) debido a la apertura de caminos	(+)	49

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
92	Héctor Esquivel	Paisaje	Preparación de plazoletas de perforación (1B)	Afectación en la calidad visual de la escena debido a la alteración en la forma natural del paisaje causada por el movimiento de materiales para preparar las plazoletas de perforación	(-)	34
93	Héctor Esquivel	Paisaje	Preparación de terrenos, estaciones de separación (1C),(1D)	Afectación en el medio natural debido al cambio en el color causado por el movimiento de tierra para preparar el terreno y las estaciones de separación lo que genera pérdida de la cobertura vegetal a lo cual se le suma la presencia de maquinaria pesada.	(-)	34
94	Héctor Esquivel	Paisaje	Sitios edificaciones de casa de máquinas (1E)	Alteración en el paisaje debido a la afectación de la topografía causado por el movimiento de materiales y pérdida de cobertura vegetal en la preparación de los sitios de las edificaciones de casa de máquinas y al uso de maquinaria pesada	(-)	68
95	Héctor Esquivel	Paisaje	Sitio de subestación (1F)	Afectación en la forma del paisaje causado por movimientos de tierra dados en el proceso de preparación del sitio de la subestación lo que da como resultado cambios en la forma y en el color, además de la presencia de maquinaria pesada	(-)	37
96	Héctor Esquivel	Paisaje	Sitio de escombrera (1G)	Afectación en el color y en la forma debido al movimiento de tierra para preparar el sitio de las escombreras causando cambios a la topografía y a la vegetación así como la presencia de maquinaria pesada	(-)	36
97	Héctor Esquivel	Paisaje	Traslado y acopio de materiales movimiento maquinaria pesada. (2),(3)	Afectación en el paisaje debido al traslado y al acopio de materiales así como por el movimiento de maquinaria pesada en el área del proyecto	(-)	37
98	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción plataformas de perforación (5)	Afectación en el paisaje debido a cambios en la forma y en el color producto del proceso de construcción de las plataformas de perforación y a la presencia de maquinaria pesada	(-)	29

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
99	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6)	Alteración visual en el paisaje causado por el movimiento de maquinaria pesada en el proceso de construcción de las estaciones separadoras y de las lagunas de reinyección así como la presencia de materiales utilizados para esta actividad.	(-)	32
100	Héctor Esquivel	Paisaje	Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7)	Afectación visual al paisaje natural del sitio provocado por la pérdida y fragmentación de la cobertura vegetal a raíz de la intrusión visual de los trazados lineales y montaje de las tuberías bifásicas	(-)	44
101	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Afectación en la forma y en el color natural del paisaje debido al proceso de construcción de los edificios de las casas de máquinas así como la presencia de maquinaria pesada	(-)	75
102	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción subestación compacta (10)	Afectación visual en la escena paisajística debido al proceso de construcción de la subestación compacta donde se da una intrusión al medio natural de maquinaria pesada empleada en el levantamiento de torres, trazado lineal de tendido eléctrico e instalación de otros componentes.	(-)	31
103	Héctor Esquivel	Paisaje	Construcción tramo de LT conexión CM (11)	Alteración visual en el paisaje debido a la intrusión lineal de tendido eléctrico y de torres o postes de alta tensión dados en el proceso de construcción de LT y la conexión a casa de máquinas a lo que se le suma la presencia de maquinaria pesada	(-)	39
104	Héctor Esquivel	Paisaje	Proceso de perforación (13)	Afectación en la forma y el color del paisaje debido al proceso de perforación de los pozos causado por la presencia de maquinaria pesada y otros elementos empleados en dicha actividad	(-)	31
105	Héctor Esquivel	Paisaje	Torre enfriamiento emisión de gases no condensables (15)	Alteración en la forma del paisaje causado por la intrusión de la torre de enfriamiento así como la emanación de gases no condensables a la atmósfera	(-)	49

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
106	William García	Actividad Agro	Ampliación y construcción de accesos (1 A)	Cambios en el acceso a mercados y abastecimiento de insumos agropecuarios (Ampliación y construcción de accesos).	(+)	76
107	William García	Actividad Agro	Preparación de las plazoletas de perforación (1 B)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra (Plazoletas de perforación)	(-)	72
108	William García	Actividad Agro	Preparación terrenos estaciones de separación (1 C)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra (Estaciones de separación)	(-)	72
109	William García	Actividad Agro	Sitios lagunas de reinyección (1D)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra (Lagunas de reinyección)	(-)	72
110	William García	Actividad Agro	Sitio de las edificaciones de CM (1 E)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra (Casa de Maquinas)	(-)	72
111	William García	Actividad Agro	Sitio de la subestación (1 F)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra (Subestación)	(-)	72
112	William García	Actividad Agro	Sitios de escombreras (1 G)	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obra desde el inicio de la construcción del proyecto (Escombreras)	(-)	59
113	William García	Actividad Agro	Traslado y acopio de escombros - Movimiento de maquinaria pesada (2)	Competencia en el uso de la red vial, referente al traslado de insumos, productos y del ganado (Traslado y acopio de escombros - movimiento de maquinaria pesada).	(-)	62
114	William García	Actividad Agro	Traslado y acopio de agregados - Movimiento maquinaria pesada (3)	Competencia en el uso de la red vial, referente al traslado de agregados, insumos y productos (Traslado y acopio de agregados - movimiento de maquinaria pesada)	(-)	54
115	William García	Actividad Agro	Manejo de sustancias peligrosas (aditivos - explosivos). (4)	Pérdida potencial de suelos por contaminación con sustancias químicas no controladas (Manejo de sustancias peligrosas). La contaminación de suelos puede ir más allá, con pérdida de tejidos celulares de cultivos y pastos, entre otros. Por derrame o vertidos de sustancias químicas no controladas	(-)	60
116	William García	Actividad Agro	Construcción plataformas de perforación (5)	Pérdida de productividad pecuaria por sometimiento de stress al ganado (Construcción plataformas de perforación).	(-)	46

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
117	William García	Actividad Agro	Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6)	Pérdida de productividad pecuaria por sometimiento de stress al ganado (Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección).	(-)	46
118	William García	Actividad Agro	Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7)	Afectación al libre paso del ganado a los sitios de pastoreo (Tuberías bifásicas).	(-)	55
119	William García	Actividad Agro	Construcción edificios de las Casas de Máquinas (8)	Pérdida de productividad pecuaria por sometimiento de stress al ganado (Construcción edificios de las casas de máquinas).	(-)	46
120	William García	Actividad Agro	Montaje de obras electromecánicas (9)	Pérdida de productividad pecuaria por barrera al libre desplazamiento del ganado y sometimiento a alto stress (Montaje obras electromecánicas).	(-)	46
121	William García	Actividad Agro	Construcción subestación compacta. (10)	Pérdida de productividad pecuaria por barrera al libre desplazamiento y stress generado al ganado por acciones relacionadas a la obra (Construcción subestación compacta).	(-)	46
122	William García	Actividad Agro	Construcción tramo LT, conexión CM1 (11)	Afectación al libre paso del ganado a los sitios de pastoreo habitual (Construcción LT, conexión CM1).	(-)	54
123	William García	Actividad Agro	Torre enfriamiento-emisión de gases no condensables (H2S) (15)	Potencial pérdida de productividad agropecuaria por exposición a gases no condensables H2S (Torre enfriamiento-emisión de gases no condensables).	(-)	53
124	William García	Habitacional (Tenencia de la tierra)	Ampliación y construcción de accesos (1 A)	Cambio en la tenencia de la tierra por mejora en los accesos (Ampliación y construcción de accesos).	(+)	66
125	William García	Cambio en el valor de la tierra	Ampliación y construcción de accesos (1 A)	Alta plusvalía de la tierra (Ampliación y construcción de accesos).La ampliación y construcción de accesos dispara el valor adquisitivo de las tierras con la consecuencia de hacerla cada vez menos accesible por parte de la clase media baja rural. Éste impacto, puede atraer desarrollo local pudiendo ser igualmente fugas, y elevar los estándares de desapropiación local rural agrandando el latifundismo con la consecuente migración del campo a la ciudad.	(-)	66

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
126	Marcela Gamboa	Calidad de vida: salud-seguridad-educación	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17)	Cambio en la cotidianidad comunal debido a la permanencia del personal y flujo vehicular en las comunidades de influencia directa del proyecto.	(-)	62
127	Marcela Gamboa	Calidad de vida: salud-seguridad-educación	Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3)	Afectación de la salud de la población de las comunidades presentes en la ruta principal de traslado de materiales por el incremento del tránsito vehicular, la generación de ruido, material particulado y gases de combustión.	(-)	54
128	Marcela Gamboa	Calidad de vida: salud-seguridad-educación	Construcción plataformas de perforación (5)	Transformación de las estructuras comunales y relaciones de poder en las comunidades de influencia social directa del proyecto	(-)	44
129	Marcela Gamboa	Calidad de vida: salud-seguridad-educación	Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Expectativas poco realistas en cuanto a los beneficios del proyecto en las comunidades de influencia social, provocando conflictos entre el ICE y las comunidades	(-)	70
130	Marcela Gamboa	Calidad de vida: salud-seguridad-educación	Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Insuficiencia de la infraestructura y servicios existentes en las comunidades de influencia social directa ante el incremento en el número de trabajadores de la construcción y sus familias en la zona durante la construcción del proyecto.	(-)	58
131	Marcela Gamboa	Empleo	Ampliación y construcción de accesos (1 A)	Aumento del comercio de bienes, servicios y oportunidades de negocio en las comunidades de influencia social del proyecto.	(+)	56
132	Marcela Gamboa	Empleo	Construcción plataformas de perforación	Mejoramiento de las condiciones laborales de la zona, con el ICE como principal empleador respetuoso de la normativa laboral nacional como de las regulaciones en salud y seguridad ocupacional	(+)	42
133	Marcela Gamboa	Empleo	Construcción edificios de las casas de máquinas	Incremento en la demanda de mano de obra temporal con remuneración salarial superior a lo que se pagan en la zona-	(+)	44

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
134	Marcela Gamboa	Empleo	Construcción edificios de las casas de máquinas	Expectativas de empleo superiores a la necesidad de contratación del proyecto por parte de los habitantes de las comunidades cercanas.	(-)	64
135	Marcela Gamboa	Empleo	Construcción Subestación compacta (10)	Aumento y diversificación en las oportunidades de empleo del área de influencia social del proyecto.	(-)	54
136	Marcela Gamboa	Empleo	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17)	Generación de empleos permanentes en la zona.	(+)	42
	Marcela Gamboa	Empleo	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17)	Restricción en el aprovechamiento de las oportunidades de empleo generadas por el Proyecto, por condiciones de bajo nivel de escolaridad y conocimientos especializados de los vecinos de las comunidades de las áreas de influencia social.	(-)	59
137	Marcela Gamboa	Industria del turismo	Ampliación y construcción de accesos (1A)	Modificación del paisaje natural de uso turístico	(-)	66
138	Marcela Gamboa	Industria del turismo	Ampliación y construcción de accesos (1A)	Mejoramiento de acceso a los sitios turísticos	(+)	64
139	Marcela Gamboa	Industria del turismo	Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7)	Cambio en el paisaje actual.	(-)	68
140	Marcela Gamboa	Industria del turismo	Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Transformación del ambiente natural.	(-)	64
141	Marcela Gamboa	Industria del turismo	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17)	Alteración del paisaje y características naturales del sitio.	(-)	62
142	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Traslado y acopio de escombros - desplazamiento de maquinaria pesada	Aumento en el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito dentro del AP. El desplazamiento de la maquinaria por la red vial interna del AP aumenta las posibilidades del riesgo de accidentes en los usuarios del espacio (empleados de los hoteles y turistas).	(-)	63
143	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada 3	Generación de riesgo de accidentes de tránsito a los habitantes de las comunidades presentes en la ruta de traslado de agregados desde el sitio de extracción (tajo) hasta el AP.	(-)	54
144	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada 3	Mejoramiento de los caminos vecinales.	(+)	54

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
145	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Manejo de sustancias peligrosas (aditivos-explosivos)	Riesgo de accidente para los trabajadores del ICE y visitantes de los hoteles cercanos al campo geotérmico, así como colaboradores de los hoteles (empleados y choferes de transporte turístico).	(-)	72
146	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Construcción plataformas de perforación	Generación de riesgo de accidentes, posible bloqueo de caminos y malestar en los habitantes de las comunidades presentes en la ruta principal de acceso para el traslado del equipo de perforación.	(-)	68
147	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Montaje obras electromecánicas	Generación de riesgo de accidentes viales, obstrucción del tránsito, deterioro de estructuras en la ruta de traslado de los equipos electromecánicos desde el puerto de desembarque (posiblemente Caldera) hacia el sitio del Proyecto.	(-)	77
148	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Construcción de la subestación compacta	Exposición a riesgo de accidentes y obstrucción vial por la ruta de traslado de las estructuras y equipos como los transformadores para la subestación.	(-)	72
149	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico	Riesgo de accidentes de tránsito. con el Tránsito de maquinaria y vehículos livianos para realizar reparaciones o por operación de la Planta Geotérmica	(-)	60
150	Marcela Gamboa	Seguridad vial	Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos.	Riesgo de accidentes viales así como derrames de desechos en el recorrido del contenedor de desechos hasta el centro de acopio de los desechos para su disposición final.	(-)	66

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
151	Vladimir Mesén	Demografía - densidad poblacional	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	<p>Afectación en los patrones culturales y sociales de las comunidades del área de influencia social.</p> <p>La interacción de las acciones del proyecto en la fase de construcción genera una sinergia particular en relación a la cercanía de caminos utilizados para el acarreo de materiales y desplazamiento de vehículos y maquinaria propia del ICE y alquilada. Así como las demás acciones de la fase constructiva que por su efecto acumulativo y la sinergia de las mismas, se considera como una serie de acciones propias de la fase de ejecución en conjunto y se determina sus interacciones de manera general, ya que las medidas de control ambiental así lo demandan.</p> <p>Asimismo, se genera presión sobre aspectos demográficos y poblacionales debido a la proximidad de las viviendas y centros poblaciones que son utilizados por el ICE como vías de acceso al área del proyecto, que corresponde a las condiciones necesarias para llevar a cabo las acciones dentro del AP.</p>	(-)	88

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
152	Vladimir Mesén	Infraestructura comunal	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Percepción de riesgo en la población del área de influencia social por la presión y demanda del recurso hídrico en la comunidad de Curubandé para el consumo en los campamentos y en las diferentes obras y actividades del proyecto. El incremento en la demanda de servicios como el consumo de agua para el campamento de instalaciones, así como obras y actividades, generado expectativas sobre la mejora en la infraestructura comunal, el servicio y calidad del recurso para los pobladores de la comunidad de Curubandé.	(-)	76
153	Vladimir Mesén	Demografía - densidad poblacional	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Presión sobre la densidad poblacional en la comunidad de Curubandé por la presencia de campamentos. Con la operación del campamento en la comunidad se va a dar en las comunidades próximas un aumento en la densidad poblacional considerable. Se da un aumento de mano de obra que estará presente en las obras civiles, que a su vez, van a hacer uso y demanda de bienes y servicios de las comunidades más próximas. La presión de las características demográficas se dará efectivamente en el espacio físico donde se ubique el campamento.	(-)	70

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
154	Vladimir Mesén	Comercio / desarrollo local	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Aumento en las actividades comerciales por la operación del campamento en la comunidad de Curubandé. Oportunidad para la economía local para satisfacer la nueva demanda de bienes y servicios tanto por los trabajadores del proyecto como por visitantes. La economía local será estimulada por la construcción campamento se prevé un crecimiento paulatino en comercios. Esto significa un cambio en el poder adquisitivo de los pobladores.	(+)	36
155	Vladimir Mesén	Demografía densidad poblacional	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Modificación de las dinámicas sociales por caminos de acceso al área del proyecto	(-)	92
156	Vladimir Mesén	Infraestructura comunal	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Expectativas de las comunidades del área de influencia social hacia el Proyecto y el ICE sobre la solución de problemas asociados infraestructura comunal. -La presencia institucional del ICE con el proyecto, genera una serie de expectativas y deseos de las comunidades para las mejoras de infraestructura comunal, principalmente de centros educativos, centros de salud, áreas recreativas, caminos y puentes.	(-)	96

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
157	Vladimir Mesén	Demografía y densidad poblacional	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Aumento de percepción de riesgo en las comunidades del área de influencia social por el incremento en la presencia de flujo vehicular y personal del proyecto por las diversas acciones del proyecto en la fase constructiva.	(-)	92
158	Vladimir Mesén	Comercio / desarrollo local	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Aumento en la demanda de servicios como educación, salud, financieros, emergencias, seguridad, por parte del Proyecto en las comunidades de Cañas Dulces y Curubandé. El proyecto va a generar un cambio significativo en las comunidades del área de influencia social, con respecto a expectativas positivas en cuanto a la mejora en la prestación de servicios básicos como a la demanda.	(-)	62
159	Vladimir Mesén	Demografía / densidad poblacional	Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H ₂ S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Percepción de la población del área de influencia social por el aumento y exposición de residuos ordinarios y peligrosos en la operación de campamento.	(-)	54

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
160	Vladimir Mesén	Infraestructura comunal	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Presión en la infraestructura comunal y red vial por el aumento del flujo vehicular y presencia institucional en la comunidad de Cañas Dulces, Curubandé y Agua Fría.	(-)	76
161	Vladimir Mesén	Infraestructura comunal	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento -emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Potencial conflicto social en la comunidad de Cañas Dulces por percepción de riesgo, debido a las expectativas y necesidades comunales en cuanto a las mejoras de infraestructura comunal. Solicitud de mejora de la infraestructura comunal de caminos y puentes, así como de centros educativos y áreas recreativas.	(-)	86

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
162	Vladimir Mesén	Poder adquisitivo	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Aumento en el poder adquisitivo de la población debido a las fuentes de empleo generadas en las comunidades cercanas al sitio de campamento y área del proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación	(+)	34
163	Vladimir Mesén	Comercio / desarrollo local	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Cambio en los patrones socioculturales en las comunidades del área de influencia social por presencia del proyecto en la fase de construcción y operación.	(-)	82
164	Vladimir Mesén	Comercio / desarrollo local	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Demanda por prestación de servicios de electricidad y telecomunicaciones en la comunidad de Las Lilas. Existe una alta expectativa en la comunidad de Las Lilas que con la construcción del proyecto puedan tener acceso a servicios de electricidad y telecomunicaciones que brinda el ICE.	(-)	70

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
165	Vladimir Mesén	Comercio / desarrollo local	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8)	Presión sobre la población turística y sus actividades de recreación por alteraciones al entorno natural por cambio en la calidad de aire y aumento de ruido, así como en infraestructura propia de los Hoteles Buena Vista y Hotel Borinquen.	(-)	94
166	Vladimir Mesén	Infraestructura comunal	Movimiento de tierras /Traslado y acopio de escombros - Movimiento maquinaria pesada (2)/ Traslado y acopio de agregados-movimiento maquinaria pesada (3) / Construcción plataformas de perforación (5) / Construcción estaciones separadoras y lagunas de reinyección (6) / Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7) / Construcción edificios de las casas de máquinas (8) / Montaje obras electromecánicas (9) / Construcción Subestación compacta (10) / Construcción tramo de LT conexión CM 1 (11) / Disposición de desechos del campamento - instalaciones temporales (12) / Proceso de perforación (13) / Sistema reinyección trasiego de la salmuera (fluidos geotérmicos) (14) / Torre enfriamiento - emisión de gases no condensables (H2S) (15) / Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16) / Labores de operación y mantenimiento del campo geotérmico(17) / Labores de mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18) / Empleo de luminarias (19) / Recolección - disposición de desechos sólidos y líquidos (20)	Interrupción a la paz y tranquilidad como valor social de las comunidades del área de influencia social	(-)	94
167	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Trazado y montaje de las tuberías bifásicas (7)	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país; debido al mutuo contacto y comunicación.	(-) (+)	42

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
168	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Ampliación y construcción de accesos (1A)	(1) Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país, debido al mutuo contacto y comunicación. (2) Aumento de la interacción cultural de la población local aledaña al Área del Proyecto con el resto de la zona, debido al mejoramiento y ampliación de la red vial.	(-) (+)	42
169	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Construcción de dos edificios de casa máquinas (8)	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país, debido al mutuo contacto y comunicación.	(-) (+)	38
170	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Construcción subestación compacta (10)	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país, debido al mutuo contacto y comunicación.	(-) (+)	34
171	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Construcción tramo de LT conexión CM 1(11)	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país, debido al mutuo contacto y comunicación.	(-) (+)	38
172	Victoria Villalobos	Elementos históricos y culturales	Proceso de perforación (13)	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país, debido al mutuo contacto y comunicación.	(-) (+)	38
173	Ana Cristina Hernández	Arqueología	Movimientos de tierra (1)	Alteración del patrimonio arqueológico	(-)	55

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
174	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Labores de operación y mantenimiento de la planta (18)	Detección del gas tóxico (H2S) en sitios confinados de la casa de máquinas	(-)	54
175	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16)	Contaminación sónica (ruido) en sitios confinados de la CM Por la operación del equipo electromecánico de la planta	(-)	43
176	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Equipo electromecánico -emisión de ruido y vibraciones (16)	Detección del gas tóxico (H2S) en sitios confinados de la casa de máquinas Por fugas no controlables en empaques y uniones del equipo electromecánico en la CM	(-)	40
177	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18)	Contaminación lumínica (visual) por presencia de luz artificial	(-)	55
178	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18)	Contaminación con sustancias químicas durante mantenimientos, posible derrames en el pluvial que podrían ir a cuerpos de agua	(-)	26
179	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Labores de operación y mantenimiento de la planta geotérmica (aceites y compuestos químicos) (18)	Corrosión presente en los equipos de casa de máquinas por fugas de gases en los equipos	(-)	39
180	Hannie Achio Fuentes	Operación de la planta	Labores de operación y mantenimiento de la planta (18)	Aumento en la demanda del servicio básico de agua potable	(-)	74
181	Orlando Murillo	Red vial, puentes, etc.	Ampliación y construcción de accesos (1A)	Aumento de riesgo accidentes y malestar en los vecinos de las comunidades. Uso intensivo de red vial por paso de maquinaria pesada .Aumento de riesgo accidentes y, malestar en los vecinos de las comunidades y deterioro de la red vial. Generado por la presencia de mayor volumen de maquinaria y automotores en la carretera y caminos.	(-)	54
182	Orlando Murillo	Red vial, puentes, etc.	Ampliación y construcción de accesos (1A)	Mejoramiento red vial. Construcción, reconstrucción de accesos, pasos o puentes por ríos y quebradas	(+)	58

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
Obras de distribución y transmisión de energía eléctrica						
183	Randall Acuña	Medio social	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico.	- El proceso constructivo puede afectar infraestructura de acueductos rurales mediante el proceso de excavación de sitios de poste. - La operación de maquinaria para el izado de postes o movimientos de suelo menores puede afectar infraestructura superficial, como tanques de agua, aceras, cercas, etc.	(-)	17
184	Randall Acuña	Interacción con propietarios / daños leves a inmuebles	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	Pese a que el tendido trifásico para el servicio propio se ejecuta en servidumbre de paso de vía pública, algunas actuaciones como corta de vegetación menor, excavaciones, cortes de taludes, etc, pueden tener efectos indirectos leves en propiedades privadas manifestándose como daños leves.	(-)	16
185	Randall Acuña	Presencia del proyecto/po sible afectación a la continuidad del servicio	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	El proceso constructivo de la línea generará presencia de trabajadores en las comunidades a lo largo del proceso, lo cual puede crear expectativas (favorables o adversas) sobre la dimensión, índole y alcances del proyecto. De igual forma, el proceso puede requerir de efectuar cortes del servicio eléctrico lo cual puede afectar las actividades cotidianas de la ciudadanía y la prestación de servicios.	(-)	23
186	Randall Acuña	Afectación a bosques de galería por apertura de carril de servicio	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	La apertura del carril de servicio para el tendido del circuito trifásico tendrá un efecto sinérgico en las formaciones boscosas de galería ya afectadas por la red vial local, rompiendo el efecto de cerramiento de copas que hasta la inserción de la línea coexistía con la infraestructura vial.	(-)	48

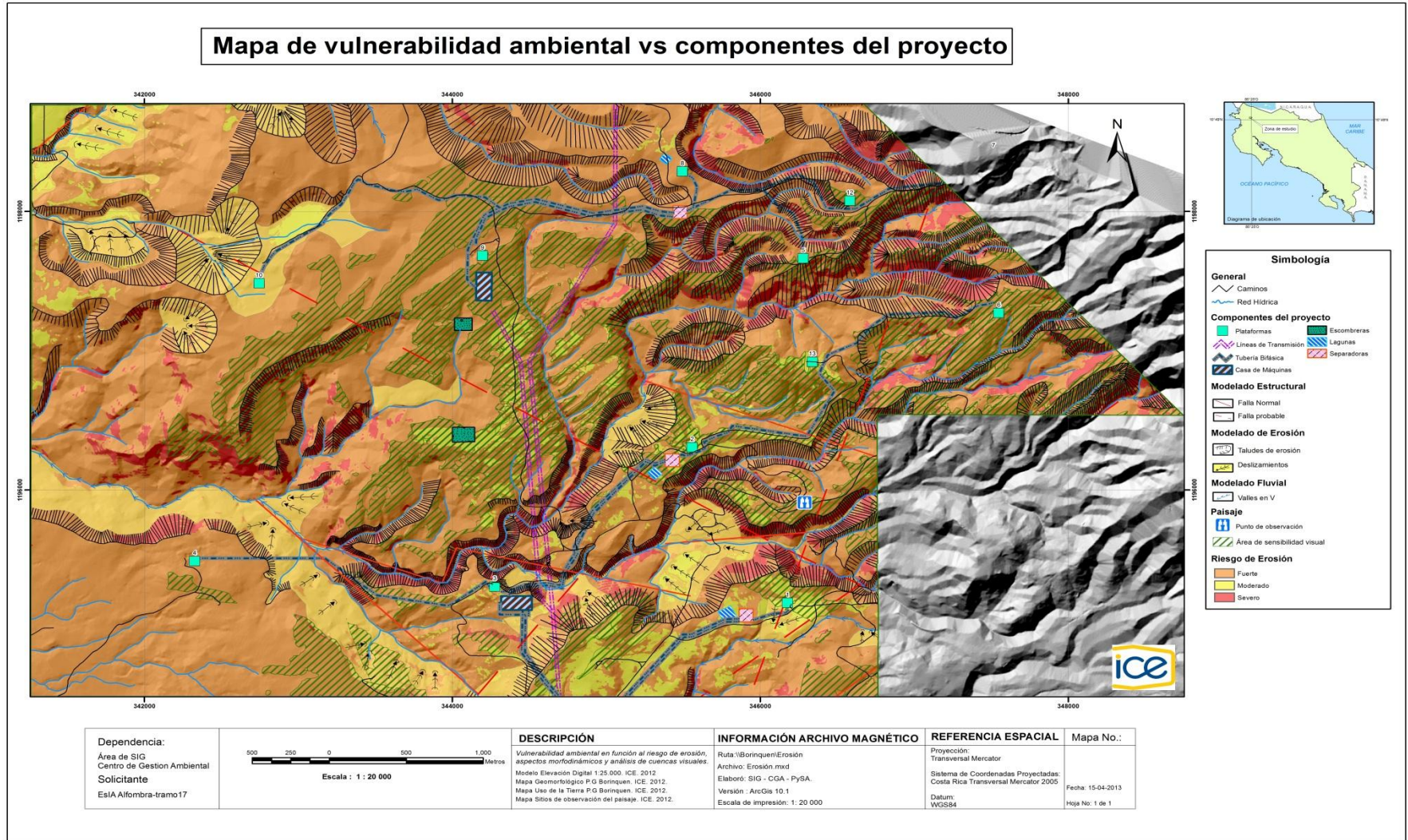
No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
187	Randall Acuña	Posible corta de especímenes forestales de valor particular	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	A lo largo de la red vial usada para el trazo y diseño de la Línea de Servicio Propio se localizan árboles de valor particular por su dimensión y porte. Dicho valor se atribuye no solo a las características ya citadas, sino también a su función biótica como semilleros, hospederos de numerosas especies vegetales y a la estima local.	(-)	48
188	Randall Acuña	Peligro de electrocución de fauna por presencia de tendido trifásico energizado	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	La presencia del circuito energizado introduce riesgo de electrocución para mamíferos trepadores en los sectores de la línea cercanos a zonas de cercas vivas arbóreas, relictos boscosos o formaciones de galería asociadas al drenaje local. Este impacto es sinérgico y acumulativo con el efecto de ruptura de áreas de paso para fauna.	(-)	40
189	Randall Acuña	Corta de árboles para tendido	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	La apertura del carril de servicio significa un impacto general en el componente arbóreo presente a lo largo de la ruta seleccionada, afectando especímenes forestales, frutales, ornamentales, de sombra o regenerados naturalmente. Consecuentemente se produce una leve pérdida local de recursos y expectativas por el material maderable producto del proceso	(-)	32
190	Randall Acuña	Pérdida de hábitats para especies vegetales arbóreas	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	El sacrificio de especímenes forestales por la apertura del carril de servicio para la línea trae como consecuencia la pérdida de micro ambientes para diversos tipos de flora que se desarrolla en trocos y ramas, algunas de ellas en peligro de extinción o amenazadas como el caso de las orquídeas, algunas cactáceas	(-)	37

No.	Responsable	Factor ambiental	Acción del proyecto	Descripción Impacto	Género	SIA
191	Randall Acuña	Generación de residuos de fitomasa por apertura de carril de servicio	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	La consecuencia directa de la apertura del carril de servicio de la línea es la producción de gran cantidad de fitomasa residual. Este subproducto forestal mal manejado puede llegar a constituir fuente de basura orgánica en calle pública, plagas de insectos, de material de combustión, o bien, obstáculos para el uso de las vías o corrientes de aguas.	(-)	24
192	Randall Acuña	Ejecución de trabajo en vía pública y áreas urbano-rural.	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	La ejecución del proceso constructivo de la línea en vía pública o en un entorno urbano rural introduce un elemento de riesgo para la población asociado a cortas y derrames, labores de izado de postes, presencia temporal de obstáculos viales, posible caída de herramientas o herrajes, etc.	(-)	17
193	Randall Acuña	Producción de desechos del proceso constructivo	Construcción línea de distribución del servicio eléctrico	El proceso de construcción genera desechos como embalajes, formaletas, sacos de cemento, sobrantes de cable y acero, desechos domésticos (por el personal de campo), etc. que pueden ser una fuente de contaminación al medio si son abandonados en el sitio.	(-)	21

6.6 Mapa de susceptibilidad ambiental integral vs. Componentes del Proyecto

Para efectuar este mapa se utilizaron las capas de geomorfología, susceptibilidad a la erosión o estabilidad de taludes y el paisaje (cuencas visuales críticas); por las características del proyecto en estudio son en éstas en donde se pueden dar los efectos sinérgicos de mayor relevancia desde el punto de vista social y ambiental a causa de la construcción de los diversos componentes del proyecto. Ver Figura No. 6.6.1.

168 Figura No. 6.6.1 Mapa Vulnerabilidad Ambiental vs. Componentes del proyecto



7 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

En el Anexo No. 6.4.1 se adjuntan las diferentes hojas de cálculo y justificaciones de los atributos de pesaje o valoraciones de los impactos, material “insumo” de los profesionales que conformaron el equipo multidisciplinario del presente estudio de impacto ambiental

7.2 Síntesis de los Impactos Moderados- Severos-Críticos SIA ≥ 26

En los Cuadros No. 7.1.1 (A, B, C) se presentan las listas síntesis de impactos según: factor ambiental, género positivos (+) o negativos (-) así como su importancia (I), a saber: moderada, severa y crítica, no fueron considerado los impactos irrelevantes o sea los compatibles con el entorno del proyecto cuya SIA ≤ 25 puntos, estos son los impactos que aparecen en el Cuadro No. 8.1.1 del pronóstico plan de gestión ambiental (PGA). La Coordinación hace notar que en EsIA de este tipo mega-proyectos energéticos con una potencia similar a la aquí evaluada (110 Mw) y aún dentro las fuentes de energía renovable como los hidroeléctricos la síntesis de los impactos se efectúa a partir de la significancia ambiental Severa (≥ 50) pero en los proyectos geotérmicos se debe bajar hasta los de magnitud moderada, esto por el reducido número de impactos que se ubican entre los rangos severos y críticos por tratarse de un proyecto de ubicado en el grupo de energía limpia.

7.2.1 Impactos Medio Físico

121 Cuadro No. 7.1.1 A Síntesis de los impactos negativos Medio Físico

PGA	DESCRIPCIÓN IMPACTOS NEGATIVOS
	IMPACTOS MODERADOS
MFPG B 01	Contaminación del aire producto de la emisión de gases contaminantes por la combustión de hidrocarburos en motores
MFPG B 02	Contaminación del aire por los gases (H ₂ S y CO ₂) durante las pruebas en pozos y fase operativa.
MFPG B 03	Efectos del H ₂ S sobre el pH de las lluvias.
MFPG B 05	Contaminación del aire por sólidos en suspensión
MFPG B 06	Detección del gas tóxico (H ₂ S) en sitios confinados de la casa de máquinas Por fugas no controlables en empaques y uniones del equipo electromecánico en la CM
MFPG B 07	Contaminación sónica por movimiento de la maquinaria y vehículos fase de construcción
MFPG B 09	Efectos en la salud de las personas por la generación de ruido: Durante la fase de perforación de pozos, la operación de las máquinas genera ruido producto del uso de motores y equipo, puede originar efectos negativos sobre la salud de los trabajadores.
MFPG B 11	Contaminación sónica (ruido) en sitios confinados de la CM -
MFPG B 12	Cambios en la turbidez del agua de escorrentía
MFPG B 13	Contaminación del agua superficial por derrames accidentales de lubricantes o combustibles
MFPG B 24	contaminación de suelos por vertidos de sustancias peligrosas, residuos sólidos urbanos o de construcción y por contaminación atmosférica con gases que caen sobre el suelo a través de la lluvia, residuos constructivos como cementos, metales, textiles y por residuos urbanos como desechos alimenticios, vidrio, plástico, pinturas, materiales contaminados con sustancias peligrosas, etc.
MFPG B 23	Remoción y alteración de horizontes edáficos, destrucción de la estructura, compactación, aumento de la densidad aparente, disminución de la conductividad hidráulica y modificación de la capacidad de infiltración de agua a través del suelo.
MFPG B 20	Generación de sismicidad inducida
MFPG B 18	Aumento de la pérdida del metal expuesto al ambiente debido a la corrosión.
MFPG B 19	Corrosión presente en los equipos de casa de máquinas por fugas de gases en los equipos
MFPG B 21	Degradación de la formas del relieve.
MFPG B 22	Aumento de los procesos erosivos y sedimentación en el AP.
MFPG B 14	Contaminación del agua por los fluidos geotérmicos

MEDIO FISICO

MFPG B 15	Contaminación del agua superficial por aguas servidas o por derrames de aceites que se generan como residuos.
MFPG B 16	Reducción de la calidad del agua por desechos sólidos manejados no apropiadamente
MFPG B 17	Contaminación del agua con sustancias químicas durante mantenimientos de la planta.
IMPACTOS SEVEROS	
MFPG B 04	Efectos sobre la salud de las personas por emisiones del H ₂ S
MFPG B 08	Contaminación sónica (ruido) en sitios confinados de la casa de máquinas por la operación del equipo electromecánico de la planta
MFPG B 10	Generación de ruido: Durante la fase de perforación de pozos, la operación de las máquinas genera ruido producto del uso de motores y equipo, que puede causar molestias a los turistas y hoteles cercanos.

7.2.2 Impactos Medio Biótico

122 Cuadro No. 7.1.1 B Síntesis de los impactos negativos Medio Biológico

PGA	DESCRIPCIÓN IMPACTOS NEGATIVOS
	IMPACTOS MODERADOS
MBPG B 03	Reducción de la cobertura de pastizal arbolado y alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en pastizal debido a la acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos.
MBPG B 08	Modificación de hábitos alimenticios de algunos mamíferos silvestres que se podrían ver atraídos hacia los sitios donde se disponen los desechos, también podría incrementarse la población de roedores (ratas) o especies plaga.
MBSG GB 09	Desplazamiento de mamíferos no tolerantes a emisión de gases (H ₂ S), en sitios donde antes no se presentaban estas emisiones
MBPG B 04	Alteración del ciclo reproductivo y la sobrevivencia de la fauna acuática producido por la generación de lodos
MBPG B 05	Alteración de la fauna acuática por contaminación de hidrocarburos y sustancias químicas peligrosas.
MBPG B 10	Contaminación lumínica que afecta los ciclos biológicos de algunos mamíferos que habitan los alrededores del campo geotérmico.
MBPG B 06	Alteración del hábitat de la fauna silvestre por eliminación de la cobertura vegetal
IMPACTOS SEVEROS	
MBPG B 02	Reducción de la cobertura de bosque maduro y bosque secundario. Alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en bosque maduro y secundario por acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos.
MBPG B 07	Riesgo de atropello de mamíferos que se trasladan por las vías de acceso de maquinaria pesada hacia las escombreras Interrupción de paso para los grandes mamíferos y establecimiento de barrera permanente para paso de mamíferos debido a la presencia de tubería bifásicas y tuberías del sistema de reinyección..-
MBPG B 01	Reducción de la cobertura de bosque maduro y bosque secundario.
MBPG B 11	Perdida del hábitat de mamíferos. Reducción de sitios de alimentación, reproducción y protección. Distorsión del comportamiento por la modificación del paisaje. Migración a otros hábitats, colecta o muerte. Colisión de aves por estructuras, edificios, tendido eléctrico. Contaminación de aguas, atmosférica y paisaje. Interrupción de paso de fauna (tuberías bifásicas, plataformas, lagunas).
MBPG B 12	Perdida del hábitat Ornitofauna aves, herpertofauna. Reducción de sitios de alimentación, reproducción y protección. Distorsión del comportamiento por el cambio del paisaje. Migración a otros hábitats. Baja de individuos o poblaciones por atropello vehicular, colecta o muerte. Colisión de aves por estructuras, edificios, tendido eléctrico. Contaminación de aguas, atmosférica y paisaje. Interrupción de paso de fauna (tuberías bifásicas, plataformas, lagunas).

MEDIO BIOLÓGICO

7.2.3 Impactos Medio Socioeconómico

123 Cuadro No. 7.1.1 C: Síntesis de los impactos negativos Factor Humano

PGA	DESCRIPCIÓN IMPACTOS NEGATIVOS
	IMPACTOS MODERADOS
MSPG B07	Expectativas de las comunidades del área de influencia social hacia el Proyecto y el ICE sobre la solución de problemas asociados a la infraestructura comunal
MSPG B 23	Pérdida de productividad pecuaria por sometimiento de stress al ganado
MSPG B 02	Afectación en los patrones culturales y sociales de las comunidades del área de influencia social
MSPG B 17	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país; debido al mutuo contacto y comunicación
MSPG B 19	Cambios en el acceso a mercados y abastecimiento de insumos agropecuarios (Ampliación y construcción de accesos).19
MSPG B16	Generación de riesgo de accidentes, posible surgimiento de molestias en los empresarios y habitantes de las comunidades presentes en la ruta principal de acceso para el traslado del equipo de perforación y electromecánico
MSPG B 25	Cambio en la tenencia de la tierra por mejora en los accesos. (Ampliación y construcción de accesos).
MSPG B 11	Demanda por prestación de servicios de electricidad y telecomunicaciones en la comunidad de Las Lilas.
IMPACTOS SEVEROS	
MSPG B 10	Aumento en la demanda de servicios como educación, salud, financieros, emergencias, seguridad, por parte del Proyecto en los distritos de Cañas Dulces y Curubandé.
MSPG B 02	Pérdida potencial de suelos por contaminación con sustancias químicas no controladas (Manejo de sustancias peligrosas).
MSPG B 20	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obras civiles por la creación de barreras
MSPG B 21	Competencia en el uso de la red vial, referente al traslado de insumos, productos y del ganado
MSPG B 22	Potencial pérdida de productividad agropecuaria por exposición a gases no condensables H2S
MSPG B 14	Aumento de afecciones respiratorias en la población de las comunidades presentes en la ruta principal de acarreo de materiales (agregados)
MSPG B12	Aumento en el poder adquisitivo de la población debido a las fuentes de empleo generadas en las comunidades cercanas al sitio de campamento y área del proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación.
MSPG B 15	Generación de riesgo de accidentes de tránsito a los habitantes de las comunidades presentes en la ruta de acarreo de agregados desde el sitio de extracción (tajo).
MSPG B 26	Aumento en la demanda del servicio básico de agua potable
MSPG B 03	Presión sobre la densidad poblacional en las comunidades por la presencia del campamento.03

FACTORES HUMANOS

MSPG B 18	Alteración del patrimonio arqueológico
IMPACTOS CRITICOS	
MSPG B 01	Afectación en la calidad visual de la escena debido a la alteración en la forma natural del paisaje causada por el movimiento de materiales para preparar las plazoletas de perforación, por la intrusión visual de los trazos lineales de accesos, estaciones separadoras, montaje de las tuberías bifásicas, subestación, a la intrusión lineal de tendido eléctrico y de torres o postes de alta tensión, torres de enfriamiento y casa de máquinas
MSPG B 06	Percepción de riesgo en la población de la comunidad de Curubandé por la presión y demanda de servicios públicos para el uso en el campamento.
MSPG B 05	Modificación de las dinámicas sociales por caminos de acceso al área del proyecto
MSPG B 04	Aumento de percepción de riesgo en las comunidades del área de influencia social por el incremento del flujo vehicular y del personal del proyecto por las diversas acciones o actividades en la fase constructiva.
MSPG B 08	Presión en la infraestructura comunal y red vial por el aumento del flujo vehicular y presencia institucional en las comunidades de influencia social directa
MSPG B 13	Alteración de la actividad turística por cambios en el paisaje natural del sitio
MSPG B 09	Alteración a la paz y tranquilidad como valor social de las comunidades del área de influencia social. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.3.4.5 de este documento

7.1.4 Impactos Línea Transmisión – Distribución

124 Cuadro No. 7.1.2 Síntesis de los impactos negativos Línea Transmisión – Distribución

LINEA TRANSMISIÓN	PGA	DESCRIPCIÓN IMPACTOS NEGATIVOS
		IMPACTOS MODERADOS
	MTPG B 01	Intrusión visual al paisaje por la presencia de las estructuras de soporte del tendido
	MTPG B 02	Generación polvo o sedimentos (accesos y excavaciones de los cimientos).
	MTPG B 03	Contingencia o riesgo de derrames de aceite aislante de transformadores que contamine el suelo o la red hídrica.
	MTPG B 04	Contaminación por vertido de sustancias químicas (Aguas -atmósfera)
	MTPG B 05	Intrusión visual en el paisaje por la construcción de la subestación (complejo de generación).
	MTPG B 06	Creación de expectativas en las comunidades a nivel local. Generación de campos eléctricos y magnéticos
	MTPG B 07	La disposición inadecuada de los desechos en la fase de construcción (papel, plástico, sobrantes de pintura, escombros etc.)
	MTPG B 08	Afectación de la fauna local por efectos constructivos y operativos de la infraestructura e iluminación usados en una ST convencional.

LINEA DISTRIBUCIÓN	PGA	DESCRIPCIÓN IMPACTOS NEGATIVOS
		IMPACTOS MODERADOS
	MLDP GB 01	Riesgo de afectación de infraestructura de la red de acueductos rurales mediante el proceso de excavación de sitios de poste.
	MLDP GB 02	Posible afectación a servicios públicos/comercio por cortes de energía
	MDLP GB 03	Afectación a la flora : Afectación a bosque de galería por efecto de apertura de carril de servicio - Corta de árboles para tendido-Posible corta de especímenes forestales de valor particular - Pérdida de hábitats para especies vegetales arbóreas
	MDLP GB 04	La disposición inadecuada de los desechos en la fase de construcción (papel, plástico, sobrantes de pintura, escombros etc.)
	MDLP GB 05	Peligro de electrocución de fauna por la presencia del tendido trifásico energizado
	MDLP GB 06	Presencia temporal de obstáculos viales, posible caída de herramientas o herrajes, corta y derrame de árboles etc.

7.1.5 Impactos positivos – Factor Humano

En el Cuadro No. 7.1.3 se presenta la lista síntesis de los impactos positivos que fueron identificados en el Factor Humano en el resto de los factores Físico y Biológico no se identificaron impactos positivos relevantes

125 Cuadro No. 7.1.3 Síntesis Impactos Positivos- Factor Humano

DESCRIPCIÓN IMPACTO POSITIVOS	
FACTORES HUMANOS	Aumento en el poder adquisitivo de la población debido a las fuentes de empleo generadas en las comunidades cercanas al sitio de campamento y área del proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación
	Mejoramiento red vial. Construcción, reconstrucción de accesos, pasos o puentes por ríos y quebradas
	Aumento y diversificación en las oportunidades de empleo del área de influencia social del proyecto.(construcción –operación de la planta)
	Cambios en el acceso a mercados y abastecimiento de insumos agropecuarios (Ampliación y construcción de accesos).
	Aumento en la distribución tenencia de la tierra por mejora en los accesos (Ampliación y construcción de accesos).
	Aumento en la plusvalía de la tierra por ampliación y construcción de accesos
	Aumento del comercio de bienes, servicios y oportunidades de negocio en las comunidades de influencia social del proyecto.
	Mejoramiento de las condiciones laborales de la zona, con el ICE como principal empleador respetuoso de la normativa laboral nacional como de las regulaciones en salud y seguridad ocupacional
	Incremento en la demanda de mano de obra temporal con remuneración salarial superior a lo que se pagan en la zona
	Mejoramiento de acceso a los sitios de interés turístico por mejora en la red vial.
	Aumento en las actividades comerciales por la operación del campamento en la comunidad de Curubandé.
	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país;
Aumento del número de potenciales sitios de observación del paisaje (miradores) debido a la apertura de caminos	

Aplicación de los criterios valoración impactos críticos (SIA \geq 75 puntos)

A continuación se adjunta la descripción del pesaje o aplicación de los atributos de valoración impactos para aquellos cuya SIA fue igual o mayor (\geq) a 75 puntos, los clasificados como críticos; el resto de las descripciones de valoración se muestran en el Anexo No. 6.4.1

Código de impacto: FHHEA 19-8

Impacto: Afectación en la forma y en el color natural del paisaje debido al proceso de construcción de los edificios de las casas de máquinas así como la presencia de maquinaria pesada

Importancia: 75

I

N: 12 La afectación en el paisaje dado en el proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas es crítico ya que se dio una alteración en el medio natural del sitio debido a los cambios en la forma y en el color así como la presencia de maquinaria pesada en el área del proyecto lo cual permite el levantamiento de las edificaciones. EX: 4 La alteración visual a la escena paisajística se considera puntual a extensa (repetición de sitios)) ya que la actividad se llevará a cabo en una zona limitada del proyecto la cual se ubicaría lejos de sitios de interés turístico y edificaciones. MO: 8 El paisaje es afectado de forma inmediata porque hay una alteración al medio natural debido a la intrusión de maquinaria pesada la cual es empleada en la construcción de los edificios de casa de máquinas en donde se da un aumento del personal a cargo de la obra por la susceptibilidad del sitio (turismo) se considera crítico. PE: 4 La escena del paisaje se ve afectada visualmente de forma permanente debido a que una vez finalizado el proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas éstas estarían presentes a lo largo del periodo de tiempo que se mantenga vigente el proyecto. RV: 4 La alteración visual a la forma y al color del paisaje se considera irreversible ya que el proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas causa una intromisión en el medio generando cambios drásticos lo cual impide retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales. MC: 4 La escena del paisaje es afectada de manera irrecuperable debido al proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas en el cual se utiliza maquinaria pesada pero pueden aplicarse medidas compensatorias por medio de la intervención humana para retornar a las condiciones iniciales previas a la acción como el uso de barreras visuales y siembra de vegetación. SI: 1 La sinergia para ésta acción es nula. AC: 4 La alteración causada en la calidad visual del paisaje debido a la construcción de los edificios de casa de máquinas es acumulativa ya que es percibida desde diferentes zonas del área del proyecto debido a las características de la obra lo cual hace que se manifieste de forma progresiva. EF: 4 El efecto a la escena natural del paisaje causado por el proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas se considera directo ya que

ésta actividad dará como resultado la presencia de instalaciones que se mantendrían en el sitio mientras esté vigente el proyecto. PR: 2 Al presentarse la ocupación de un espacio genera una afectación visual a la forma y al color del paisaje el que se evidencia con el proceso de construcción de los edificios de casa de máquinas y el uso de maquinaria pesada en donde dicha obra se lleva a cabo una vez por lo que la alteración visual se considera recurrente por lo movilización de la maquinaria pesada.

Impacto: Percepción de riesgo en la población del área de influencia social por la presión y demanda de servicios públicos en la comunidad de Curubandé.

Importancia: -76

Se considera un impacto de carácter negativo IN: 12 La percepción de riesgo por la presión en la demanda de servicios públicos en el proceso de construcción del proyecto es crítico, principalmente por el aumento de personas en la zona trabajadores del proyecto y tendrán como principal espacio de hospedaje el campamento ubicado en la comunidad de Curubandé. EX: 2 Este impacto se circunscribe principalmente al área de influencia directa. MO: 8 Es un impacto de aparición inmediata cuando se da un aumento del personal para la construcción de las obras principales del proyecto. PE: 4 Se considera permanente. RV: 4 La alteración social se considera irreversible, ya que modifica la dinámica social existente. MC: 4 La percepción de la población es afectada de manera irrecuperable. SI: 4 La sinergia de este impacto se considera como alta, considerando que Curubandé está directamente vinculada con la construcción del proyecto. AC: 4 La alteración causada en la percepción de la población es acumulativa, y se va modificando incluso desde las primeras etapas del proyecto. EF: 4 Es un efecto directo. PR: 4 La percepción de riesgo se genera de manera recurrente.

Impacto: Afectación en los patrones culturales y sociales de las comunidades del área de influencia social.

Importancia: -88

Impacto de carácter negativo, IN 12: la presencia del proyecto impacta directamente sobre el sistema de valores en los que viven las comunidades, y en relación con sus expectativas, sus normas e inquietudes, lo cual requiere de un adecuado manejo social para minimizar potenciales conflictos socio ambiental, por esta razón se considera de efecto crítico. EX 12: Estos cambios socioculturales generan altas expectativas en las comunidades del área de influencia social tanto directa como indirecta e incluso a nivel de región SI: 4 La sinergia es alta debido a que la interacción de las acciones del proyecto en la fase de construcción genera una particular relación a la cercanía de caminos utilizados para el acarreo de materiales y desplazamiento de vehículos y maquinaria propia del ICE y alquilada

con las comunidades vinculadas. AC: 4 Así como las demás acciones de la fase constructiva que por su efecto acumulativo y la sinergia de las mismas, se considera como una serie de acciones propias de la fase de ejecución en conjunto y se determina sus interacciones de manera general, ya que las medidas de control ambiental así lo demandan. EF: 4 El impacto es de efecto directo en las comunidades ya que las mismas se caracterizan según los pobladores como de paz y tranquilidad, mismas características que se verán afectadas negativamente por el flujo vehicular y de maquinaria pesada.

Impacto: Modificación de las dinámicas sociales por caminos de acceso al área del proyecto

Importancia: -92

IN: 12 La intensidad de impacto es de efecto crítico considerando que el ingreso del equipo y maquinaria para acceder al área del proyecto, produce alteración en la manera en que las personas se relacionan con el entorno por ejemplo el paisaje, vías de acceso en general. EX: 12 es crítica particularmente con el uso de la infraestructura vial, SI: 4 Estas vías de acceso están en relación a las acciones constructivas dentro del AP, por esta razón se identificó las interacciones de las distintas acciones del proyecto contra el factor ambiental socioeconómico, con respecto a los elementos demográficos y poblacionales. En ese sentido, no se puede identificar aisladamente las interacciones de las acciones del proyecto en relación al factor socioeconómico y de percepción local, ya que las mismas obedecen al mismo objetivo, que en este caso es el proceso constructivo en sus diferentes momentos con respecto al avance de la obra, por lo que se considera un efecto acumulativo AC: 4. El efecto es directo en las comunidades vinculadas con el proyecto, se considera un impacto reversible a plazo medio RV: 2, ya que se incrementa con la construcción de las principales obras.

Impacto: Aumento de percepción de riesgo en las comunidades del área de influencia social por el incremento en la presencia de flujo vehicular y personal del proyecto por las diversas acciones del proyecto en la fase constructiva.

Importancia: -92

Impacto de carácter negativo, de intensidad crítica IN: 12 porque suscita un cambio en la cotidianidad comunal por presencia de flujo vehicular y personal de Proyecto en las comunidades del área de influencia social, se genera temores, preocupaciones y sensaciones de inseguridad asociadas a las acciones del proyecto. Este aspecto es importante, ya que la percepción de riesgo no está asociada a una acción específica en concreto, sino al conjunto de acciones del proceso constructivo generando una sinergia moderada SI: 2. Es acumulativo AC: 4 ya que son esas acciones del proyecto en conjunto que interactúan con el factor

socioeconómico de la percepción de las poblaciones que interactúan con el proyecto.

Impacto: Potencial conflicto social en las comunidades por percepción de riesgo, debido a las expectativas y necesidades comunales en cuanto a mejora de la infraestructura comunal de caminos y puentes, así como de centros educativos y áreas recreativas.

Importancia: -86

IN: 12 La intensidad de este impacto es de efecto crítico considerando que comunidades como Cañas Dulces, Agua Fría, El Cedro y Curubandé son de alta sensibilidad social, debido a que son nodos de conexión de los diferentes puntos de rutas de acceso del campamento y del área del proyecto, es decir son comunidades que serán de alto tránsito vehicular, por lo que se genera infraestructura comunal y la red vial existente. EX: 12 La extensión del impacto es crítica considerando las rutas de traslado de los materiales, insumos y equipo. El momento de aparición es inmediato a iniciar las actividades del proyecto en la etapa constructiva MO: 4. La persistencia del impacto es temporal considerando principalmente el tiempo de construcción de las obras principales PE:2, se considera que esta alteración será reversible a plazo medio RV:2 y con una recuperabilidad parcial ya que aunque termine la etapa constructiva las comunidades sufren de transformaciones importantes en su dinámica social MC:2 por lo que el impacto es altamente sinérgico SI:4, AC:4 es un impacto acumulativo que requiere del monitoreo continuo con los distintos actores sociales, principalmente por la posibles solicitudes de mejora en la infraestructura comunal, caminos y puentes, EF:4 es directo y PR:2 recurrente durante todo el proceso.

Impacto Interrupción a la paz y tranquilidad como valor social de las comunidades del área de influencia social.

Importancia: -94

Impacto de carácter negativo, IN: 12 en el instrumento de percepción local se evidencia que es un impacto de efecto crítico, considerando que para las comunidades del área de influencia social, la paz y tranquilidad son un valor social muy preciado, que temen se pueda ver afectado por contaminación acústica y ambiental, asociada a la fase de construcción y operación del proyecto. Además de sinergia alta SI: 4 ya que adicionalmente existe el temor de los vecinos a que disminuya la calidad de vida de las comunidades del área de influencia social. IN: 12 La intensidad se considera crítica porque los impactos potenciales están relacionados con cambios en el entorno natural y humano existente, ya que se genera modificación en los modos de vida actuales. El efecto es directo EF: 4 Generando interrupción en la circulación vial, infraestructura comunal y servicios básicos, además del aumento del polvo, ruido y riesgo de accidentes en peatones.

La recuperabilidad es parcial MC: 4, ya que los patrones actuales serán modificados de manera irreversible RV: 4, las comunidades antes y después del proyecto serán diferentes por todos los factores implicados.

Impacto: Expectativas de las comunidades del área de influencia social hacia el Proyecto y el ICE sobre la solución de problemas asociados infraestructura comunal.

Importancia: -96

IN: 12 La presencia institucional del ICE con el proyecto, genera una serie de expectativas y deseos de las comunidades para las mejoras de infraestructura comunal, principalmente de centros educativos, centros de salud, áreas recreativas, caminos y puentes, por estas razones la intensidad del impacto es de efecto crítico. EX: 12 Se considera una extensión crítica considerando que puede ir más allá de las áreas de influencia directa e indirecta. El momento de aparición es crítico considerando que las expectativas comunales se gestan desde etapas tempranas del proyecto MO: 4. La sinergia del impacto es alta SI: 4 contemplando situaciones como que si no se brinda información suficiente, precisa y transparente de los alcances reales del proyecto los conflictos y el descontento social surgirían con mucha facilidad, dificultado el proceso de viabilidad social del proyecto. AC: 4 es un impacto acumulativo que requiere del monitoreo continuo con los distintos actores sociales, EF: 4 es directo y PR: 4 continuo durante todo el proceso.

7.2 Análisis de los efectos acumulativos

Los efectos acumulativos de un proyecto geotérmico giran sobre las repercusiones que genera la emisión de gases no condensables en particular por el gas del H₂S el cual al oxidarse puede acidificar el pH de la lluvia entre otros efectos generados por cambios en la composición química de la atmósfera a nivel local, el presente caso no será la excepción. Ahora bien la intensidad de estos cambios dependerán de las concentraciones de los gases no condensables emitidos en particular del señalado, para el caso del PG Borinquen como se menciona en la Sección 5.1.7.5 de este estudio los niveles de emisión en porcentaje de peso de este gas serán bastante reducidos éstos no van sobrepasar el límite de 20 µg/m³ de H₂S como promedio en 24 horas por lo que no se espera que se den efectos acumulativos a mediano y largo plazo significativos a pesar de ello como se señala en el PGA del presente EsIA se llevará un monitoreo permanente de las concentraciones de estos gases no condensables (CO₂ y H₂S) tanto dentro como en el entorno de la futura planta.

El tema del factor humano la variable social en la que se presentarán cambios acumulativos será en el paisaje por lo tanto en la actividad de la explotación de este recurso por el turismo se estará ante dos situaciones: la generación de intrusiones en la cuenca visual de las vistas panorámicas y en el enriquecimiento

de su textura al introducir nuevas singularidades escénicas. Por las medidas señaladas en el PGA se espera un efecto a mediano y largo plazo equilibrado al contra restar con el empleo de técnicas para el enmascaramiento escénico las obras de construcción en ese sitio.

Otro efecto acumulativo será en la variable social en particular en la calidad de vida de los habitantes del área de influencia social, el cual estará enfocada en una mejora en la prestación de los servicios básicos así como en los niveles de empleo al generar nuevas oportunidades de trabajo en las actividades directamente e indirectamente relacionadas con el enclave de desarrollo geotérmico en esa región.

7.3 Análisis de los efectos sinérgicos de otros proyectos en construcción y operación

“La sinergia es la integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos, es decir, cuando dos o más elementos se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los elementos.”

“Impacto Sinérgico: Aquel impacto que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes, supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales, contempladas aisladamente. Asimismo, se incluye en este tipo, aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.” Diccionario del Medio Ambiente E-I Bolivia. 2008”

Como se ha señalado en la Sección 5.1.7.5 dentro el área del proyecto (AP) se tienen varias “fumarolas” cuyas emisiones del gas sulfuro (H_2S) en promedio registra concentraciones de $473 \mu g/m^3$ cuya detección por el olfato pueden verse incrementada en un mayor número de sitios en las cercanías de la planta, este gas es detectable a concentraciones mayores de $0.03 \mu g/m^3$, sin que ello implique un impacto severo por las reducidas emisiones de ese gas en las instalaciones del complejo geotérmico, 10 veces menor que el emitido en las fumarolas ubicadas en las cercanías de los hoteles Borinquen y Buena Vista.

A parte del anterior impacto sinérgico no se detectan otros a ser provocados por el proyecto de igual significancia a excepción del generado en el factor socio-económico a incrementarse las fuentes de trabajo en el área de influencia social del proyecto lo que incrementaría la calidad de vida de sus habitantes.

8 FORMULACIÓN PRONÓSTICO PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

8.1 Organización del proyecto y ejecutor de las medidas

Como fue señalado en la sección anterior el presente proyecto posee impactos en su mayoría con un SIA que se ubica dentro un rango 26 y 75 puntos, son pocos los impactos que se ubican en el rango de críticos a excepción de los provocados en el factor humano que se circunscriben en la variable del paisaje (modificación de su atracción turística) y a la percepción de riesgo que se da en los habitantes de las comunidades adyacentes a que se vean afectados en su paz o tranquilidad social, como en el caso de la prestación de los servicio básico del abastecimiento de agua potable, la destrucción de la red vial local por el aumento del flujo vehicular y las expectativas y necesidades comunales en cuanto a mejora de la infraestructura comunal de caminos y puentes, así como de centros educativos y áreas recreativas

De las acciones del proyecto señaladas en el cuadro de la matriz interactiva causa / efecto, ver el Cuadro No. 6.3.1, la acción provocada por el proyecto que posee la mayor interacción con el medio es la construcción y mejora de los accesos, lo que es de esperar que se dé por la forma de distribución de un campo geotérmico cuya dinámica operativa descansa en la presencia de una red de accesos internos para la interconexión de las labores de perforación y trasiego de los fluidos geotérmicos a la planta de generación, toda plataforma de perforación está prevista de un acceso a igual que la infraestructura para la conducción y separación de los fluidos geotérmicos los cuales son indispensables para su debido mantenimiento. Al sumarle las características topográficas y uso de la tierra del área del proyecto, un relieve en lomeríos cubiertos por pastizales con núcleos de bosque dispersos, elementos que conforman un mosaico paisajístico bajo la explotación del turismo, hacen que un buen número de las medidas ambientales del pronóstico plan de gestión ambiental (PGA) giren sobre los encadenamientos provocados por esta acción que se dá tanto la fase constructiva como operativa del campo geotérmico.

Otro grupo de medidas están formuladas para mantener un monitoreo sobre los encadenamientos a ser provocados por la emisión de los gases no condensables y el manejo de la sal muera de los fluidos geotérmicos, aunque como se ha evidenciado a lo largo del presente estudio las probabilidades que estos generen cambios severos en la calidad química del entorno (atmósfera y en las aguas superficiales) son remotas por las reducidas concentraciones a emitir y por las posibilidades que los fluidos geotérmicos entren en contacto con las aguas superficiales a raíz de la impermeabilización de las lagunas o cuerpos de aguas artificiales y la reinyección de los fluidos geotérmicos residuales al reservorio, a pesar de ello son elementos considerados de alto riesgo por lo que se llevará un programa de monitoreo continuo de su comportamiento junto a los niveles de ruido a ser emitidos dentro y fuera del perímetro de las plantas tanto en la fases de construcción y operación de éstas.

8.2 Cuadro pronóstico – plan de gestión ambiental

Los impactos que fueron sintetizados en el Pronóstico Plan de Gestión ambiental Cuadro No. 8.2.1 según el medio del entorno (Físico – Biológico –Humano) y a las obras civiles asociadas de salida eléctrica: Transmisión y Distribución. Como se puede apreciar el número de impactos finales sobre los que establecieron las medidas ambientales respectivas según el medio es el siguiente: Medio Físico: 24 - Medio Biológico 12 - Medio Humano 26 – Obras de Transmisión 8 – Obras Línea de Distribución 6, sumando un total de 76 impactos con un igual número de medidas ambientales formuladas o propuestas.

En cuanto al costo de la implementación del PGA éste se identificó únicamente en aquellas medidas en que las tareas recomendadas a ejecutar no están del todo contempladas en el presupuesto de construcción y de operación del proyecto elaborado por la Unidad de Ingeniería del Proyecto. En total este suma un monto de US\$ 3 542 000.

En la columna número seis “**Responsable (es) de Ejecución**” de las medidas ambientales, se le asigna a las Jefaturas de las Direcciones con el mayor nivel de jerarquía en la estructura organizativa en las diferentes fases del desarrollo de un proyecto o planta geotérmica, a saber: Manejo del Campo Geotérmico, Construcción y Operación del Centro de Generación; como se puede apreciar en el Cuadro No. 8.2.1 la mayoría de las medidas ambientales comparten etapas de su implementación entre dos o tres de estas Unidades Administrativas de Trabajo por lo que cada una de estas Unidades se hará responsable por su debida implementación en la fase del ciclo de desarrollo del Proyecto que les compete.

El Cuadro No. 8.2.1 Pronóstico Plan de Gestión Ambiental del Proyecto Geotérmico Borinquen en él se incluyen los siguientes temas por medida ambiental:

- 1) Actividad – acción a provocar el impacto
- 2) Factor ambiental a ser impactado
- 3) Impacto ambiental
- 4) Marco legal atinente
- 5) Medida (s) ambiental (es)
- 6) Responsable ejecución de la medida
- 7) Objetivos ambientales de la aplicación (síntesis de los compromisos)
- 8) Costo estimado de la implementación
- 9) Indicadores de desempeño del monitoreo – Responsables
- 10) Momento de inicio (implementación de la medida)
- 11) Momento de conclusión (implementación de la medida)

A la vez está subdividido en cinco bloques a saber:

- I. (MFPGB) Medidas ambientales dirigidas a los impactos provocados en la variable Física del entorno. Número de medidas formuladas 24.

- II. (MBPGB) Medidas ambientales dirigidas a los impactos provocados en la variable Biología del entorno. Número de medidas formuladas 12
- III. (MSPGB) Medidas ambientales dirigidas a los impactos provocados en la variable Social del entorno. Número de medidas formuladas 26
- IV. (MTPGB) Medidas ambientales dirigidas a los impactos provocados por las obras de construcción de la línea de Transmisión asociada al proyecto. Número de medidas formuladas 8
- V. (MDPGB) Medidas ambientales dirigidas a los impactos provocados por las obras de construcción de la línea de Distribución asociada al proyecto. Número de medidas formuladas 6.



Cuadro No. 8.2.1 Pronóstico Plan de Gestión Ambiental

DI EXPEDIENTE 8715 - 2012 - SETENA ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO GEOTÉRMICO BORIQUEN

Dependencia	UEN Proyectos y Servicios Asociados - CS Gestión Ambiental	Noviembre, 2012
Nombre del Estudio de Impacto Ambiental	Proyecto Geotérmico Boriquen	D1 -8715-2012-Setena -Resolución 2462-2012
Nombre del Coordinador del EIA	Lic. Geóg. Rogelio Zeledón Ureña No. Consultor 056-1996 SETENA	Provincia Guanacaste - Cantón Liberia - Distrito Cañas Dulces
Nombre del Director del CS Gestión Ambiental	Ing. Jorge Valverde Barrantes	

Número de medida	Actividad- acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
FACTOR FÍSICO -QUÍMICO											
MFPGB 01	Movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 1G.	Calidad del aire	Contaminación del aire producto de la emisión de gases contaminantes por la combustión de hidrocarburos en motores.	Ley de tránsito por vías públicas terrestres - 7331 (Art.34, 35, 121)	1) Los vehículos que circulen por las carreteras deben contar con el permiso de circulación respectivo. (RTV y Marchamo) 2) La maquinaria, vehículos y equipo deben contar con un programa de mantenimiento, que garantice un funcionamiento eficiente de manera que las emisiones sean mínimas. 3) No se permitirá el uso de maquinaria, equipo o vehículos que presenten fugas de aceites, combustibles, ruptura en los sistemas de escape, ni desperfectos en los sistemas catalizadores.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto) Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – planta)	Reducir las emisiones de gases contaminantes producto de la combustión de hidrocarburos.	Costo asociado al propietario del vehículo (contrato) y al presupuesto de mantenimiento de la maquinaria (ICE)	Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: número total de vehículos / número vehículos RTV al día = 1 (Se debe realizar una revisión mensual y se debe mantener un registro con las copias de las boletas de RTV al día) Medida 2: número total de vehículos / número vehículos con mantenimiento al día = 1 (se debe realizar una revisión mensual, y se debe llevar un registro con las copias de las fichas técnicas de mantenimiento de cada vehículo). Medida 3: número total de vehículos / número vehículos sin fugas o problemas = 1 (Se debe realizar una revisión mensual y se debe mantener un registro con fotográfico digital de las inspecciones)	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 02	Fase Perforación de pozos - Operación de la planta geotérmica. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 13, 15, 17, 18.	Calidad del aire	Contaminación del aire por la emisión de gases no condensables durante las pruebas en pozos, casa de máquinas y la operación del campo.	DE-30221-S - Reglamento Sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos (Art. 5)	1) La emisión de los gases incondensables en la planta de generación debe realizarse en puntos altos mediante el uso de chimeneas que dispersen los gases en las torres de enfriamiento. 2) Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de inmisiones de gases (H ₂ S, CO ₂) en puntos cercanos a áreas pobladas y dentro de la planta de generación (mínimo un monitoreo por trimestre).	Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – planta)	Garantizar el cumplimiento de los límites establecidos para las emisiones de gases no condensables producto de la generación geotérmica.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del Proyecto	Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: número total de sistemas de dispersión / número sistemas de dispersión en buen estado = 1 (Se debe realizar una inspección anual y mantener un registro fotográfico de las condiciones de los sistemas de dispersión de gases.) Medida 2: Concentración de H ₂ S medida / Límite permitido en exposición continua 24 horas 150 ⁴ g/m ³ o 0.1 ppm de concentración de ese gas en el aire. Se deben realizar mediciones mensuales y mantener un gráfico de control de todas las mediciones realizadas.	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 03	Fase Perforación de pozos- Operación de la planta geotérmica Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 13, 15, 17, 18.	Calidad del aire.	Efectos del H ₂ S sobre el pH de las lluvias.	Ley Orgánica del Ambiente, No 7554	1) Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de la evolución del pH de las lluvias.	Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Garantizar que las actividades de explotación de los recursos geotérmicos no generan afectos negativos sobre el comportamiento de la acidez de las lluvias en la zona del campo.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del Proyecto	Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: pH medido o pH (valores mínimo y máximos) de la línea base. Se debe realizar mediciones mensuales y mantener un gráfico de control de todas las mediciones realizadas.	Previo al inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 04	Fase Perforación de pozos- Operación de la planta geotérmica. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 13, 15, 17, 18.	Calidad del aire.	Efectos sobre la salud de las personas producto de la emisión de gases no condensables, principalmente el H ₂ S.	DE-30221-S - Reglamento Sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos (Art. 5)	1) Se debe implementar un sistema para el monitoreo contante de CO ₂ y H ₂ S dentro de la planta de generación y en las máquinas perforadoras. Estos sistemas deben contar con alarmas audibles (10 ppm de H ₂ S, 5000 ppm de CO ₂), que permitan a los encargados de los procesos tomar medidas para la integridad de los trabajadores. 2) Previo a la apertura de pozos, o pruebas de producción u operación, se deben colocar en el sitio, equipos para la medición de H ₂ S y CO ₂ , Estos equipos deben contar con alarmas audibles (10 ppm de H ₂ S, 5000 ppm de CO ₂), que permitan a los encargados de los procesos tomar medidas para resguardar la integridad de los trabajadores. 3) En la planta y en las perforadoras se deberá contar con sistemas de respiración asistida y el personal debe estar capacitado para que en casos de emergencias puedan enfrentar y controlar la situación.	Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – planta)	Garantizar que la emisión de gases no condensables no produce efectos negativos sobre la salud de los trabajadores.	Costo incluido en el presupuesto de operación del Proyecto y campo geotérmico (compra de equipo necesario + recurso humano)	Se debe elaborar informes de seguimiento semestrales que incluyan: Medida 1: número total de equipos de medición / número equipos funcionando en forma adecuada = 1 (Se debe realizar una revisión mensual del estado de los equipos, se debe mantener un registro de los reportes de las inspecciones y mantener un registro de los informes de revisión) Número total de personal que podrían ser afectados / Número de personal, que podría ser capacitado en primeros auxilios (se debe llevar un registro de las capacitaciones, y deben repetirse las capacitaciones en forma anual)	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 05	Fase Perforación de pozos - Operación de la planta geotérmica. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 13, 14, 17, 18, 20.	Calidad del aire	Contaminación del aire por sólidos en suspensión.	DE-30221-S - Reglamento Sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos (Art. 5)	1) Sitios Poblados. Cuando el movimiento de vehículos sea continuo deberán implementarse medidas para reducir la cantidad de polvo levantado. Deberá elaborarse un plan de acción en donde queden claramente identificadas las zonas críticas, y las medidas a implementar para controlar el impacto. 2) En zonas pobladas donde se presente el problema de levantamiento de polvo, los vehículos deberán circular a velocidades máximas de 25 km/h. Todos los conductores deberán estar informados sobre estas restricciones.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Mantener los niveles de polvo generados por el movimiento de tierras y vehículos dentro de rangos aceptables.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	Medida 1: Plan de acción aprobado por la Dirección del Proyecto para llevar un monitoreo sobre esta contaminación del aire y dictado de medidas atenuantes - Informes semestrales de seguimiento a la implementación del plan de acción. Medida 2: Instalación de rotulación para la reducción de velocidades y de seguridad vial (reductores) por pasos de los sitios poblados en las rutas del proyecto Medida 3: número total de conductores / número de conductores capacitados.	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 06	Fase de Operación. Numero de acción 18	Calidad del aire	Detección del gas tóxico (H ₂ S) en sitios confinados de la casa de máquinas Por fugas no controlables en empaques y uniones del equipo electromecánico en la CM	Ley General de Salud Ratificación del Protocolo de Montreal relativo a Sustancias que Agotan la capa de ozono Ley de Tránsito Ley Orgánica del Ambiente Aprobación del Protocolo de Kyoto-Convención de las Naciones Unidas Reglamento de control de ruidos y vibraciones Normas de Control de Combustible y Emisiones de Vehículos del Estado. Reglamento para el control de emisiones de gases y contaminantes producidas por vehículos automotores Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido Reglamento para la Revisión Técnica Integral de Vehículos Automotores Reglamento de Inmisión de Contaminantes Atmosféricos Reglamento control de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono	1) En la etapa operativa como medida se cuenta con Instrucciones Técnicas, una para Espacios confinados PE-80-IT-91-007. Mantener un monitoreo permanente en todos los sellos y empaques de los equipos electromecánicos con el objetivo reducir las fugas de los gases no condensables y un monitoreo continua dentro de las instalaciones de la CM de la concentración del H ₂ S asegurando que este no supere la concentración de 0.01 PPM en promedio de 8 horas de exposición, contar con un plan de contingencia y el Control y Monitoreo de Ruido PE-10-IT-92-010. Así bien asegurar la integridad física de las personas.	Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental de la planta)	Prever que se produzca afectaciones fatales a los funcionarios Verificar las condiciones de los sitios antes de ingresar mediante la medición de gases valorar la temperatura y humedad Garantizar el equipo de protección personal Valorar los riesgos internos y externos previo a las labores.	Costo contemplado en el presupuesto de operación de la planta	Informes de mediciones de ruidos y vibraciones, informes de medición de gases, temperatura y humedad (gráficos de los registros continuos) bitácora con los datos anteriores y registro del estado de los equipos electromecánicos así como de los equipos de monitoreo y protección personal, plan de contingencias.	Durante toda la Etapa operativa	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 07	Fase de construcción. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 1A,1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1G.	Ruido Natural	Generación de Ruido. Durante la fase de construcción los vehículos, la maquinaria y el equipo genera ruido que puede afectar el medio.	DE-28718-S - Reglamento para el control de la contaminación por ruido (Art. 20, Art. 23) - Ley de tránsito por vías públicas terrestres - 7331 (Art. 121)	1) En sitios poblados, los vehículos deberán circular a velocidades máximas de 25 km/h. Todos los conductores deberán estar informados sobre estas restricciones. 2) Todos los vehículos, maquinaria y equipo, deberán mantener en perfectas condiciones de funcionamiento sus sistemas de amortiguación de ruido, para garantizarlo, el responsable ambiental deberá llevar una ficha técnica en donde conste la totalidad de equipos existentes y los resultados de las mediciones de verificación realizadas.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Mantener los niveles de ruido producto de la operación de maquinaria, vehículos y equipos, dentro de los límites permitidos.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	Medida 1: número total de conductores / número de conductores capacitados= 1. Medida 2: Número total de vehículos / Número vehículos sin problemas = 1 (Se debe realizar una revisión mensual y se debe mantener un registro con fotográfico digital de las inspecciones)	Inicio de las actividades del proyecto	Finalización de la fase de construcción
MFPGB 08	Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa – efecto: 14, 15, 16, 17, 18, 20.	Ruido Natural	Generación de ruido durante la fase de operación, producto del manejo del campo y las plantas geotérmicas (etapas de pruebas, fallos u operación normal)	DE-28718-S - Reglamento para el control de la contaminación por ruido (Art. 20, Art. 23)	1) Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en zonas pobladas cercanas a los sitios de trabajo, en estas áreas los niveles máximos permitidos serán los indicados por la legislación (65 dBA diurno y 45 dBA nocturno). Las mediciones realizadas deberán ser periódicas y se mantendrá un registro de los resultados obtenidos. 2) En la medida de lo posible las pruebas se limitaran al horario diurno, en caso de no ser posible, deberá utilizarse sistemas de silenciadores que permitan mantener el nivel de ruido dentro de los límites establecidos por la legislación. 3) Los diseños de los sistemas de silenciadores en los pozos y en las planta de generación, deberán ser debidamente probados durante la fase de construcción de manera que se demuestre que cumplen con las eficiencias requeridas para garantizar el cumplimiento de la legislación. 4) Debe asegurarse que los sistemas para la extracción de gases no condensables (eyectores), se encuentren debidamente aislados, de manera que los niveles de ruido se mantengan dentro de los límites permitidos por la legislación. 5) Elaborar plan de contingencia y medidas correctivas para atender las eventualidades que se presenten al no cumplir los parámetros de emisión de ruido establecidos por ley.	Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – planta)	Mantener los niveles de ruido producto de la operación y mantenimiento del campo, dentro de los límites permitidos. Por la Normativa Nacional aquí señalada.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Medida 1 y 2: Nivel de ruido medido / Límite permitido según el marco normativo horario diurno y nocturno del día. Deben realizar mediciones mensuales y mantener un gráfico de control de todas las mediciones realizadas. Medida 3 y 4: Deberá elaborarse un informe de los resultados de las mediciones en las diversas pruebas las cuales deberán cumplir con el límite permitido según horario diurno o nocturno. Medida 5: Implementación de plan de Contingencia: Ejecución de medidas correctivas.	Antes del Inicio de las actividades del proyecto (línea base)	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 09	Proceso de perforación. Número de acción (es) de la matriz causa – efecto: 13	Ruido Natural	Efectos en la salud de las personas por la generación de ruido: Durante la fase de perforación de pozos, la operación de las máquinas genera ruido producto del uso de motores y equipo, puede originar efectos negativos sobre la salud de los trabajadores.	DE-10541-TSS - Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones (Art. 7)	1) Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en los sitios de trabajo, en estas áreas los trabajadores deberán contar con los sistemas de protección adecuados. 2) Debe implementarse dentro del plan de mantenimiento de las máquinas perforadoras, un programa de control de los niveles de ruido generados por los diferentes equipos. El responsable de la perforación deberá llevar los registros de las mediciones, así como de las medidas de mejora realizadas para atenuar el ruido como es el caso del empleo de pantallas reductoras de ruido en el caso que se amerite	Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Garantizar que la salud de los trabajadores no se vea afectada por los niveles de ruido generados en las áreas de trabajo.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Medida 1: Informe mensual de seguimiento por parte de Salud Ocupacional durante los periodos de perforación de pozos. (Niveles de ruido y uso equipos de protección) Medida 2: Registros de los niveles de ruido generados por los diferentes equipos con las medidas de mejoras / Nivel de ruido base. Deberá realizarse mediciones semestrales y llevar una bitácora con los resultados de las mediciones realizadas.	Inicio de las actividades de perforación del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 10	Proceso de perforación. Número de acción (es) de la matriz causa – efecto: 14	Ruido Natural	Generación de ruido: Durante la fase de perforación de pozos, la operación de las máquinas genera ruido producto del uso de motores y equipo, que puede causar molestias a los turistas y hoteles cercanos.	DE-28718-S - Reglamento para el control de la contaminación por ruido (Art. 20, Art. 23)	1) Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en zonas pobladas cercanas a los sitios de trabajo. Las mediciones deberán ser periódicas y se mantendrá un registro de los resultados obtenidos. 2) En la medida de lo posible las pruebas se limitaran al horario diurno, en caso de no ser posible, deberá utilizarse sistemas de silenciadores que permitan mantener el nivel de ruido dentro de los límites establecidos por la legislación. 3) Los diseños de los sistemas de silenciadores deberán ser debidamente probados durante la fase de construcción, de manera que se demuestre que cumplen con las eficiencias requeridas para garantizar el cumplimiento de la legislación.	Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Mantener los niveles de ruido producto de la operación y mantenimiento del campo, dentro de los límites permitidos.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Medida 1 y 2: Registros de los niveles de ruido medidos zonas pobladas aledañas dentro el AID, Hoteles: Borinquen / Buena Vista, otros, con una periodicidad mínima mensual durante los períodos de perforación de los pozos profundos, datos diurnos y nocturnos / Límites permitidos señalados en la legislación nacional, se debe llevar una bitácora y mantener un gráfico de control de todas las mediciones realizadas.	Inicio de las actividades de perforación del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 11	Fase de Operación.	Ruido Natural	Contaminación sónica (ruido) en sitios confinados de la CM	Reglamento a la Ley Nacional de Emergencias Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido Procedimiento para la Medición del Ruido Constitución Política Código de Trabajo Ley General de Salud Ley sobre Riesgos de Trabajo Ley de Protección al Trabajador	1) En la etapa operativa como medida se cuenta con Instrucciones Técnicas, una para Espacios confinados PE-80-IT-91-007.en estas áreas los trabajadores deberán contar con los sistemas de protección adecuados y otra para el Control y Monitoreo de Ruido PE-10-IT-92-010. El propósito es dar los pasos a seguir para el monitoreo de ruido proveniente de los procesos de generación eléctrica (operación y mantenimiento) que puedan producir un impacto ambiental o laboral significativo. Así bien asegurar la integridad física de las personas.	Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental de la planta)	Prever la ocurrencia de incidentes/accidentes en los sitios de riesgo dentro del Casa de Maquinas Capacitar al personal en materia de seguridad ocupacional. Verificar el buen mantenimiento de los equipo de protección personal Cumplir las Acciones de antes y después de realizadas las labores según la Instrucción de Trabajo: PE-80-IT-91-007 mediante la lista de chequeo PE-80-FO-91-008.	Costo contemplado en el presupuesto de operación de la planta	Informes de mediciones de ruidos y vibraciones tanto en sitios confinados como a los alrededores del CP que permitan evidenciar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa nacional. Bitácora de seguimiento.- Mantenimientos realizados / total de maquinaria y equipo del Centro , Registros de niveles de ruidos monitoreados , Registros de niveles de ruido monitoreados que cumplen con los parámetros establecidos con legislación / Total de monitoreos realizados	Durante toda la Etapa operativa	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 12	Fase de construcción - Movimientos de tierra Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 1G	Agua superficial	Cambios en la turbidez del agua de escorrentía	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No 7779	1) Recuperar taludes con zacate entre otras especies vegetales apropiadas para la reducción de la erosión. 2) Canalizar las aguas por medias canoas, canales perimetrales entre otros en las plataformas para reducir el arrastre de sólidos. 3) Canalizar las agua en los caminos por medio de cunetas, alcantarillas, barreras de sedimentos, y sedimentadores entre otros dispositivos de manera que se reduzca el arrastre de sólidos hacia las fuentes de aguas superficiales. 4) Construir sistemas de conducción de aguas en los caminos de manera que se reduzca la velocidad de las aguas para reducir los efectos erosivos.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)- Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Reducir el impacto por la turbidez que genera el arrastre de suelos.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: m2 de talud tratados / m2 de talud = 1 Medida 2: número de plataformas construidas / número de plataformas tratadas Medida 3 y 4: m ² de dispositivos construidos en caminos / m2 de caminos construidos. Para todos los indicadores deberá llevarse controles mensuales y un registro fotográfico de los trabajos realizados.	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 13	Fase de construcción - Movimientos de tierra Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 1G	Agua superficial	Contaminación del agua superficial por derrames accidentales de lubricantes o combustibles	Ley 7554 - Ley Orgánica del Ambiente (art. 59, 60, 67)	<p>1) Todos los equipos, maquinaria y vehículos, deben estar incluidos dentro de un programa de mantenimiento y control a fin de asegurar que no presentan problemas de fugas de combustibles o lubricantes.</p> <p>2) Cualquier almacenamiento de combustibles o lubricantes en los sitios de trabajo, deberá contar con diques de contención que garanticen que cualquier derrame será manejado de manera adecuada, trampa de grasas, cerrado con malla ciclón, rotulado según la norma NFPA 706 y contar con las fichas de seguridad de los productos almacenados.</p> <p>3) Todos los desechos producto del mantenimiento tales como cambios de aceite, filtros, etc. Deberán manejarse en recipientes sellados y rotulados, y deberán ser dispuestos por medio de coprocesamiento.</p> <p>4) Implementar plan de contingencia que establezca la disponibilidad de kit antiderrames, y en el momento que se dé uno, se debe parar inmediatamente el uso de la maquinaria y utilizar el equipo para contención de derrames, para ello debe haber personal capacitado en el manejo del material de contención, al menos dos personas por frente.</p>	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto) - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Garantizar que el uso de la maquinaria, equipo y vehículos no generan contaminación de las aguas.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: número total de equipos / número de equipos en condiciones adecuadas = 1 Medida 2: número de sitios de almacenaje o contenedores para los lubricantes residuales / número sitios con (trampas, almohadillas diques) con características y dimensiones establecidas según la legislación Medida 3: kg de residuos generado / kg de residuos enviados a coproceso Para todos los indicadores deberá llevarse controles mensuales y un registro fotográfico de los trabajos realizados. contingencias atendidas / Contingencias ocurridas	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 14	Fase de Operación del campo Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 14, 17, 18, 20.	Agua superficial	Contaminación del agua: Los fluidos geotérmicos son conducidos por tubería bifásica de los pozos a los satélites de separación, a pozos de re-inyección y parte de estos son almacenados de forma temporal en lagunas de sedimentación. Existe la posibilidad que ocurra un derrame de líquido geotérmico, ya sea por fugas en los sistemas de conducción o rupturas en las lagunas. Dado que las aguas geotérmicas tienen una composición físico-química muy diferente a las aguas superficiales, si entran en contacto se produciría contaminación.	Ley 7554 - Ley Orgánica del Ambiente (art. 59, 60, 67)	<p>1) Todos los puntos de salida de líquidos deberán contar con sistemas para el envío de las aguas a las lagunas de sedimentación.</p> <p>2) Las lagunas de sedimentación deben contar con sistemas de impermeabilización.</p> <p>3) Se debe establecer un programa para el monitoreo de las aguas superficiales dentro del área del campo geotérmico. (Mensual al menos en los primeros cinco años de operación)</p> <p>4) En caso de ocurrir eventuales derrames de líquido geotérmico, establecer un plan de contingencia para su atención inmediata</p>	Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Realizar un manejo ambientalmente responsable de los fluidos geotérmicos.	Costo incluido en el presupuesto de operación del campo geotérmico del proyecto	<p>Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: número total de salidas de líquido / número de salidas enviadas a lagunas = 1</p> <p>Medida 2: número total de lagunas / número de lagunas impermeabilizadas = 1 Para los indicadores 1 y 2 deberá llevarse un registro fotográfico de los trabajos realizados y presentarse un informe final previo a la entrega de las obras.</p> <p>Medida 3: Registros de las concentraciones del monitoreo calidad de las aguas superficiales dentro el área del proyecto (mínimo mensuales) / concentraciones de referencia 1. Deberá llevarse gráficos de control que permitan un seguimiento adecuado del indicador.</p> <p>Medida 4. Contingencias atendidas / Registro de las contingencias ocurridas</p>	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 15	Fase de construcción y operación. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 12, 20.	Agua superficial	Contaminación del agua superficial por aguas servidas o por derrames de aceites que se generan como residuos.	Ley 7554 - Ley Orgánica del Ambiente (art. 59, 60, 67, 64)	<p>1) Debe establecerse un programa para el manejo de aguas residuales y residuos líquidos contaminantes (hidrocarburos entre otros).</p> <p>2) Todo el personal deberá ser capacitado en materia de manejo de residuos, tanto ordinarios como peligrosos.</p> <p>3) Todos los vertidos de aguas residuales como aguas negras, aguas servidas y de tipo similar, deben dirigirse a sistemas de tratamientos de aguas según los lineamientos emitidos por el Ministerio de Salud. No podrá depositarse desechos líquidos en ningún tipo de fosas o sistemas que no estén aprobados por los entes públicos competentes.</p> <p>4) Los residuos como aceites, lubricantes, combustibles, productos químicos, etc. No podrán disponerse en el proyecto, deberán ser colocados en recipientes sellados y rotulados, y enviados a co-procesamiento.</p> <p>5) Los residuos líquidos que no puedan disponerse en sistemas de tratamiento convencionales deberán colocarse en recipientes sellados, etiquetarse adecuadamente y enviarse para su tratamiento adecuado mediante sistemas de co-procesamiento.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental – del proyecto - del campo geotérmico – de la planta)	Prever la no contaminación de las aguas superficiales debido a los desechos líquidos generados.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	<p>Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: Programa de manejo de residuos líquidos contaminantes aprobado por el director. Para cada una de las etapas (Construcción, desarrollo y producción) deberá existir un plan específico.</p> <p>Medida 2: número total de colaboradores / número de colaboradores capacitados . Estas capacitaciones deberán renovarse de forma anual</p> <p>Medida 3: Documento donde el Ministerio de Salud da el visto bueno al sistema de tratamiento de aguas residuales. Resultado del monitoreo de calidad de aguas residuales generadas, dentro de parámetros establecidos por ley.</p> <p>Medida 4 y 5: m3 de aguas residuales tratadas / (Kg de desechos coprocesados) m3 de aguas residuales. Deberá llevarse un registro detallado de los desechos generados y los certificados de los desechos enviados a co-procesar.</p>	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 16	Fase de construcción y operación. Número de acción (es) de la matriz causa - efecto: 12, 20.	Agua superficial	Reducción de la calidad del agua por contaminación generada por residuos sólidos	Ley 7554 - Ley Orgánica del Ambiente (art. 59, 60, 67, 64)	<p>1) Debe establecerse un programa para el manejo de residuos.</p> <p>2) Los residuos sólidos que se generen en lo posible, deben pasar un proceso de separación, recuperación, clasificación para reciclaje y tratamiento de todo lo que no sea reciclable o recuperable.</p> <p>3) Todos los residuos sólidos no ordinarios (residuos principalmente domiciliarios) que se generen, deben pasar un proceso de separación, recuperación, clasificación para reciclaje y tratamiento de todo lo que no sea reciclable o recuperable.</p> <p>4) No podrán manejarse residuos en fosas o sistemas que no estén debidamente ajustados a los lineamientos emitidos por el Ministerio de Salud.</p> <p>5) Los residuos peligrosos, tales como baterías, productos químicos, fluorescentes, etc. No podrán disponerse en el proyecto, deberán ser colocados en recipientes sellados, y enviados a co-procesamiento.</p>	<p>Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental – del proyecto - del campo geotérmico – de la planta)</p>	Prever la contaminación de las aguas debido a los desechos sólidos generados.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	<p>Se debe elaborar informes de seguimiento trimestrales que incluyan: Medida 1: Programa de manejo de residuos aprobado por la Dirección del Proyecto. Para cada una de las etapas (Construcción, manejo del campo y producción) deberá existir un plan específico.</p> <p>Medida 2: número total de colaboradores / número de colaboradores capacitados Estas capacitaciones deberán renovarse de forma anual</p> <p>Medida 3: cantidades de residuos generados / cantidades de residuos reusados, recuperados o reciclado. Debe llevarse un registro de todos los materiales manejados y registros fotográficos del proceso.</p> <p>Medida 4: Documento donde se verifica el cumplimiento de las directrices emitidas por el Ministerio de Salud para el sistema de tratamiento.</p> <p>Medida 5: kg de desechos generados / kg de desechos co-procesados. Deberá llevarse un registro detallado de los desechos generados, registros fotográficos de la forma en cómo son almacenados y los certificados de su co-procesamiento.</p>	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 17	Fase de Operación. Numero de acción 8, 17, 18	Agua superficial	Contaminación del agua con sustancias químicas durante mantenimientos de la planta.	Residuos SLTP: Ley Orgánica del Ambiente Ley para la Gestión Integral de Residuos Reglamento de Higiene Industrial Reglamento para el Manejo de Desechos Peligrosos Industriales Reglamento sobre la Gestión de los Desechos Infecto-Contagiosos Reglamento para la utilización de Combustibles Alternos en los Hornos Cementeros Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos Residuos SO: Ley Orgánica del Ambiente Código Municipal Reglamento de Higiene Industrial Obligación Instituciones del Sector Público de Recolectar y Reciclar Papel Reglamento sobre Llantas de Desecho Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios	1) Contar con un procedimiento de manejo de hidrocarburos. Implementar el manejo integrado de residuos PE-80-IT-92-006. Para el manejo de sustancias peligrosas PE-80-IT-81-001 y aguas residuales PE-10-IT-92-012. Se llevan registros y se utilizan convenios de tal forma que se tenga un mayor control de los residuos que se generan en esta etapa.	Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental de la planta)	Garantizar el manejo y la disposición final adecuada de los residuos que se generan en la operación. Establecer las prácticas de reducción, reuso y reciclaje de residuos. Garantizar mediante monitoreos que las aguas residuales se mantengan dentro de los parámetros permitidos por la normativa nacional.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Mantener en los centros de transferencia de residuos una bitácora donde se registren cantidades, pesos, tipos, y destino de los residuos producidos en el centro de Producción. Mantener hojas de despacho de los residuos para su disposición final, solicitar certificado de disposición. Seguir las Instrucciones técnicas establecidos en la UEN Producción bajo la norma ISO 14001:2004. Para las aguas residuales monitorear el agua vertida después de que ha recibido un uso ordinario o especial. los parámetros son: pH, temperatura, sólidos suspendidos, grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno, sustancias activas al azul metileno, sólidos sedimentales, demanda química de oxígeno, con una periodicidad de muestreo para caudales menores o iguales a 100 m ³ /día semestralmente y para caudales mayores a 100m ³ /día trimestralmente. Número de contingencias atendidas / contingencias presentadas	Durante toda la Etapa operativa	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 18	Fase de operación. Número de acción de la matriz causa-efecto: 15.	Nivel de Corrosión	Aumento de la pérdida del metal expuesto al ambiente debido a la corrosión.	Decreto Ejecutivo 32079-MINAE 2004 "Código de Buenas Prácticas Ambientales. Decreto 26042-S-MINAE	1) Diseño y operación de un programa de monitoreo de la corrosión atmosférica antes de inicio de las obras y durante (al menos por cinco años) de la fase operación, que permita conocer los niveles de corrosión atmosférica para poder medir el cambio generado por la fase de operación. Utilización de materiales o pinturas anticorrosivas para la protección de las diferentes estructuras metálicas.	Director del CS Investigación y Desarrollo (I+D) (Apoyo el Centro de Investigación en Corrosión) Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Determinar si la velocidad de corrosión natural, resulta alterada por efecto resultante de las labores diarias de la fase de operación en el área de proyecto. Implementar medidas para disminuir el efecto de la corrosión sobre las estructuras metálicas	130	Informe anual de resultados de clasificación de los niveles de corrosión atmosférica: De acuerdo a los análisis de diferentes parámetros se establece la clasificación de la atmosfera respecto a su agresividad corrosiva. Numero de estructuras metálicas tratadas para protegerlas de la corrosión / estructuras metálicas totales	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Cinco años después de inicio de la fase de operación.
MFPGB 19	Fase de Operación. Numero de acción 18	Nivel de Corrosión	Corrosión presente en los equipos de casa de máquinas por fugas de gases en los equipos	Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013,	1) Utilización de materiales o pinturas anticorrosivas para la protección de las diferentes estructuras metálicas.	Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental de la planta)	Reducir la presencia de corrosión en los equipos.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Número de equipos tratados contra la corrosión / número de equipos totales –bitácora del mantenimiento de equipos electromecánicos.	Inicio de la etapa operativa de la planta	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 20	Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 13 y 16.	Medio Físico, procesos, sismicidad	Generación de sismicidad inducida	Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013,	1) Operación de red sismológica de monitoreo	Director CS Exploración Profunda - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico)	Caracterizar y ubicar una posible sismicidad inducida debido a los procesos de operación geotérmica.	100	Informe trimestral de las estadísticas de los sismos generados en un radio de 10 km alrededor del proyecto.	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Dos años después del fin de la fase de operación del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 21	Movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1B, 1C, 1D, 1E. Fase de Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 2	Relieve (Geomorfología)	Degradación de la formas del relieve.	Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013,	<p>1) Planificar Diseño de excavaciones y movimientos con el objetivo de impactar la menor área posible.</p> <p>2) Definir las medidas para la restauración del relieve y estabilización del relieve impactado (conformación del terreno, descompactación, obras de manejo de aguas de tierra entre otras medidas, además se deberá implementar el protocolo de revegetación de las áreas alteradas.</p> <p>3) Los efectos por la construcción de las escombreras, se deberá implementar el protocolo de revegetación de las mismas, el cual es un procedimiento ya establecido a nivel de proyectos constructivos. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.1.4 de este documento.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Resarcir las alteraciones de las formas de relieve en el AP como consecuencia de las acciones de movimientos de tierra asociadas a la construcción del proyecto.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	Diseño y ejecución de un plan de estabilización o protocolo revegetación para la restauración estabilización del relieve impactado – Sitios con relieves sujetos a medidas de estabilización y revegetación / área total impactado. Llevar bitácora de obra con el detalle de los procesos de estabilización aplicados.	Inicio de las actividades del proyecto	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)
MFPGB 22	Movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1B, 1C, 1D, 1E, 1G Fase de Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 2, 3.	Relieve (Geomorfología)	Aumento de los procesos erosivos y sedimentación en el AP.	Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013, Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No7779	<p>1) Control de los procesos erosivos a nivel de los sitios donde se realicen cortes de terreno y se conformen taludes, utilizando técnicas de colocación de mantos temporales a base de fibras naturales que permitan la recuperación de la cubierta vegetal. Se deberá utilizar geomantas o geotextiles que protejan los apilamientos de materiales temporales de la erosión por escorrentía superficial. Esto último no cubre los sitios de escombrera para ellos se debe seguir lo indicado en la Sección 4.5.4.2 y Anexo 4.5.2 de este EsIA. Para el control de la sedimentación en sitios de obras se deberá colocar barreras de retención de sedimentos, construir canalizadores de las aguas de escorrentía superficial en los sitios de obra que sean necesario, así como sedimentadores. En los sectores donde se conformen las escombreras se deberá seguir el protocolo constructivo establecido en cuanto a tipo, dimensiones de las obras civiles requeridas. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.1.4</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Controlar la generación de procesos erosivos y de sedimentación en área de proyecto AP del PG Borinquen.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	<p>Informe ambientales, bitácoras de obra con el detalle de las obras civiles desarrolladas para el control de la erosión y sedimentación en cada frente de obra.</p> <p>Frecuencia de monitoreo durante los periodos de excavación o remoción de tierra: semanal, realización visitas para verificar cumplimiento de las acciones de la medida. Llevar un registro fotográfico en cada frente de obra</p>	Inicio de las obras (No más de 15 días después de iniciados los procesos de movimientos de tierra)	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 23	Fase movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G. Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 5, 6, 7, 8, 10, 11.	Suelos	Remoción y alteración de horizontes edáficos, destrucción de la estructura, compactación, aumento de la densidad aparente, disminución de la conductividad hidráulica y modificación de la capacidad de infiltración de agua a través del suelo.	Ley 7779: Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de suelo, y su reglamento Decreto 29375 MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT.	<p>1) Gestionar el manejo y conservación de suelos según la legislación vigente con estrategias de conservación del suelo. La remoción de cobertura vegetal debe ser únicamente en sitios estrictamente necesarios.</p> <p>2) La remoción de la capa de suelo orgánico, debe ser realizada de manera en que se procure no contaminar ese suelo con materiales que tengan una composición diferente y se encuentren en capas inferiores del terreno. Las excavaciones deben limitarse al área estrictamente necesaria y con planificación para un mínimo efecto ambiental. Los movimientos de tierra deben hacerse de forma ordenada y con manejo de aguas, evitando que el suelo suelto se deslice ocasionando problemas de erosión con alteración a otros ecosistemas. La capa superior de suelo (Horizonte A) debe apartarse para utilizarla posteriormente en revegetación, mejoramiento paisajístico, para estabilización y revegetación de taludes, riberas, cortes y zonas verdes, mejorar el paisaje o para mantener el crecimiento de la vegetación y controlar la erosión. En los accesos se debe dar prioridad a trochas y caminos existentes. Los sitios de acopio de suelo deben estar en área con pendiente menor a 15% y se le debe proteger del efecto erosivo del agua o el viento. El traslado de suelo a escombreras se realizara en vagonetas o camiones con lona. En taludes se debe determinar la estabilidad de la ladera. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.1.5 de este documento.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Impulsar la conservación de los suelos de forma integrada a los demás recursos naturales.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del proyecto	<p>Informe de prácticas físicas y agronómicas para el manejo y conservación de suelos y aguas en el AP.</p> <ul style="list-style-type: none"> Informe sobre manejo de la escorrentía superficial. Informe sobre método de manutención de la capa órgano-mineral Informe sobre las labores para aumentar la cobertura vegetal en sitios en los que el suelo ha sido desprovisto de la cobertura vegetal. El informe se hace semestralmente y durante la fase de construcción. Planos de diseño de las obras constructivas: excavaciones, rellenos, caminos, infraestructura, escombreras; deberán incluirse y detallarse los manejos de aguas y de suelos para la prevención de la pérdida de suelo por erosión, así como las obras de estabilización y recuperación ambiental mediante revegetación de los sitios afectados por la actividad constructiva, dichas obras deberán aparecer localizadas dentro del plano constructivo. <p>El monitoreo quinquenales de la química del suelo en el AP durante los primeros 10 años de la fase de operación del proyecto</p>	Al inicio de la obras del PG Borinquen.	Fase de abandono de la planta (final de la vida útil)

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MFPGB 24	Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 14, 15, 18, 20.	Suelos	Contaminación de suelos por vertidos de sustancias peligrosas, residuos sólidos urbanos o de construcción y por contaminación atmosférica con gases que caen sobre el suelo a través de la lluvia, residuos constructivos como cementos, metales, textiles y por residuos urbanos como desechos alimenticios, vidrio, plástico, pinturas, materiales contaminados con sustancias peligrosas, etc.	Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, No 7779 y su reglamento, Ley para la Gestión Integral de Residuos, No.8839 y su reglamento DE 37567-S-MINAET-H, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013	Uso de protocolos, emitidos por el Sistema Integral de Manejo de Residuos (SIGIR) de la UEN PySA, para el manejo de residuos peligrosos, residuos de la construcción, residuos orgánicos y otros generados por la industria geotérmica, bitácoras e informes relacionados con inspecciones visuales del SIGIR. Diseño de medidas preventivas de tipo constructivo para reducir vertidos líquidos a los suelos. Detalle de focos de contaminación, identificando las sustancias contaminantes de uso en la industria geotérmica. Monitoreo de gases producidos por la industria geotérmica. Un monitoreo del pH, de la fertilidad del suelo y de elementos químicos asociados a un derrame con sustancias peligrosas (un año antes de la entrada de operación y otro cinco años después). Diseño de planos constructivos de obras necesarias para el almacenaje y manipulación de sustancias peligrosas. Construcción de las obras para el almacenaje y manipulación de sustancias y residuos peligrosos, con base a los requerimientos legales. Gestión adecuada de residuos sólidos urbanos y especiales del proyecto. Bitácoras e informes relacionados con inspecciones del SIGIR. No se permitirá enterrar ningún desecho sólido urbano, especial, del proceso constructivo u otro residuo que pueda afectar las condiciones del entorno y del suelo. Se deberá efectuar un muestro de suelo de manera aleatoria dentro el AP para aplicarle un análisis completo un año antes de la entrada de operación de la planta y cinco años después de su entrada en operación Para mayor detalle referirse a la Sección 5.1.5 de este documento.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Proteger la calidad de los suelos para prevenir daños a otros ecosistemas.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del proyecto	Informe y bitácora sobre manejo de residuos sólidos y contaminación de suelo por el personal del SIGIR de la UEN PySA en manejo de residuos de la industria geotérmica. Frecuencia de monitoreo: Una vez al mes. Informe en bitácora sobre inspecciones realizadas por el SIGIR indicando manejo de residuos urbanos, de construcción y peligrosos. Frecuencia de monitoreo: Mensual. • Los sitios para almacenaje de sustancias peligrosas, deberán incluir y detallar planos para tal efecto. Los sitios deberán aparecer en los planos constructivos. • Informe y bitácora sobre control, limpieza y monitoreo de derrames • Las obras deberá coordinar protocolos del SIGIR para atención de derrames, así como depósitos rotulados para el acopio de residuos Peligrosos y. Frecuencia de monitoreo: mensual. • Seguimiento a propiedades químicas del suelo. El monitoreo del pH y fertilidad del suelo se realizara un muestreo un año antes y otro muestreo cinco años después de la entrada en operación de la planta en sitios seleccionados y previamente georeferenciados del AP. En relación con un eventual derrame con sustancias peligrosas sobre el suelo, hay que recurrir a sistemas de remediación para aislar y prever que la sustancia peligrosa no se extienda a otros ecosistemas.	Inicio de obras de construcción e ingreso de maquinaria al área de proyecto, PG Borinquen.	Fin de la fase de operación del PG Borinquen
Costo								230			

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
FACTOR BIOLÓGICO											
MBPGB 01	Fase constructiva: Acciones de la matriz causa-efecto 1A y 7. Fase operativa acción 17.	Flora: Bosque maduro y bosque secundario	Reducción de la cobertura de bosque maduro y bosque secundario.	Ley forestal N° 7575, y su Reglamento DE N° 25721, Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 y su Reglamento DE N° 32633. Ley de Biodiversidad N° 7788 y su Reglamento DE N° 34433.	<p>1. Trazado de rutas de tuberías y trochas de acceso para excavación y montaje, hasta donde sea posible no cortar árboles gruesos de diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 40 cm, particularmente de especies de mayor importancia ecológica (Ver Cuadro 5.2.1).</p> <p>2. Brindar capacitación y emplear personal calificado y técnicas de tala dirigida, además realizar el arrastre de trozas con cable o aserrar in situ para reducir daños al ecosistema.</p> <p>3. Con el objeto de reducir el área de bosque a cortar, evaluar alternativas en cuanto, técnicas, equipo y maquinaria para reducir el impacto en las labores de excavación, movimientos de escombros, materiales y estructuras y montaje de la tubería y alcantarillado.</p> <p>4. Elaboración y ejecución de plan de manejo de flora del área boscosa a intervenir y programa de seguimiento y auditoría para cada obra, con el objeto de comprobar el cumplimiento y desempeño de las medidas ambientales.</p> <p>5. Delimitar en el campo las áreas a intervenir y marcar los árboles a cortar (enumerados en el tronco y tocón).</p> <p>6. Realizar inventarios de flora, particularmente flora menor y arbórea con poblaciones reducidas, amenazada y en peligro de extinción del área boscosa del AP a intervenir, detallando abundancia y preferencia de hábitat por especie.</p> <p>7. Elaboración de plan de rescate y reubicación de flora en zonas cercanas de bosques intervenidos o secundarios, considerando el status de protección, la abundancia y preferencia de hábitat por especie.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Cortar únicamente el área boscosa necesaria para cada obra, evitando dañar la vegetación circundante. Utilizar maquinaria, equipo y técnicas constructivas orientadas a causar el mínimo impacto al ecosistema. En el caso de tuberías ajustar la ruta para reducir cortar árboles gruesos de alta importancia ecológica, prioritariamente especies con poblaciones reducidas, amenazadas y/o en peligro de extinción. Rescatar y reubicar la flora menor y reproducir flora arbórea con poblaciones reducidas, amenazadas y/o en peligro de extinción. El costo de implementación de esta medida estará incorporado en presupuesto constructivo (planilla del proyecto)	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico del proyecto	<p>1. Mapas con la ubicación y dimensiones de las rutas de la tubería y las trochas de acceso para la construcción, incluyendo los árboles a cortar enumerados, los cuales deben utilizar y acatar el personal de campo, los supervisores y encargados de obra, (disponibles tres meses previo al inicio de las labores).</p> <p>2. Manuales de campo y capacitaciones al personal a cargo de la tala, troceo, aserrío, acopio y secado de madera, al igual que del trazado y construcción de las rutas de tuberías y trochas de acceso y asimismo al personal encargado de las excavaciones, movimientos de tierra y materiales y montaje de la tubería, (disponibles tres meses previo al inicio de las labores). Listas de asistencia firmadas y registro de evaluaciones del aprendizaje.</p> <p>3. Informes de ajustes al método constructivo, maquinaria y equipo para minimizar el impacto, el área de bosque y árboles gruesos a cortar, (disponibles al menos 1 año previo al inicio de las obras).</p> <p>4. Plan de manejo de flora del área boscosa a intervenir y programa de seguimiento por obra (disponibles tres meses previo al inicio de las labores), informes mensuales y bitácoras de seguimiento a emplear por el personal de gestión ambiental, que deben firmar los encargados de obra quienes asumen el compromiso del cumplimiento de las indicaciones consignadas.</p> <p>5. Áreas boscosas a intervenir delimitadas y árboles a cortar marcados (enumerados en el tronco y el tocón).</p> <p>6. Inventario de flora con poblaciones reducidas, amenazada y en peligro de extinción en área boscosa del AP a intervenir, detallando la abundancia y la preferencia de hábitat por especie, (disponible al menos 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>7. Plan de rescate y mapas con información topográfica y preferencia de hábitat por especie (disponible 1 año previo al inicio de las labores), informes y bitácoras de seguimiento con mapas de reubicación, detallando la cantidad, distribución y ubicación de los individuos por especie rescatada. Informes trimestrales de los resultados de la sobrevivencia, desarrollo y adaptación de las plantas rescatadas.</p>	Los indicadores 3, 6 y 7 en el caso del plan de rescate de flora 1 año previo a las labores. Los indicadores 1, 2, 4 y 5, tres meses antes del inicio de las labores.	3 meses antes de las labores constructivas deben estar listos todos los indicadores, excepto los informes mensuales, bitácoras y mapas de seguimiento del rescate de flora, los cuales se prolongan hasta la fase operativa y finalizan al cierre de la planta.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 02	Fase constructiva: Acciones de la matriz causa-efecto 1A, 2, 3 y 7. Fase operativa acción 17.	Flora: Bosque maduro y bosque secundario	Reducción de la cobertura de bosque maduro y bosque secundario. Alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en bosque maduro y secundario por acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos.	Ley forestal N° 7575, su reglamento Decreto Ejecutivo N° 25721 y sus reformas. Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 y su reglamento Decreto Ejecutivo N° 26435. Ley de Biodiversidad N° 7888 y su reglamento Decreto Ejecutivo N° 34433.	<p>1. Elaboración de planes del acondicionamiento final de las escombreras, contemplando conformación, confección de obras de manejo de escorrentía y control de erosión, descompactación del terreno, colocación de capa superior de suelo orgánico de al menos 30 cm de grosor y reforestación.</p> <p>2. Elaboración de planes de reforestación de las escombreras asegurando la conectividad de los sectores aledaños de bosque maduro y secundario, el diseño de plantación deberá ser una mezcla de al menos 8 especies arbóreas de rápido crecimiento, para mayor detalle referirse a la Sección 5.2.8., y al Anexo No. 6.4.1 (Medidas complementarias en flora)</p> <p>3. Elaboración de planes y mapas de reforestación en zonas de protección de ríos y quebradas, mediante plantaciones mixtas y/o enriquecimiento.</p> <p>4. Elaboración de plan de selección de plantas y árboles padre para recolección de semillas y/o plántulas de las especies arbóreas y arbustivas de la zona a utilizar en las plantaciones y pantallas vegetales.</p> <p>5. Establecimiento de un vivero de rescate de plantas para la reforestación durante la fase de Construcción, en la fase de Producción se utilizarán los viveros existentes del ICE en la zona</p> <p>6. Elaboración de planes de establecimiento y manejo de pantallas vegetales para enmascaramiento de obras, en las de mayor altura como casas de máquinas y subestación se deberán utilizar franjas perimetrales de al menos 50 metros de ancho, con un diseño de plantación mixta de 6 o más especies rápidas, no caducifolias de varias alturas. Para tuberías, plataformas de perforación y estaciones separadoras, las pantallas deberán tener un ancho mínimo de 12 m con al menos 4 especies rápidas, no caducifolias, con copas anchas de follaje denso. Para mayor detalle del diseño y composición florística referirse a la Sección 5.2.8 de este estudio. En el tanto que las tierras sean de propiedad del ICE</p> <p>7. Elaboración y ejecución de planes de manejo silvicultura de la reforestación en las escombreras, corredores biológicos y pantallas vegetales, detallando control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización, podas y raleos.</p> <p>8. Elaboración de programas de seguimiento de la reforestación en las escombreras, corredores biológicos y pantallas vegetales, para corroborar el cumplimiento y la efectividad de estas medidas.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico).	Compensar el área de bosque maduro y secundario cortado mediante la reforestación de las áreas de potreros ocupadas temporalmente por escombreras, al igual que la restauración de sitios deforestados en las zonas de protección de ríos y quebradas, para el establecimiento de corredores biológicos y mejorar la conectividad de bosques. Adicionalmente se compensa el impacto por la alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en bosque maduro y secundario por acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos, por el traslado y acopio de escombros y agregados y movimiento de maquinaria pesada.	250	<p>1. Planes de acondicionamiento final de las escombreras y planos detallando: actividades de descompactación, sitios de acopio de suelo orgánico y colocación de la capa superior, diseño y ubicación de obras de manejo de escorrentía y control de erosión (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>2. Planes, mapas y programación de la reforestación de escombreras detallando diseño de plantación mixta, composición florística y manejo silvicultura (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>3. Planes de reforestación y mapas para establecimiento de corredores biológicos mediante plantaciones mixtas y/o enriquecimiento (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>4. Cantidad y ubicación de árboles padres de fenotipo superior y programación de recolección de semilla y/o plántulas (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>5. Diseño del vivero, programación de producción anual por especie (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores) e informes mensuales de labores detallando tratamientos realizados e indicadores tales como registros de germinación, sobrevivencia, crecimiento y disponibilidad por especie, rendimientos de labores.</p> <p>6. Planes, mapas y programación del establecimiento y manejo de pantallas vegetales, detallando composición florística, diseño de plantación mixta y manejo silvicultural (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores). Programa de seguimiento, informes y bitácoras de seguimiento con indicadores de cumplimiento y desempeño tales como porcentaje de sobrevivencia mayor o igual al 70%, incremento medio anual en altura de al menos 0.75 m para especies de crecimiento medio y 1 m para especies rápidas. (Disponibles tres meses previos al inicio de las labores).</p> <p>7. Plan de manejo silvicultural detallando el programa de control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización, podas y raleos (Disponibles 1 año previo al inicio de las labores).</p> <p>8. Programa de seguimiento de la reforestación de escombreras, corredores biológicos y pantallas vegetales (Disponible tres meses previo al inicio de las labores). Informes y bitácoras de seguimiento con los siguientes indicadores: a) porcentaje de sobrevivencia mayor o igual al 70% con resiembra durante los primeros 2 meses, b) incremento medio anual en altura de al menos 0.75 m para especies de crecimiento medio y 1 m para especies rápidas, con mediciones cada 3 años. En el caso de la reforestación de escombreras y corredores biológicos el indicador de cumplimiento será área reforestada, los indicadores de la efectividad de la restauración ecológica y la conectividad de bosques serán: a) Cantidad y abundancia de especies colonizadoras, tanto heliofitas durables como esciófitas. (Ver Sección 5.2.8) b) Caracterización de la estructura vertical y composición florística por estrato.</p>	Todos los indicadores excepto el 8 deben estar disponibles 1 año antes del inicio de las obras. Para el seguimiento de la reforestación, durante los primeros años de establecimiento los informes serán anuales; para etapas posteriores del desarrollo deberán ser cada 5 años.	1 año antes de las labores constructivas deben estar listos todos los indicadores, excepto los informes mensuales, bitácoras y mapas de seguimiento, los cuales se prolongan hasta la fase operativa y finalizan al cierre de la planta.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 03	Fase constructiva: Acciones de la matriz causa-efecto 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 2, 3, 7 y 11. Fase operativa acción 17.	Flora: Pastizal arbolado	Reducción de la cobertura de pastizal arbolado y alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en pastizal debido a la acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos.	Ley forestal N° 7575, su reglamento Decreto Ejecutivo N° 25721 y sus reformas.	1. Elaboración de planes de restauración de áreas afectadas por obras temporales, los cuales deben contemplar descompactación del terreno, colocación de una capa de suelo orgánico de 3 a 5 cm de grosor y revegetación del sitio. 2. Elaboración y operación de un programa de seguimiento para corroborar el cumplimiento y la efectividad de las medidas de control ambiental.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Restaurar el área de pastizal arbolado eliminada por las obras temporales. Compensar el área de pastizal arbolado eliminada por obras permanentes y la alteración de procesos fisiológicos y reproductivos de flora en pastizal debido a la acumulación de polvo sobre el follaje, flores y frutos.	50	1. Planes y mapas de restauración de áreas afectadas por obras temporales, detallando programación de labores, maquinaria, equipo y técnicas para la descompactación del terreno, colocación de capa superior de suelo orgánico y revegetación (Disponibles tres meses previo al inicio de las labores). Registro de implementación del programa de seguimiento señalado en esta medida	6 meses antes del inicio de las labores	Un año después del fin de la fase de construcción
MBPGB 04	Fase movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A, 1E, 1F, 1G, 1B, 1C, 1D, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11. Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 13.	Fauna acuática (Peces, crustáceos y macroinvertebrados)	Alteración del ciclo reproductivo y la sobrevivencia de la fauna acuática producido por la generación de lodos.	Decreto Ejecutivo 32079-MINAE 2004 "Código de Buenas Prácticas Ambientales. Decreto Ejecutivo 26042-S-MINAE	El diseño de las obras de construcción debe contemplar los elementos necesarios para la reducción de la carga de arrastre de sedimentos en los ríos y quebradas del AP, antes y durante la fase de construcción, que permita conocer las características y variaciones naturales de éstos indicadores en un contexto natural para poder medir el cambio generado por el impacto de las obras de construcción Montar un programa de reducción de la carga de arrastre de sedimentos en los ríos y quebradas del AP, previo y durante la fase de construcción. Diseñar planos constructivos de obras civiles (Sistemas de sedimentación) necesarios para reducir o disminuir la erosión y la carga de sedimentos que llega a los cuerpos de agua superficiales. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.2.9.4 y Anexo 6.4.1 medidas complementarias en biología de este documento.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Reducir el incremento en la concentración de sedimentos y la afectación de la fauna acuática existente en los ríos y quebradas del A, por efectos resultantes de las labores constructivas del proyecto.	190 (Los costos asociados a las obras civiles, no se incluyen en la implementación de esta medida, ellos serán contemplados en el presupuesto constructivo del proyecto. Solamente son presentados los costos correspondientes a los análisis biológicos, físico-químicos necesarios para cumplir la medida y su seguimiento.)	Informe periódico de resultados de Calidad del agua (fase de construcción mensual, operación trimestral) : Resultados del análisis fisicoquímico de las muestras y el resultado del análisis del índice BMWP modificado los cuales, deberán ajustarse a los límites establecidos dentro de la legislación ambiental vigente y no sobrepasar el valor máximo de la concentración máxima permisible (mg/l) de los parámetros: DBO5, OD, DQO, Sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales. En lo posible no sobrepasar los valores de sólidos en suspensión registrados en avenidas naturales de los ríos del sitio impactado por las obras dentro del AP. Frecuencia de monitoreo: el establecido por la legislación vigente y en cuanto a sedimentos, en lo posible realizar semanalmente observaciones de fácil medición de campo durante la fase de construcción y mensualmente los demás parámetros. Informe de Diseño de obras de retención de sedimentos: Dentro de los planos de diseño de las obras constructivas (excavaciones, rellenos, caminos, infraestructura, escombreras) deberán incluirse y detallarse los diseños de las obras de retención de sedimentos y prevención de la erosión, así como las obras de estabilización y recuperación ambiental de los sitios alterados por la actividad constructiva, dichas obras deberán aparecer localizadas dentro del plano constructivo.	Un año antes del inicio de las obras del PG Borinquen.	Un año después del fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 05	Fase de construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 4, 12. Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 9, 14, 15, 18.	Fauna acuática (Peces, crustáceos y macroinvertebrados)	Alteración de la fauna acuática por contaminación de hidrocarburos y sustancias químicas peligrosas.	Ley Orgánica del Ambiente No. 7554, Ley de Aguas.	<p>1 Diseño y operación de un programa de monitoreo químico de las aguas de los ríos y quebradas del AP durante la fase de construcción, que permita detectar y prevenir afectaciones a la fauna por el uso de aguas jabonosas ,productos de limpieza e hidrocarburos</p> <p>2 Además implementar un programa de monitoreo visual que incluya plan de contingencia el cual detecte, prevenga y atienda eventuales derrames y malas prácticas en el manejo de sustancias químicas peligrosas e hidrocarburos. Así mismo contar con el Kit para la contención de derrames y programa de capacitación al personal sobre su uso</p> <p>3 Diseñar planos constructivos de obras civiles necesarias para el almacenaje y manipulación de hidrocarburos y sustancias peligrosas. Para mayor detalle referirse a la Sección 5. 2. 9. 4 y Anexo 6.4.1 (Medidas complementarias biología) de este documento.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Reducir la contaminación ocasionada por hidrocarburos y sustancias químicas peligrosas que afecten la fauna acuática existente en los ríos y quebradas del AP por efectos resultantes de las labores constructivas del proyecto.	25	<p>1 Informe de resultados de Calidad de agua: Resultados de los análisis fisicoquímicos (muestra de hidrocarburos los cuales deben de estar dentro de los límites establecidos por la legislación vigente)</p> <p>Frecuencia de monitoreo: Semestral fase de construcción, hidrocarburos cuando se detecte derrames o una posible contaminación.</p> <p>Informe o bitácora de inspecciones visuales: Resultado de las observaciones realizadas diariamente por todo el AP para detectar malas prácticas y derrames.</p> <p>Frecuencia de las inspecciones en los sitios de almacenamiento y manipulación de estas sustancias y áreas de trabajo: Diaria.</p> <p>Informe sobre diseño de sitios para almacenaje de hidrocarburos y sustancias tóxicas: Dentro de los planos de diseño de las obras constructivas (excavaciones , rellenos, caminos , infraestructura) deberán incluirse y detallarse los sitios y diseños de las obras para el almacenamiento adecuado de hidrocarburos (plancha de cemento , techado y cercado con muro de retención , y canales perimetrales para la conducción de eventuales derrames a trampas de hidrocarburos, rotulación de equipo para dispensar hidrocarburos rotulación de sustancias mediante NFPA 704 etc.), dichos sitios deberán aparecer localizados dentro del plano constructivo.</p> <p>Informe o bitácora sobre monitoreo de control y limpieza de derrames: Dentro de las obras deberá existir protocolo para atención de derrames , equipo y materiales para atención de derrames (productos manufacturados para la absorción y retención de derrames) así como depósitos rotulados para el acopio de residuos de hidrocarburos y sustancias tóxicas</p> <p>Frecuencia de monitoreo: mensual. Los costos asociados a las obras civiles, no se incluyen en la implementación de esta medida, ellos serán contemplados en el presupuesto constructivo del proyecto. Solamente son presentados los costos correspondientes a los análisis físico-químicos necesarios para cumplir la medida y su seguimiento. Además debe de haber al menos dos personas por frente, capacitados en contención de derrames.</p>	Inicio de obras de construcción e ingreso de maquinaria al área de proyecto, PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 06	Fase movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G. Fase de construcción. Número de acción de la matriz causa-efecto: 11.	Biología – Mamíferos	Alteración del hábitat de la fauna silvestre por eliminación de la cobertura vegetal	<p>Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554</p> <p>Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317</p> <p>Ley de Biodiversidad, N° 7788</p> <p>Ley Forestal, N° 7575</p> <p>Reglamento a la Ley de conservación de la Vida Silvestre, DE N° 32633-MINAE</p> <p>Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América,</p> <p>Ley N° 3763 Ley Convenio sobre diversidad biológica,</p> <p>Ley N° 7416 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005 y 2013</p>	<p>Reforestación en áreas aledañas y diseño de conformación final de escombreras.</p> <p>La reforestación debe contemplar especies que se encuentran en el lugar antes de la intervención, para que las especies de fauna tengan acceso a los recursos necesarios para su adecuado desarrollo.</p> <p>Esta medida debe implementarse en las áreas aledañas a los sitios intervenidos, procurando conectividad con parches de vegetación adyacente.</p> <p>Se debe dar mantenimiento de las áreas reforestadas, para garantizar el desarrollo exitoso de los individuos plantados.</p> <p>Debe realizarse monitoreo mensual de mamíferos en las áreas intervenidas, para determinar tanto el impacto real, como la efectividad de la medida propuesta e implementar correcciones de ser necesario y se debe continuar el monitoreo durante una semana, cada seis meses, al menos 5 años después del inicio de la fase operativa del proyecto, cuando las áreas reforestadas hayan alcanzado cierta madurez.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Compensar la eliminación de cobertura vegetal en áreas aledañas que no estarán sujetas a intervención por parte del proyecto, de forma que se garantice la disponibilidad de hábitats similares para las especies de mamíferos presentes en las áreas afectadas.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico del proyecto	<p>Registro fotográfico de los sitios reforestados, antes y después de la intervención y de la reforestación.</p> <p>Registros trimestrales de monitoreos para determinar presencia de las diversas especies de mamíferos en las diferentes etapas de desarrollo de los sitios reforestados.</p>	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Debe continuar se el monitoreo de mamíferos durante una semana, cada seis meses, al menos 5 años después del inicio de la fase operativa del proyecto, cuando las áreas reforestadas hayan alcanzado cierta madurez.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 07	Fase de construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 2, 3 y 7. Fase de operación (mantenimiento). Número de acción de la matriz causa-efecto: 14 y 17.	Biología - Mamíferos	Riesgo de atropello y estrés de mamíferos que se trasladan por las vías de acceso de maquinaria pesada que transporta materiales hacia las escombreras y agregados. Interrupción de paso de grandes mamíferos y establecimiento de barrera permanente para paso de mamíferos debido a la presencia de tubería bifásica y tuberías del sistema de reinyección.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317, Ley de Biodiversidad, N° 7788 Reglamento a la Ley de conservación de la Vida Silvestre, DE N° 32633-MINAE Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, Ley N° 3763 Ley N° 7416, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002	Determinar las rutas de paso de fauna en los caminos dentro del AP. Regular la velocidad de tránsito vehicular, colocando señalización vial y junto a éstos avisos de precaución que indican presencia de animales en la vía. Considerar las diferentes especies de fauna presentes en el AP para el Diseño y establecimiento de puentes y túneles de paso para la fauna (pasos aéreos como terrestres). Los pasos para fauna subterráneos serían tipo alcantarilla, dimensionadas según el tipo de fauna en los lugares que se identifiquen críticos, según lo permitan las condiciones topográficas. Los puentes de paso aéreos se colocarían en los sitios que se consideren necesarios por el biólogo de planta dentro del bosque maduro en el sector de la plataforma 9 a lo largo del sector de bosque que es intervenido por la tubería, las características de estos puentes, se establecen con base en experiencias exitosas documentadas por le Biól Michael Rodríguez R. (com. pers.), para el Proyecto Líneas de Transmisión del Atlántico y son las siguientes: - Longitud de cada puente 50 metros - Construido con: mecate sintético de 25 mm y 19 mm de diámetro, tubo de pvc, gazas de metal y manguera verde transparente de 31mm o más En el siguiente enlace, está disponible un video donde se detalla la elaboración, instalación y operación de dichos puentes: http://sabpysa01/boletinAmbiental/multimedia/puentesEcologicos.html , Adicionalmente por debajo de la tubería en la medida de lo posible debe quedar un espacio aproximado de 1,5 metros que facilite el paso de los mamíferos grandes. Esta elevación puede estar dada por la altura que alcanza la tubería al ser colocada sobre los bloques de concreto o bien por excavaciones bajo algunos tramos de la tubería. Bajo la premisa que la longitud de la tubería dentro del área de bosque maduro tendría una longitud aproximada de 1,5 km, se deberían instalar 8 puentes de paso para mamíferos arborícolas, con un costo unitario aproximado de \$358 USA cada uno (tipo de cambio 502¢/\$), lo cual tendría un costo estimado total de \$2 869 USA.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Reducir la muerte de mamíferos silvestres por atropello a raíz del tránsito vehicular en general y de maquinaria pesada, así como el estrés y desplazamiento ocasionado por estos mismo factores.	10 Puentes de paso aéreos \$2640,39. Cámaras trampa \$6446	Presencia de rótulos restrictivos de velocidad para los vehículos y maquinaria en general por las vías de acceso a las áreas de proyecto. Mantener inspecciones en las vías, que cumplan la función de fiscalización de cumplimiento de las restricciones de velocidad por parte de los conductores Monitoreos semanales a través de la observación de campo por personal del área de biología y a través de la implementación de las medidas más adecuadas. Los monitoreos deben realizarse cada semana durante los tres primeros meses para verificar el uso que le dan los mamíferos (tarea previa a la ubicación de los puentes de paso para mamíferos.) Informe sobre especies de fauna presentes y rutas de paso utilizadas	Fase preconstructiva del proyecto, previo al ingreso vehiculos y maquinaria al área de proyecto, PG Borinquen.	La fiscalización de la velocidad de tránsito por parte de personal de campo, al finalizar de la fase de construcción. Los puentes de paso y los rótulos de precaución deben quedar de forma permanente en el lugar.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 08	Fase de operación. Número de acción de la matriz causa-efecto: 12.	Biología - Mamíferos	Modificación de hábitos alimenticios de algunos mamíferos silvestres que se podrían ver atraídos hacia los sitios donde se disponen los desechos, también podría incrementarse la población de roedores (ratas) o especies plaga.	<p>Ley de Bienestar Animal, N° 7451</p> <p>Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554</p> <p>Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317</p> <p>Ley de Biodiversidad, N° 7788</p> <p>Ley Forestal, N° 7575</p> <p>Reglamento a la Ley de conservación de la Vida Silvestre, DE N° 32633-MINAE</p> <p>Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, Ley N° 3763</p> <p>Ley Convenio sobre diversidad biológica,</p> <p>Ley N° 7416</p> <p>Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005</p>	<p>Considerar desde el diseño, infraestructura con aislante de ruido.</p> <p>Durante la fase operativa y en la medida de lo posible en la fase constructiva instalar pantallas aislantes de ruido en los sitios que sean identificados por el biólogo de planta. Mediante el monitoreo de ruido en los sitios donde haya construcción infraestructura, pozos en operación y casas de máquinas</p> <p>La frecuencia del monitoreo de los niveles de ruido la definirá el biólogo de campo en acuerdo a las necesidades identificadas por éste</p> <p>Mantener los equipos (maquinaria) en óptimas condiciones para reducir los niveles sonoros, mantener los niveles de ruidos dentro los permitidos en el marco legal ,</p> <p>Debe verificarse que se cumpla con la legislación vigente.</p> <p>Establecer Plan de manejo de residuos sólidos ordinarios apegado a directrices del SIGIR</p> <p>El biólogo de planta deberá coordinar las acciones necesarias para la atención y tratamiento clínico para la fauna impactada en sitios de obras e implementar el tratamiento clínico básico a individuos rescatados que presente algún signo o síntoma de enfermedad, herida o que sean pichones, neonatos o crías. Aplicar protocolo de aspectos clínicos (en proceso de normalización</p>	<p>Director del Proyecto -</p> <p>Director del CS Recursos Geotérmicos –</p> <p>Director del Centro de Generación</p> <p>(equipo de gestión ambiental – del proyecto - del campo geotérmico – de la planta)</p>	Reducir el estrés y desplazamiento de mamíferos silvestres a causa del ruido y actividad humana.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico del proyecto	<p>Contenedores de residuos en lugares cerrados.</p> <p>Registro de firmas de personal capacitado e informado del plan de manejo de residuos</p> <p>Presencia de rótulos informativos acerca de la prohibición de alimentar fauna silvestre.</p> <p>Registro de animales silvestres encontrados en el área del proyecto (AP) y atendidos por el personal a cargo</p> <p>Registro de cantidad y tipo de residuos sólidos ordinarios generados</p>	Inicio de actividades de la fase constructiva del proyecto.	Cierre operativo del proyecto.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 09	Fase de operación. Número de acción de la matriz causa-efecto: 15.	Biología - Mamíferos	Desplazamiento de mamíferos no tolerantes a emisión de gases (H ₂ S), en sitios donde antes no se presentaban estas emisiones	<p>Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317 Ley de Biodiversidad, N° 7788 Ley Forestal, N° 7575</p> <p>Reglamento a la Ley de conservación de la Vida Silvestre, DE N° 32633-MINAE Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, Ley N° 3763 Ley Convenio sobre diversidad biológica, Ley N° 7416 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005 y 2013</p>	<p>Previo al inicio de la fase operativa se deben revegetar áreas aledañas al sitio de casa de máquinas-para que la fauna que requiera desplazarse, y que esta revegetación garantice la conectividad hacia otras áreas con cobertura vegetal-</p> <p>Realizar un monitoreo mensual durante un año previo a la entrada en operación de la planta, para recabar datos de diversidad y abundancia relativa de mamíferos en los alrededores.</p> <p>Realizar un monitoreo mensual (IDEM) durante un año posterior a la entrada de operación, a un año y cinco años después de la entrada en operación de las torres de enfriamiento, recabar datos de diversidad y abundancia relativa de mamíferos en los alrededores y determinar si sus poblaciones están siendo impactadas por las emisiones gaseosas y si hacen uso de las áreas de conectividad para desplazarse hacia otros sitios.</p>	<p>Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – de la planta)</p>	<p>Establecer conectividad de áreas con cobertura vegetal para que los mamíferos que se vean afectados por las emisiones gaseosas (H₂S), puedan trasladarse de forma segura hacia zonas donde no hay este tipo de emisiones.</p>	<p>Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico y de la planta del proyecto</p>	<p>Cobertura vegetal en las áreas aledañas al perímetro o cercado de las torres de enfriamiento que tengan conectividad con parches de bosque / Cobertura vegetal de área afectada por emisiones</p> <p>Registros de datos de monitoreos trimestrales de fauna antes y después de la operación de las torres de enfriamiento.</p>	<p>Un año antes del Inicio de actividades de la fase constructiva del proyecto.</p>	<p>Durante la fase constructiva y operativa del proyecto.</p>

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 10	Fase de operación. Número de acción de la matriz causa-efecto: 19.	Biología - Mamíferos	Contaminación lumínica que afecta los ciclos biológicos de algunos mamíferos que habitan los alrededores del campo geotérmico.	<p>Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N° 7317</p> <p>Ley de Biodiversidad, N° 7788 Ley Forestal, N° 7575</p> <p>Reglamento a la Ley de conservación de la Vida Silvestre, DE N° 32633-MINAE Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, Ley N° 3763</p> <p>Ley Convenio sobre diversidad biológica, Ley N° 7416 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013</p>	<p>Instalación de luminarias de luz amarilla o la recomendada para disminuir la afectación a la fauna por contaminación lumínica, o luces de neón (por ser más opacas), los dispositivos de alumbrado (lámparas), deben estar diseñados de forma que la iluminación se dirija hacia el suelo y no hacia arriba ni hacia los lados, para reducir la influencia de la luz hacia áreas aledañas. Según estudio realizado en la ST Cahuita por Arias & Rodríguez (2010), para disminuir este impacto se recomienda el uso de cobertores grandes en forma de campana (produce menor iluminación hacia el ambiente y mejor iluminación hacia el suelo), es decir, dirigir la luz en forma vertical, enfocada hacia el suelo, colocada aproximadamente a 8,5 metros de altura (aro de iluminación aproximado de 33 metros). Instalar las luminarias estrictamente necesarias.</p> <p>Realizar monitoreo mensual durante un año previo a la instalación de luz artificial, para recabar datos de diversidad y abundancia relativa de mamíferos en los alrededores.</p> <p>Realizar monitoreo mensual durante un año posterior a la instalación de luz artificial, para recabar datos de diversidad y abundancia relativa de mamíferos en los alrededores y determinar si sus poblaciones están siendo impactadas por el tipo de iluminación que se está usando, de ser así, implementar medidas correctivas.</p>	Director del CS Recursos Geotérmicos – Director del Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del campo geotérmico – de la planta)	Disminuir el impacto ocasionado a los mamíferos por la presencia de luz artificial en el área de proyecto.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico y de la planta del proyecto	<p>Presencia de luminarias adecuadas según medida y diseño ambiental propuesta.</p> <p>Registros trimestrales de monitoreo de diversidad y abundancia de mamíferos, antes y después de la instalación de las luminarias.</p>	Un año antes del Inicio de actividades de la fase constructiva del proyecto.	Durante la fase constructiva y operativa del proyecto.

Número de medida	Actividad- acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 11	Movimientos de tierra para ampliación, construcción y acarreo. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10,11. Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 13.	Herpetofauna (anfibios y reptiles) y Ornitofauna (aves)	Perdida del hábitat Reducción de sitios de alimentación, reproducción y protección. Distorsión del comportamiento o por la modificación del paisaje. Migración a otros hábitats Baja de individuos o poblaciones por atropello vehicular, colecta o muerte. Contaminación de aguas, atmosférica y paisaje. Interrupción de paso de fauna (tuberías bifásicas, plataformas, lagunas).	Decreto Ejecutivo 32079-MINAE 2004 "Código de Buenas Prácticas Ambientales. Decreto Ejecutivo 26042-S-MINAE Convenio 7416: Convenio sobre Diversidad Biológica. Ley Orgánica del Ambiente NO 7574 Ley Conservación de Vida Silvestre No 7317 Ley Forestal No 7575 Ley de Biodiversidad No 7788 Convenio 7513: Convenio Centroamericano Regional sobre Cambio Climático. Ley General de Salud No 5395 Políticas Ambientales del Instituto Costarricense de Electricidad y Lineamientos Ambientales del Sector Energía del ICE. Ley No 7226 Convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. Ley de Aguas. No 276. Reglamento sobre el manejo de basuras No 190440-S Reglamento para el manejo de desechos peligrosos industriales No 27001-MINAE Reglamento sobre características de desechos peligrosos industriales No 27000-MINAE	Diseño y monitoreo biológico de herpetofauna y ornitofauna del AP antes y durante la fase de construcción, para identificar los cambios y fases de migraciones faunísticas y efectos antropogénicos en las fases antes y constructivas y de ejecución siendo estos indicadores de medición. Capacitación al personal de Proyecto en el manejo y protección de herpetofauna. Tener un personal capacitado para el manejo de fauna y debidamente equipado, dentro de las instalaciones y obras del AP en las fases antes, constructivas y de ejecución, el cual debe ser coordinado por un biólogo generalista de planta. Colocación de reductores de velocidad, señalización vial y capacitación del personal de obra del manejo de maquinaria y vehículos para reducir la ocurrencia de accidentes.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Reducir la pérdida o desplazamiento de herpetofauna y ornitofauna del Ap debido a la pérdida del hábitat por efecto de la fase constructiva y ejecución del Proyecto.	300	Elaboración de un inventario mensual de herpetofauna y ornitofauna para determinar efectos en morfología de la biodiversidad debido a cambios físicos y de forma del hábitat y para determinar en la fase constructiva y de ejecución de proyecto pérdida o efectos en las mismas poblaciones. Informe trimestral que integre los resultados de inventario y monitoreo de la herpetofauna y ornitofauna para determinar efectos antropogénicos en las mismas e iniciar medidas para reducir los posibles efectos negativos. Colocar dispersores de aves para reducir la mortalidad de aves por colisión con cables en el tramo de la LT a modificar por el Proyecto Monitoreo de la frecuencia del uso de puentes, pasos aéreos y terrestres de la fauna en los periodos señalados en el grupo de los mamíferos. Monitoreo de conectividad inducida por medio de parches de bosque. Monitoreo semestral de grados de contaminación en el entorno de las obras en particular calidad del agua (aceites y sustancias químicas, tratamiento de aguas negras, grises, químicas, escorrentía), atmosférica (ruido, partículas en suspensión, gases) y paisaje (estructuras, desechos, tubería bifásica, lagunas, luminarias).	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Continuar con inventario de herpetofauna y ornitofauna un año despues del fin de la fase de construcción del PG Borinquen. Se debe de continuar con el monitoreo de herpetofauna y ornitofauna hasta un año después de conclusión de la fase de construcción . Después de ese primer año mantener un monitoreo durante la fase de operación del proyecto con informes anuales según lo señalado en esta medida

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MBPGB 12	Fase de construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 4, 9, 12, 13. Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.	Herpetofauna (anfibios y reptiles) y Ornitofauna (aves)	Perdida del hábitat Ornitofauna aves, herpetofauna. Reducción de sitios de alimentación, reproducción y protección. Distorsión del comportamiento por el cambio del paisaje. Migración a otros hábitats. Baja de individuos o poblaciones por atropello vehicular, colecta o muerte. Colisión de aves por estructuras, edificios, tendido eléctrico. Contaminación de aguas, atmosférica y paisaje. Interrupción de paso de fauna (tuberías bifásicas, plataformas, lagunas).	Decreto Ejecutivo 32079-MINAE 2004 "Código de Buenas Prácticas Ambientales. Convenio 7416: Convenio sobre Diversidad Biológica. Ley Orgánica del Ambiente N0 7574 Ley Conservación de Vida Silvestre No 7317 Ley Forestal No 7575, Ley de Biodiversidad No 7788	Establecimiento de vías de pasos aéreos y terrestres para la fauna. Sucesión natural asistida con reforestación con especies nativas en sectores propuestos para conectividad de bosques.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Reducir la pérdida o desplazamiento de herpetofauna y ornitofauna del Ap debido a la pérdida del hábitat por efecto de la fase constructiva y ejecución del Proyecto.	30	Monitorear uso de puentes, pasos aéreos y terrestres de la fauna. Monitoreo trimestral de la conectividad inducida por medio de parches de bosque reforestados	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Continuar con inventario de herpetofauna y ornitofauna un año después del fin de la fase de construcción del PG Borinquen. Se debe de continuar con el monitoreo de herpetofauna y ornitofauna hasta el cierre de la fase de operación Después de ese primer año mantener un monitoreo durante la fase de operación del proyecto con informes anuales según lo señalado en esta medida
Costo								855			

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
FACTOR SOCIAL											
MSPGB 01	Fase movimientos de tierra. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11 Fase Operativa	Paisaje	Afectación en la calidad visual por cambios: formas, color, textura y trazos lineales del paisaje natural por la intrusión visual de las obras civiles o edificaciones temporales y permanentes.	Ley orgánica del Ambiente No. 7554, Reglamento para prevención de la contaminación visual, DE No. 35860-MINAET	Diseños de las edificaciones ajustados en la medida de lo posible a las formas y color del paisaje natural e implementación de vallas o pantallas vegetales que cumplan un papel de camuflaje o enmascaramiento.. Aprovechar al máximo los trazados lineales ya existentes (accesos) para la construcción de las obras civiles lineales. Para Mayor detalle referirse a la Sección 5.1.11 de este documento.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Disminuir el impacto visual sobre la escena natural del paisaje causado por el proceso de preparación de terrenos y construcción de edificaciones (obras civiles). Costo incluido en el presupuesto de construcción del Proyecto.	Costo incluido en el presupuesto de construcción del Proyecto	Creación de un registro fotográfico para evidenciar los cambios ocurridos antes y después del desarrollo de las actividades en el paisaje natural del sitio. Cantidad de diseños arquitectónicos acorde con paisaje / diseños arquitectónicos totales. Registro de las pantallas perimetrales construidas.	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen	Durante la fase constructiva y operativa del proyecto
MSPGB 02	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (8),(17)	Demografía / densidad de población Calidad de vida- salud- seguridad- educación.	Afectación en los patrones culturales y sociales de las comunidades del área de influencia social.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005, Ley General de Salud, N° 15395; Norma ISO 24000	1. Brindar asesoría técnica-a la comunidad Cañas Dulces para determinar la factibilidad de poner en funcionamiento el pozo perforado en el Colegio de Cañas Dulces 2. Diseño y construcción de plaza de fútbol en la comunidad de Agua Fría, en el terreno de la Asociación de Productores de Agua Fría; la comunidad se encarga de solicitar los permisos de construcción requeridos y el mantenimiento posterior de la plaza. 3. Zona de amortiguamiento vial que contempla rediseñar el acceso principal de los estudiantes a la Escuela de Curubandé por el costado oeste, además de la un Parque de juegos para la comunidad de Curubandé, con instalación de juegos infantiles , que se ubicaría a un costado oeste de la Escuela de Curubandé en terrenos de la Asociación de Desarrollo de Curubandé (ADI), para la ejecución de esta medida se requiere la aprobación por parte de la junta directiva de la ADI Curubandé y que realicen las gestiones de requisitos administrativos necesarias para la construcción. 4. Instalación de 600 metros de malla perimetral la toma de agua del acueducto de la comunidad de El Cedro, en coordinación con el comité de acueducto. 5. Construcción del salón comunal comunidad El Cedro en el terreno de la ASADA edificio de una planta 5 x 15 m 5. Dotar de instalación eléctrica del Salón Comunal de Buena Vista; ya que actualmente el mismo no cuenta con las condiciones para el servicio eléctrico. La comunidad requiere mejorar el espacio para la realización de actividades comunales que fomente la organización comunal, así como facilitar un lugar adecuado para que el ICE realice las reuniones comunales.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Compensar las condiciones socioeconómicas y necesidades de infraestructural comunal, en las comunidades del área de influencia social para armonizar el incremento en las tasas e índices demográficos, aumento en la demanda de servicios y la presión vial.	300	1. Registro de visitas y gestiones para poner en funcionamiento el pozo perforado del Colegio de Cañas Dulces. 2. Porcentaje de avance las actividades de responsabilidad ICE para la cancha de fútbol en la comunidad de Agua Fría -del plan de trabajo. 3. Diseño arquitectónico y construcción de parque de juegos, minutas de reunión con ADI Curubandé y Junta directiva de la Escuela de Curubandé. 4. Instalación de los 600 metros de malla perimetral del área de la toma de agua de la comunidad de El Cedro. 5. Diseño eléctrico e informe de proceso de avance de la instalación del cableado eléctrico salón comunal Buena Vista.	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen	Un año antes de la conclusión de la fase constructiva del proyecto

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 03	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7) y (8) Fase operativa	Demografía / densidad de población	Presión sobre la densidad poblacional en las comunidades por la presencia del campamento.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005, Ley General de Salud, N° 5395	1. Formular y ejecutar un plan de relación con las comunidades, para ello se debe constituir un Comité de Enlace con representantes de las comunidades del AID asignados por las organizaciones sociales de éstas. 2. Se debe contratar un sociólogo/a o profesional en ciencias sociales para llevar a cabo la formulación y ejecución de un plan de relación con las comunidades, con presupuesto anual para ejecutar acciones para el control y prevención de conflictos sociales en la etapa de construcción y especialmente de operación del proyecto. 3. Se dispondrá de un equipo técnico y social preparado para atender los impactos acumulativos y sinérgicos del medio social de los proyectos geotérmicos en la zona	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Propiciar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades del área e influencia social, propiciando el bienestar de su salud física, psicológica, su nivel de independencia, sus relaciones sociales, así como su relación con los elementos de su entorno. Costo asociado al proyecto	Costo asociado al proyecto	1. Formulación de un plan de relación con las comunidades previo al inicio de la fase de construcción. 2. Contratación de un profesional en ciencias sociales 3. Recursos básicos: transporte, equipo técnico y humano necesario para atender las denuncias e impactos acumulativos y sinérgicos del medio social del proyecto geotérmico Borinquen. 4. Llevar una bitácora de las actividades comunales atendidas	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen	Durante la fase constructiva y operativa del proyecto
MSPGB 04	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8)	Demografía / densidad de población Calidad de vida- salud- seguridad- educación.	Aumento de percepción de riesgo en las comunidades del área de influencia social por el incremento del flujo vehicular y personal del proyecto por las diversas acciones en la fase constructiva.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005, Ley General de Salud, N° 5395, Norma ISO 24000	1. Realizar giras educativas con grupos comunales y centros educativos del área de influencia social a campos geotérmicos en operación en la zona. 2 Marcar paso peatonal frente a la escuela de Cañas Dulces. Construcción de un tramo de acera en tramo de 50 m en la salida lateral de la escuela.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Sensibilizar y propiciar que la población local aprenda del proceso de la generación geotérmica	50	1. Planes anuales de giras educativas. 2. Registro fotográfico, temarios y listas de asistencia a las giras educativas 3. Registro fotográfico de la ejecución de las obras civiles señaladas en esta medida.	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen	1. Fin de la fase de construcción del PG Borinquen 2. Inicio de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 05	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7)	Demografía / densidad de población Calidad de vida- salud- seguridad- educación.	Modificación de las dinámicas sociales por caminos de acceso al área del proyecto.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005, Ley General de Salud, N° 5395, Norma ISO 24000, Reglamento para la instalación de reductores de velocidad en las vías públicas, Decreto Ejecutivo No. 17415-MOPT.	1. Diseñar y ejecutar una campaña de educación vial en los centros educativos del área de influencia social para prevenir accidentes de tránsito. 2. Construcción de 800 metros de aceras en la comunidad de Curubandé. (Sección 8.2.1 de este documento) 3. Construcción de 3 reductores de velocidad en Curubandé. (Sección 8.2.1 de este documento) 4. Señalización del área peatonal para ingreso a la Escuela de Curubandé. (Sección 8.2.1 de este documento) 5. Colocación de malla perimetral en la Escuela de San Jorge 170 metros de malla por 2.4 metros de altura y portones frontales. Para mayor detalle referirse a la Sección 8.2.1 este documento.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prevenir en a las comunidades la posibilidad de ocurrencia de accidentes u otro tipo de riesgos asociados al aumento vehicular y de maquinaria pesada relacionada con el proyecto.	100	1. Informe de la implementación de las campañas de educación diseñada y su ejecución de previo a la fase constructiva del proyecto. 2. Construcción de las aceras, registro fotográfico. 3. Colocación de reductores de velocidad. 4. Colocación de la señalización y reductor de velocidad, registro fotográfico. 5. Colocación de malla perimetral en la Escuela de San Jorge, registro fotográfico. (Para ello se debe respetar los planos señalados en la sección 5.3.11)	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen	Inicio de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 06	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Infraestructura comunal	Percepción de riesgo en la población de la comunidad de Curubandé por la presión y demanda de servicios públicos para el uso en el campamento.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 Ley General de Salud, N° 5395	1. Elaborar e implementar un Plan de Ahorro Energético y uso eficiente del recurso hídrico para la operación del campamento. 2. Instalación de medidores de consumo hídrico en el campamento. 3. Reuniones con los representantes de la comunidad de Curubandé en el Comité de Enlace. 4. Diseñar e implementar un plan de gestión integral de residuos en el campamento y frentes de trabajo.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Promover la cultura ambiental en la población del campamento del Proyecto y brindar información clara a la comunidad de Curubandé. Costo asociado al proyecto	200	1. Informe de implementación del Plan de Ahorro Energético y uso eficiente del recurso hídrico. 2. Registros de consumo de agua potable del campamento, acciones correctivas realizadas. 3. Listas de asistencia y minutas de reuniones con el comité enlace. 4. Plan de gestión integral de residuos. Centros de acopio de residuos (sólidos, ordinarios, peligrosos, otros)	Un año antes del inicio de la construcción de las obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 07	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Infraestructura comunal	Expectativas de las comunidades del área de influencia social hacia el Proyecto y el ICE sobre la solución de problemas asociados a la infraestructura a comunal.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002, Ley General de Salud, N° 5395,	Como parte del plan de las relaciones con las comunidades señalado en la medida MSPGB 03 en la medida de lo posible se debe: 1 Colaborar con las mejoras de la infraestructura comunal de esta manera compensar a las comunidades del área de influencia social con acciones concretas, estudios, mejoras de centros educativos, salones comunales, centros o áreas recreativas o de otro tipo, según previa solicitud, estudio y la respectiva aprobación de la misma con un espíritu de buena relación entre vecinos y responsabilidad social	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Fomentar acciones enfocadas en la responsabilidad social de la institución. Prevenir potenciales conflictos sociales por medio de una adecuada atención de las expectativas y necesidades comunales, con respecto a la infraestructura vial y comunal.	100	1 Elaborar un protocolo para la atención de solicitudes comunales, donde se establezcan criterios de priorización de solicitudes.1. Listado de recepción de solicitudes comunales. 2. Informe de análisis y resultados de las solicitudes comunales. 3. Informe de las solicitudes comunales aprobadas y memoria sobre su ejecución.	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 08	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Infraestructura comunal	Presión en la infraestructura a comunal y red vial por el aumento del flujo vehicular y presencia institucional en las comunidades de influencia social directa.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2005, Ley General de Salud, N° 5395, Ley de Caminos Públicos. No 5060	<p>1. Mejorar la infraestructura vial de cada una de las comunidades, en los trayectos utilizados por el proyecto. Lo cual incluye valoración estructural y geotécnica de los puentes y su eventual reparación o reconstrucción, cambio de alcantarillas y mantenimiento de la carpeta asfáltica.</p> <p>2. Estudio estructural, geotécnico, hidráulico, diseño y construcción de un puente sobre el Río Blanco de 40 metros de longitud para uso peatonal y vehicular entre las comunidades de Curubandé y Agua Fría.</p> <p>3. Estudio estructural, geotécnico, hidráulico, diseño y construcción de un puente sobre el Río Tizate de 15 metros de longitud para uso peatonal y vehicular entre la comunidad El Pital y Hoteles Buena Vista y Borinquen</p> <p>4. Construcción de un tramo de acera de un 1 km de longitud en la ruta principal que atraviesa la comunidad de Cañas Dulces entre la salida del EBAS en dirección a la localidad de Buena Vista (Figura 8.2.1)</p>	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Asegurar las condiciones óptimas de la infraestructura comunal y vial de las comunidades del área de influencia social directa que serán impactadas por la presencia del proyecto.	315	<p>1. Informe de valoración técnica de la infraestructura vial, mejoras realizadas según las rutas utilizadas por el proyecto.</p> <p>2. Avance de las obras de construcción del puente sobre el río Blanco, registro fotográfico.1</p> <p>3. Bitácora con los planos o diseños del avance de la construcción de la infraestructura vial señalada en esta medida</p>	Un año antes del inicio de las obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 09	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Comercio / Desarrollo Local	Alteración a la paz y tranquilidad como valor social de las comunidades del área de influencia social. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.3.4.5 de este documento.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002, Ley General de Salud, N° 5395, Ley de Construcciones, No. 833	<p>1. Gestionar y colaborar en campañas informativas en conjunto con otras instituciones y empresas privadas, para incentivar la comercialización de productos locales y la prestación de servicios, a fin de volver más competitivos a los productores y negociantes de las comunidades del área de influencia social.</p> <p>2. Coordinar con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) la realización de un diagnóstico de necesidades de capacitación para las comunidades del área de influencia social.</p> <p>3. Formular y ejecutar un programa de fortalecimiento de las capacidades locales en las comunidades de influencia social directa del proyecto.</p>	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Fomentar el desarrollo local.	50	<p>1. Minutas de reunión con otras instituciones para coordinar acciones conjuntas, informe de actividades realizadas.</p> <p>2. Resultados del diagnóstico realizado por el INA, planes de capacitación comunal.</p> <p>3. Resultados del programa de fortalecimiento de las capacidades locales</p>	Inicio de las obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 10	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Comercio / Desarrollo Local	Aumento en la demanda de servicios como educación, salud, financieros, emergencias, seguridad, por parte del Proyecto en los distritos de Cañas Dulces y Curubandé.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002, Ley de Construcciones, No. 833	1. Construcción de un aula de 7x7 metros cuadrados para la Escuela de Curubandé, para que pueda dar respuesta a la demanda de nuevos estudiantes; esta medida está sujeta a la aprobación de la Junta de Educación y la Dirección de la Escuela de Curubandé, así como a la gestión de los permisos constructivos por parte de la comunidad. 2. Construcción de un aula de 7x7 metros cuadrados y dotar de iluminación el salón multi-usos de la Escuela Buena Vista 3.Elaborar e implementar un plan de educación ambiental para los centros educativos ubicados en las comunidades del área de influencia social. 4. Implementar un plan de capacitación en los centros educativos de Cañas Dulces, Buena Vista, Curubandé respecto a la gestión de residuos sólidos	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prevenir cambios significativos en las comunidades del área de influencia social, con respecto a expectativas positivas en cuanto a la mejora en la prestación de servicios básicos como a la demanda.	75	1. Planos, plan de trabajo e informe del proceso de avance de la construcción del aula par la Escuela de Curubandé. Minutas de reuniones y seguimiento acuerdos con los representantes o junta de educación de la Escuela de Curubandé. 2. Planos, plan de trabajo y diseños del proceso de avance de la construcción del aula par la Escuela Buena Vista , minutas de reunión con los representantes de la Escuela de Buena Vista o la junta de educación.	Inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 11	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16) y (17)	Comercio / Desarrollo Local	Demanda por prestación de servicios de electricidad y telecomunicaciones en la comunidad de Las Lilas.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002, Ley Constitutiva del ICE, No 449	1. Atender la solicitud de servicios por parte de la comunidad de Las Lilas, de manera que se asegure los servicios de telecomunicaciones que presta el ICE, de previo al inicio de la fase constructiva.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Generar las condiciones necesarias para que el ICE pueda brindar el servicio de telecomunicaciones en la comunidad de Las Lilas. Costo asociado al proyecto	25	1.Colaborar en la gestión con la FONATEL la instalación del servicio de internet en la Escuela Las Lilas 2.Colaborar en la gestión con la FONATEL para la instalación del servicio de telefonía pública en la comunidad Las Lilas	Un año antes del Inicio de la obras del PG Borinquen.	Inicio de fase construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 12	Número de acción (es) matriz causa - efecto (Fase constructiva) (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) / Fase operación (13), (14), (15), (16), (17), (18), (19) y (20)	Poder Adquisitivo	Aumento en el poder adquisitivo de la población debido a las fuentes de empleo generadas en las comunidades cercanas al sitio de campamento y área del proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002.	<ol style="list-style-type: none"> Contratar en la medida de lo posible no menos del 60% de mano de obra local, específicamente de las comunidades del área de influencia social. Se fomentará la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres. Coordinar las capacitaciones necesarias con el INA para promover entre los estudiantes de colegio, oportunidad de ingreso como mano de obra calificada al proyecto en su fase de construcción y operación. Realizar al menos dos ferias de empleo en las cabeceras de los distritos: Cañas Dulces y Curubandé. 	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Asegurar la igualdad de oportunidades en el acceso a las fuentes de empleo del proyecto, y a la contratación de bienes y servicios, para las comunidades del área de influencia social.	Costo incluido en el presupuesto de construcción y operación del campo geotérmico y de la planta del proyecto	<ol style="list-style-type: none"> Aplicación de las normas y procedimientos de selección de personal de la Institución. Registro de la mano de obra contratada en las comunidades del área de influencia social. Capacitaciones coordinadas y ejecutadas por el INA para suplir los requerimientos técnicos del proyecto. 	Inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 13	(Fase constructiva) Ampliación de accesos y construcción de accesos (1A)	Industria del turismo	Alteración de la actividad turística por cambios en el paisaje natural del sitio.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002, Reglamento para el control de la contaminación por ruido. DE 28718-S Reglamento de Transporte de Automotores de Caga Local. No. 15624	<ol style="list-style-type: none"> Negociación con los representantes del Hotel Borinquen para coordinar el cambio de rutas de los tour turísticos, con el objetivo de reducir el paso por frentes de construcción. Así como coordinación de acciones informativas que para advertencia a los visitantes y empleados de los hoteles de las actividades constructivas. Colocar rotulación en las áreas cercanas a las instalaciones de los hoteles Borinquen y Buena Vista que indique los trabajos que se están realizando y la advertencia de la entrada y salida de vehículos y maquinaria pesada. La señalización debe estar traducida al idioma inglés debido a que muchos turistas son extranjeros. En la fase operación del proyecto diseñar y coordinar con los Hoteles Borinquen y Buena Vista la implementación de una "Ruta de la Geotermia" como parte de un nuevo producto turístico, tomando en consideración los protocolos de operación de la planta geotérmica y la seguridad de los visitantes. Para mayor detalle referirse a la Sección 8.2.1 de este documento. 	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Prever la no ocurrencia de accidentes y fomentar las buenas relaciones con los actores sociales de la zona. Dar un valor agregado a la explotación geotérmica.	10	<ol style="list-style-type: none"> Minutas de la reuniones de negociación con los encargados de los hoteles Borinquen y Buena Vista, que evidencien el seguimiento a los acuerdos establecidos con los Hoteles Borinquen y Buena Vista. Señalización instalada en idioma español e inglés, registro fotográfico en sitios propuestos. Diseño de la "ruta de la geotermia", documento de propuesta, registro de reuniones del proceso de negociación y acuerdos con los encargados de los hoteles Borinquen y Buena Vista. Se requiere de acuerdos formales con las partes para su implementación en la etapa operativa de la Planta Geotérmica. 	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin fase de operación del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 14	Fase constructiva. Acción: traslado y acopio de agregados-movimiento de maquinaria pesada.	Calidad de vida- salud- seguridad- educación.	Aumento de afecciones respiratorias en la población de las comunidades presentes en la ruta principal de acarreo de materiales (agregados).	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013, Ley General de Salud, N° 53950	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración e implantación de una guía con las normas de comportamiento correcto en las comunidades y frentes de trabajo. 2. Los vehículos y maquinaria alquilada e institucional deben presentar rotulación visible que permita a los vecinos y usuarios de las vías poder denunciar el no acatamiento de las regulaciones. 3. Las vagonetas que circulen por las comunidades tendrán obligatoriamente utilizar cobertores para minimizar el polvo. 4. Solicitar semestralmente los registros de las afecciones respiratorias en los EBAIS del área influencia social 5. En las vías sin pavimento asfáltico que transite la maquinaria, (en zonas pobladas) el encargado de obra deberá gestionar para que se rocíe agua durante la época seca y días de mucho viento, para reducir las emanaciones de polvo y porvenir problemas respiratorios en la población. 	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Mitigar la afectación de la calidad de vida de la población del área de influencia social directa.	15	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento normativo y la implementación de un plan de capacitación al personal y contratistas del P.G. Borinquen para educar respecto al comportamiento correcto en las comunidades. 2. Informe de la divulgación comunal respecto a los medios para denuncias, quejas o sugerencias respecto a las conductas o acciones del personal y contratistas en las comunidades, registro de denuncias y medidas correctivas implementadas. 3. Monitoreos aleatorios registrados para verificar el acatamiento de la medida. 4. Informe de los registros epidemiológicos de los Ebais de la zona, frecuentados por los vecinos de las comunidades de influencia social directa del P.G. Borinquen. 5 Informes de control de riego implementado (diario semanal) 	Un año antes del inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen
MSPGB 15	(Fase construcción) Acción: Traslado y acopio de escombros-movimiento de maquinaria pesada (2)	Seguridad Vial.	Generación de riesgo de accidentes de tránsito a los habitantes de las comunidades presentes en la ruta de acarreo de agregados desde el sitio de extracción (tajo).	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013, Ley General de Salud, N° 5395, Norma ISO 24000, Reglamento de circulación por carretera con base en peso y las dimensiones de los vehículo de carga. Decreto Ejecutivo No. 31363-MOPT, Reglamento para la instalación de reductores de velocidad en las vías públicas, Decreto Ejecutivo No. 17415-MOPT, Ley de Caminos Públicos. No 5060	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción de tres reductores de velocidad en la comunidad El Cedro (Sección 8.2.1) 2. Implementar charlas de respeto de los límites de velocidad y normas de conducta en las comunidades al personal interno y contratistas, así como procurar la rotulación de los vehículos y maquinaria oficial y alquilada. 3. Gestionar con el Concejo Nacional de Vialidad (CONAVI) charlas de educación vial en las escuelas ubicadas en el área de influencia social. 4. Elaborar e implementar un Plan de Control de Velocidad que incluya habilitar un canal de comunicación telefónica y electrónica para la denuncia de comportamientos inadecuados por personal interno y contratistas por parte de los habitantes de las comunidades. 5. Comunidad de Buena Vista a) construcción de aceras 125 metros de longitud. b) colocación de dos reductores de velocidad c) señalización peatonal para el paso de estudiantes. (Sección 8.2.1) 6. Elaboración de un programa de seguridad y salud ocupacional que contemple la manipulación, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas para el proyecto geotérmico. 7. Diseñar y construir una ruta alterna para evadir el paso vehicular por el centro de lo localidad del El Cedro (Acarreo de agregados) 	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Asegurar las condiciones óptimas de la infraestructura comunal y vial de las comunidades del área de influencia social directa que serán impactadas por la presencia del proyecto	300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro fotográfico de los reductores de velocidad. 2. Plan de capacitación e informe de implementación. 3. Listas de asistencia y memoria de las actividades. 4. Implementación del plan de control de velocidad, registro de quejas, consultas y sugerencias por parte de habitantes de las comunidades, protocolos de atención de las mismas. 5. Informe y registro fotográfico de la implementación de medidas de seguridad vial en Buena Vista. Informes semestrales 6. Implementación del programa de seguridad y salud ocupacional, informes semestrales. 	Inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 16	(Fase constructiva) Acción: Construcción plataformas de perforación (5)	Calidad de vida- salud- seguridad- educación	Generación de riesgo de accidentes, posible surgimiento de molestias en los empresarios y habitantes de las comunidades presentes en la ruta principal de acceso para el traslado del equipo de perforación y electromecánico.	Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002y 2013, Ley General de Salud, N° 5395, Norma ISO 24000, Código Civil	1. Utilizar mecanismos de divulgación para informar a los grupos interesados, centros educativos, Asociaciones de Desarrollo, hoteles que estén dentro la ruta de paso cuando se vaya a realizar traslado de equipos (máquinas de perforación y equipo electromecánico) por las rutas de las comunidades. 2. El traslado de los equipos se debe realizar con las medidas de seguridad pertinentes que solicita el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Para prever no alterar o dañar la propiedad privada, en caso de tener que realizar modificaciones a la propiedad privada, se debe tener el consentimiento del dueño de manera escrita y definida la manera en que se compensará el daño.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Prever la no ocurrencia conflictos sociales con las comunidades de influencia social del proyecto. Costo asociado al proyecto	5	1. Informe mensuales de la implementación de mecanismos de divulgación comunal. 2. Informe de implementación de las regulaciones del MOPT en cuanto al traslado de este tipo de maquinaria y equipo pesado en vías públicas.	Inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de operación del PG Borinquen
MSPGB 17	Fase construcción. Número de la acción de la matriz causa - efecto: (1A), (7), (8), (10), (11). Fase de operación. Número de la acción de la matriz causa - efecto: (13).	Elementos históricos y culturales	Interacción cultural entre la población local aledaña al Área del Proyecto con los trabajadores foráneos provenientes de diferentes partes de la zona y del resto del país; debido al mutuo contacto y comunicación	Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013	1) El plan de relaciones con las comunidades deberá contemplar la implementación de un programa de charlas para inducción a los trabajadores y contratistas sobre cómo debería ser su comportamiento en relación con la población comunal. 2) Ofrecer a los trabajadores espacios de esparcimiento dentro del Campamento.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	1. Prever que el disfrute del tiempo de ocio de los trabajadores temporales no interfiera o altere lo cotidiano de la vida de la comunidad. 2) Prevenir que la interacción cultural entre los trabajadores temporales y la comunidad sea positiva y armoniosa. Asociado al costo del Proyecto	Costo asociado al proyecto	1) Programación de charlas para los trabajadores (cronogramas, temarios, listas asistencia). 2) Construcción de espacios para el disfrute del tiempo de ocio en el campamento.	Inicio de la obras del PG Borinquen.	Fin de la fase de construcción del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 18	Patrimonio Arqueológico	Patrimonio Arqueológico	Alteración del patrimonio arqueológico por movimientos de tierra para la construcción de obras PG Borinquen.	Ley Patrimonio Arqueológico Nacional, No. 6703, Reglamento de Trámites para los Estudios Arqueológicos Decreto Ejecutivo No. 28174-MP-C-MINAE-MEIC, Normativa Institucional "Procedimientos sobre trabajos arqueológicos en terrenos adquiridos o utilizados por el GRUPO ICE", Código 58.00.001.2009	<p>Implementación del siguiente Plan de Gestión de los Recursos Arqueológicos:</p> <p>I Etapa 1- Contratación de personal calificado para realizar estudios arqueológicos y cuadrillas de campo.</p> <p>2- Acondicionamiento de un laboratorio en el campamento para procesar las muestras recolectadas.</p> <p>3- El proyecto suministrará los materiales necesarios para las labores de campo y laboratorio, así como el equipo de cómputo.</p> <p>4- Capacitación al personal del proyecto con respecto al procedimiento a seguir durante los estudios y hallazgos arqueológicos.</p> <p>II Etapa 1. Se deberán realizar evaluaciones arqueológicas en aquellos terrenos destinados a la construcción de obras donde se identificaron sitios arqueológicos.</p> <p>2. Una vez definido el diseño final del campo geotérmico se deberá realizar una prospección arqueológica en aquellas obras que no fueron contempladas en este estudio y se darán las recomendaciones según sea el caso.</p> <p>3. Si durante los movimientos de tierra aparecen restos arqueológicos se deberá proceder según lo establece el artículo 11 de la Ley 6703.</p> <p>4. Se deberá elaborar una estrategia de divulgación de la labor arqueológica mediante charlas informativas (con material didáctico-brochurs, posters, etc.) en las comunidades cercanas o incorporando a los estudiantes (escuelas) mediante visitas guiadas a las excavaciones que se realicen con el propósito de conozcan, valoren y cuiden el Patrimonio Arqueológico Nacional. Para mayor detalle referirse a la Sección 5.3.12 en su apartado Medidas Mitigación y Compensación al final de esa Sección.</p>	Director del Proyecto - - (equipo de gestión ambiental del Proyecto)	Prevenir, mitigar y compensar el deterioro que la construcción del proyecto pueda ocasionar al Patrimonio Arqueológico	300	(Coordinador en arqueología PG Borinquen) Propuesta de trabajo marco que incluya todas las etapas de investigación arqueológica que se realizarán en el proyecto. (Arqueólogos contratados) Elaboración de propuestas de evaluación arqueológica de cada obra que deberán ser aprobadas por la Comisión Arqueológica Nacional (CAN) según la legislación vigente sobre patrimonio arqueológico. Monitoreo por parte de la CAN de las investigaciones que se realicen en el proyecto (visitas de campo y laboratorio), revisión y aprobación (oficios) de recomendaciones de cada informe final por obra evaluada Estrategia de divulgación de labor arqueológica a implementar en las comunidades del área de influencia social.	Un 1 año de antelación a los movimientos de tierra	Conclusión de fase constructiva o en el caso de que se declare alguna área como reserva arqueológica a deberá extenderse a la fase operativa

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 19	Ampliación y construcción de accesos (1 A). "Movimientos de tierra, limpieza, excavación, nivelación", de la Fase Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A.	Actividad Agro	Cambios en el acceso a mercados y abastecimiento de insumos agropecuarios (Ampliación y construcción de accesos).	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No. 7779 y su Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos N° 29375. Ley Forestal No. 7575.	<p>1 El plan de relaciones con las comunidades deberá contemplar la implementación de una estrategia de divulgación e información sobre las implicaciones en el mercado agropecuario que conllevará la obra (s) e inicio de la misma, a nivel comunal.</p> <p>2- Se deberá implementar un plan de acción para el monitoreo de la erosión en los sitios de obra "ampliación y/o construcción", que permitan la implementación de acciones correctivas en caso que se acelere el proceso erosivo en los terrenos colindantes. Para lo cual, se deben implementar técnicas de retención y/o medición de sedimentos con "Barreras Silt-Fence", para la estabilización de taludes entre otros (Tales obras de ampliación y construcción de accesos, pueden generar alta producción de sedimentos con arrastre hacia los ríos o quebradas, las cuales).</p>	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Cumplimiento de la normativa la normativa ambiental. Participación ciudadana. Y, manejo de suelos (microcuencia).	20	<p>1 Verificar la implementación del programa "estrategia" de divulgación e información comunal, antes del inicio de las obras (pormenores e implicaciones). El programa busca la mayor participación ciudadana en el desarrollo de sus comunidades.</p> <p>2 Llevar registro de asistencia a reuniones de divulgación e información comunal.</p> <p>3 Llevar registro de medición de sólidos en suspensión de los ríos o quebradas dentro del área de influencia directa (AID).</p>	<p>1. Un año antes del inicio de la construcción de las obras y durante éstas.</p> <p>2 Factibilidad Diseño Básico B: Fase de construcción del Proyecto PG. Borinquen</p>	Con el cierre de la Fase de Construcción.
MSPGB 20	Preparación de las plazoletas de perforación, preparación terrenos estaciones de separación. Sitios: Lagunas de reinyección, de las edificaciones CM, subestación y escombreras (1B, 1C, 1D, 1E, 1F, y 1G). Movimiento de tierras (limpieza, excavación, nivelación), de la Fase Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, y 1G.	Actividad Agro	Afectación del libre pastoreo del ganado en los sitios de obras civiles por la creación de barreras.	Ley de uso manejo y conservación de suelos, No 7779 y si Reglamento DE N° 29375 Ley Forestal 7575 y su Reglamento	<p>1. Facilitar el paso del ganado en los trazados de las tuberías transmisión de fluidos</p> <p>2. Estabilización de taludes en los sitios de preparación de plazoletas, escombreras y lagunas.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Cumplimiento de la normativa ambiental. Uso, manejo y conservación de los suelos. Manejo y cuidado de los animales (ganado), así como el resguardo laboral (Vaqueros).	40	<p>1 Verificar la construcción de los pasos del ganado en los puntos que requieran</p> <p>2 Llevar registro de la estabilización de taludes en el área del proyecto en particular en las colindancias de las áreas de pastoreo.</p>	<p>Un mes antes de la identificación de los sitios de obra y durante éstas.</p> <p>Fase de construcción del Proyecto PG. Borinquen.</p>	Fin de la fase de operación del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 21	Traslado y acopio de escombros - Movimiento de maquinaria pesada, Traslado y acopio de agregados - Movimiento de maquinaria pesada (2i, 3e). Fase Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 2 y 3.	Actividad Agro	Competencia en el uso de la red vial, referente al traslado de insumos, productos y del ganado	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No.7779 Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos y su Reglamento DE N° 29375. Ley Forestal 7575.	<p>1. Debe implementarse un programa de divulgación-coordinación del movimiento de maquinaria pesada (acarreo) a nivel local, así como dentro del área del AP con los administradores de las haciendas Borinquen y Buena Vista.</p> <p>2. Debe implementarse un plan de acción para la rutina del movimiento de maquinaria pesada "acarreos", que permita consensuar con los finqueros una estrategia de uso de la red de caminos dentro el área del proyecto (AP).</p>	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Cumplimiento de la normativa ambiental. Manejo y conservación del suelos. Manejo de sustancias peligrosas.	20	<p>1. Implementación del programa de divulgación del movimiento de la maquinaria entre los finqueros - coordinación, para prever la no ocurrencia de accidentes en animales y/o personas (vaqueros).</p> <p>2. Llevar registro de implementación de la estrategia consensuada con los finqueros referentes al uso de la red de caminos.</p>	Un mes antes del inicio de la actividad acarreo". A: Fase de construcción del Proyecto PG. Borinquen.	Con cierre en la Fase de Construcción
MSPGB 22	Manejo de sustancias peligrosas: aditivos - explosivos (4). Fase Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto. Fase Operación	Actividad Agro	Pérdida potencial de suelos por contaminación con sustancias químicas no controladas (Manejo de sustancias peligrosas).	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No. 7779 y su Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos N° 29375. Ley Forestal No. 7575. Ley General de Salud, No. 5395,	<p>1) Debe implementarse el protocolo de manejo de sustancias peligrosas (aditivos - explosivos). Comunicar e informar sobre la acción a los entes interesados; Áreas agropecuarias de las Hdas. Borinquen y Buena Vista (actividad ganadera), y administradores de los Complejos Hoteleros: Borinquen y Buena Vista Lodge (actividad eco-turística).</p> <p>2) Debe implementarse un plan de acción (fecha y hora), de traslado de esas sustancias. Para estar atentos a una eventualidad y/o accidente. Tomar acciones tanto en sitios ubicados dentro del AP, como del AID.</p>	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Cumplimiento de la normativa ambiental. Manejo y conservación del suelos. Manejo de sustancias peligrosas.	40	<p>1) Verificar la implementación del protocolo de manejo de sustancias peligrosas. Para reducir accidentes en animales y personas.</p> <p>2) Llevar registro de implementación de la estrategia para el manejo o transporte de sustancias peligrosas en los sitios de obra del AP.</p> <p>3) Responsable, el gestor ambiental del proyecto.</p>	Un mes antes del inicio del traslado de sustancias peligrosas. A: Fase de construcción del Proyecto PG. Borinquen.	Fin de la fase de operación del PG Borinquen

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 23	Construcción de plataformas de perforación. Construcción de estaciones separadoras y lagunas de reinyección. Construcción edificios de la CM, Montaje de obras electromecánicas y Construcción subestación compacta (5, 6, 8, 9 y 10). Fase Construcción. Número de acción (es) de matriz causa-efecto: 5, 6, 8, 9, 10.	Actividad Agro	Pérdida de productividad pecuaria por sometimiento de stress al ganado.	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No. 7779 y su Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos N° 29375. Ley Forestal No. 7575. Ley General de Salud, No. 5395	1. Elaborar e implementar un protocolo con las medidas necesarias para aislar al ganado de las áreas en construcción. Informar de previo a los administradores de las haciendas Borinquen y Buena Vista del inicio de la construcción de las obras civiles. 2. Montar vallas perimetrales para prever el estrés en el ganado.	Director del Proyecto - Director del CS Recursos Geotérmicos – (equipo de gestión ambiental del Proyecto – del Campo Geotérmico)	Cumplimiento de la normativa ambiental. Manejo y conservación de los suelos. Reglamento del bienestar de los animales.	60	1. Verificar la implementación del protocolo preventivo para reducir accidentes en el ganado. 2. Llevar bitácora con registro fotográfico de implementación de la estrategia en los sitios de obra del AP.	Tres meses antes del inicio de las obras de construcción del Proyecto.	Fin de la fase de operación
MSPGB 24	Torre de enfriamiento - emisión de gases no condensables H ₂ S (15). Fase de operación. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 15.	Actividad Agro	Potencial pérdida de productividad agropecuaria por exposición a gases no condensables H ₂ S.	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No. 7779 y su Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos N° 29375. Ley Forestal No. 7575. Ley General de Salud, No. 5395	1. Se deberá implementar un plan de monitoreo mensual (medición y seguimiento) del pH de la lluvia, así como de la presencia de H ₂ S en el aire. 2. Los registros de las concentraciones de los gases no condensables emitidos en las torres de enfriamiento deben estar a disposición pública cuando sean así solicitados 3. Efectuar un muestreo y análisis completo del tejido foliar en pastos y especies frutales representativas en el AP un año previo a la entrada de operación de la planta y cinco años después de su puesta en marcha.	Director del Proyecto Director del CS Recursos Geotérmicos – Director Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del Proyecto - Campo geotérmico - de la Planta)	Cumplimiento de la normativa ambiental. Manejo y conservación de los suelos. Reglamento del bienestar de los animales.	60	1. Registros del plan monitoreo del pH de la lluvia y calidad del aire en el AP. 2. Registros de las concentraciones de los gases no condensables emitidos en las torres de enfriamiento 3. Registros de los resultados de los análisis foliares de los dos muestreos un año antes del inicio fase de construcción y otro cinco años después de la entrada en operación	Un año antes del inicio de la fase de operación.	Con el cierre de la fase de operación.
MSPGB 25	Ampliación y construcción de accesos (1 A). Fase Construcción. Número de acción (es) de la matriz causa-efecto: 1A.	Habitacional (Tenencia de la tierra).	Cambio en la tenencia de la tierra por mejora en los accesos. (Ampliación y construcción de accesos).	Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No. 7779 y su Reglamento a la ley uso, manejo y conservación de los suelos N° 29375. Ley Forestal No. 7575. Ley General de Salud, No. 5396	1. Como parte del plan de relaciones con las comunidades (MSPGB03) se debe implementar una estrategia para el asesoramiento, comunicación y participación sobre las implicaciones que conllevarán la mejora y construcción de accesos en la plusvalía de las tierras con el fin de reducir la expulsión de sus propietarios por motivos de especulación y venta de propiedades.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Cumplimiento de la normativa la normativa ambiental. Participación ciudadana	20	1 Estrategia de comunicación señalada 2. Registros de las reuniones con el Comité de Enlace en las que se abordó la estrategia de comunicación. 3. Llevar registro de asistencia a reuniones de divulgación e información comunal en tema de la tenencia de la tierra.	Un año antes del inicio de la construcción las obras y durante éstas.	Con el cierre de la Fase de Construcción.

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MSPGB 26	Fase de Operación. Numero de acción, (17) y (18)	Red suministro servicios: agua, luz, tel., etc.	Aumento en la demanda del servicio básico de agua potable	Ley de Aguas No. 276 Ley General de Agua Potable No.1634 Ley General de Salud, No. 5395 Ley Orgánica del Ambiente, No. 7554 Reglamento para la Calidad del Agua Potable DE-32327-S	1) Establecer una política interna con el fin de reducir el consumo de agua para reducir su desperdicio. Según la instrucción técnica PE-80-IT-92-001. En procura de un consumo óptimo y mediante monitoreos garantizar la calidad de agua para consumo humano y para las actividades productivas. 2) Construcción de un acueducto para el abastecimiento de agua para el consumo en las instalaciones de la planta geotérmica	Director del Proyecto – Director Centro de Generación (equipo de gestión ambiental del proyecto y de la planta)	Monitorear el agua utilizada para consumo del personal con el fin de que su calidad no represente riesgo para la salud de los trabajadores del Centro de producción. Garantizar la reducción en el consumo evitando el desperdicio verificar la calidad del agua para consumo humano. Costo contemplado en el presupuesto de operación de la planta.	300	Acueducto habilitado previo a la entrada en operación de la planta geotérmica Borinquen. Monitoreos de la calidad del agua de consumo, de acuerdo a lo establecido en la legislación nacional Política interna para economizar el uso del agua.	Inicio fase constructiva	Medida 1 Fase de abandono de la planta (final de la vida útil). Medida 2) Cierre de la fase de construcción
Costo								2405			

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
LÍNEA TRANSMISIÓN											
MTPGB 01	(11) Construcción del enlace de transmisión tramo LT a 230 Kv	Paisaje	Intrusión visual al paisaje por la presencia de las estructuras de soporte del tendido	Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto, Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC Reglamento para prevención de la contaminación visual. DE No. 35860-MINAET	Uso de estructuras tipo Poste para atenuar el impacto visual	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Atenuar el impacto sinérgico en el paisaje por la presencia de nuevas estructuras de transmisión mediante uso de postes para estructuras de apoyo de las derivaciones de LT Orosí – Pailas	8	Numero de postes instalados. / Numero de estructuras instaladas	Diseño Construcción	Aprobación diseño Fin de construcción
MTPGB 02	(11) Construcción del enlace de transmisión tramo LT a 230 Kv	Suelo, atmósfera, red hídrica local	Generación polvo o sedimentos (accesos y excavaciones de los cimientos).	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC), Ley de uso, manejo y conservación de suelos, No 7779	Maquinaria en buen estado, dispositivos de retención de suelo, cubrir depósitos temporales de suelo con toldos: Diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de retención de sedimentos	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Atenuar impactos por emisiones de maquinaria, aporte de polvo a la atmósfera y/o sedimentos a la red hídrica local. Instalación de cabinas sanitarias en frentes de trabajo.	Costo considerado en el presupuesto de construcción Proyecto	Existencia de sistemas de retención sedimentos o sedimentadores.	Inicio de proceso constructivo	Fin de proceso constructivo

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MTPGB 03	(20) Recolección, disposición de desechos sólidos y líquidos - Operación de la subestación	Suelo, red hídrica local	Contingencia o riesgo de derrames de aceite aislante de transformadores que contamine el suelo o la red hídrica.	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC) Ley Conservación y uso de suelos No. 7779, Ley General de Salud No 5395, Ley de Aguas No. 276	Se deberán incluir una pileta colectora en el cimiento de cada transformador y un tanque recolector diseñado con un volumen que tenga la capacidad para contener la totalidad del volumen del aceite del transformador. Cada tanque debe ser diseñado de tal manera que en el caso de fuego durante el derrame el aceite no se inflame.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prevenir aportes de aceite dieléctrico al suelo o red hídrica, los tanques recolectores de aceite deben estar aislados del sistema de drenaje de aguas pluviales de la subestación para disminuir aportes de agua contaminada la red hídrica local.	Costo asociado al diseño standart de una ST ICE	Diseño y montaje de los dispositivos colectores de aceites.	Diseño Construcción	Aprobación diseño Fin de construcción
MTPGB 04	(20) Recolección, disposición de desechos sólidos y líquidos - Operación de la subestación	Suelo, red hídrica local	Contaminación por vertido de sustancias químicas y gases (Aguas - atmósfera)	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC), Ley de Aguas No. 276	Materiales contaminantes tales como gas SF ₆ , combustibles, lubricantes, aceite aislador para transformadores entre otros, deben almacenarse en un lugar cuyo piso sea impermeable y guarde las condiciones necesarias para el almacenaje, las cuales se especificarán en el diseño de la obra.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prevenir aportes al suelo o red hídrica	Costo asociado al diseño standart de una ST ICE	Diseño y construcción del sitio de almacenamiento de sustancias peligrosas acorde con lo establecido en la legislación nacional y el SIGIR. Instalación de detectores de fugas del gas SF ₆ . Bitácora seguimiento del mantenimiento del sistema de monitoreo del manejo de los compuestos señalados en esta medida	Diseño Construcción	Aprobación diseño Fin de construcción Operación de la ST
MTPGB 05	(16) Equipo electromecánico - Presencia de la ST	Paisaje	Intrusión visual en el paisaje por la construcción de la subestación (complejo de generación).	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC) Reglamento para prevención de la contaminación visual, DE No. 35860-MINAET	Dado lo sensible que la variable paisajística es en el entorno del proyecto y las condiciones propias de una central geotérmica que propicia la corrosión, se recomienda que la subestación (ST) eléctrica de PG Borinquen sea de tipo compacto y encapsulada.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Atenuar el impacto sinérgico generado por la presencia de la subestación. Al reducir los costos de mantenimiento provocados por la invasión de la fauna silvestre al plantel (El sitio posee una lata abunda	Costo considerado en el presupuesto de construcción Proyecto	Diseño y Construcción de subestación eléctrica tipo GIS	Diseño Construcción	Aprobación diseño Fin de construcción

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MTPGB 06	(16) Equipo electromecánico - Presencia de la Línea de transmisión	Medio social	Creación de expectativas en las comunidades a nivel local. Generación de campos eléctricos y magnéticos	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC)	Incorporar al plan de Comunicación y Relación con las Comunidades un encargado de Relaciones con el Entorno para asegurar que la población cercana tenga información clara en materia de los campos electromagnéticos antes del inicio de las obras y aclare todas las dudas que le sean externadas.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prever la ocurrencia de temores infundados/rechazo a las obras de transmisión	2	Incluir el tema de los campos electromagnéticos dentro el plan de comunicación y relación con las comunidades. Registró documental de Organizaciones y Líderes comunales. Registros documentales de la relación comunal (minutas, listas de asistencia, convenios, finiquitos etc.)	Inicio de proceso constructivo	Fin de proceso constructivo
MTPGB 07	(12) Producción de desechos campamentos e instalaciones.	Suelo, red hídrica local, medio social.	La disposición inadecuada de los desechos en la fase de construcción (papel, plástico, sobrantes de pintura, escombros etc.)	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC) Ley para la Gestión integral de residuos, No. 8839 y Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos DE 37567-S-MINAET-H	El Constructor deberá diseñar y presentar para aprobación por parte Ingeniero Inspector la dirección del proyecto un plan de clasificación y manejo de residuos producto del proceso constructivo, enfatizando en la recuperabilidad y reciclaje de la fracción que cumpla esta condición. Elaboración y ejecución de Plan de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales. Capacitación de Residuos solidos	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	El manejo no adecuado de desecho constituye un riesgo moderado para la calidad del entorno, la población cercana y/o la actividad turística pueden verse afectada.	2	Plan de clasificación y manejo de residuos producto del proceso constructivo. Diseño y Construcción de Centro de acopio de residuos y desechos .Registros de acopio y procesamiento de residuos. Ejecución de capacitación en la temática de Plan manejo de residuos sólidos.	Inicio de proceso constructivo	Fin de proceso constructivo

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MTPGB 08	Acciones (11), (12) Construcción subestación y línea de transmisión y la (19) empleo de iluminarias	Fauna local	Afectación de la fauna local por efectos constructivos y operativos de la infraestructura e iluminación usados en una ST convencional.	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC)	Sustituir el tipo de subestación convencional por un sistema GIS o encapsulado como una medida preventiva para la protección de la fauna silvestre y para reducir interferencias en el sistema eléctrico por invasión de ésta lo que reduce los costos de operación y mantenimiento de la ST Optimizar el uso de las instalaciones físicas de la ST para otras actividades tipo administrativo de la planta (reducción del espacio ocupado) • Modificaciones al uso del sistema de iluminación, empleando luminarias con luz amarilla reducir la atracción de insectos. Medida general: instalar en las ventanas de el o los edificios dispositivos de visualización e instalar dispersores de aves en los enlaces de transmisión	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Prevenir incidentes de electrocución de fauna por invasión al área de subestación, así como daños a la infraestructura por la misma causa. Disminuir incidentes de colisión de aves en ventanales de los edificios y enlaces de transmisión. Lo anterior implicará duplicar el costo de la ST al sustituirla por una de modalidad GIS por lo que se agrega como un costo ambiental el monto adicional que implicará su construcción que es un 50 % mayor a la de una ST convencional.	Costo considerado en el presupuesto de construcción Proyecto	Diseño y construcción de subestación tipo GIS. Numero de dispositivos de protección de fauna implementados. Registros de monitoreo de fauna (Registro de accidentabilidad)	Inicio de proceso constructivo	Fin de proceso constructivo
Costo								12			

Número de medida	Actividad- acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable (es) Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
LÍNEA DISTRIBUCIÓN											
MLDPGB 01	Construcción de Línea de Servicio Propio: excavaciones e izado de postes (Cod LD-1) _Interacción con propietarios/d años leves a inmuebles (Cod-LD-2)	Social	Riesgo de afectación de infraestructura de la red de acueductos rurales mediante el proceso de excavación de sitios de poste.	Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 Ley General de Agua Potable, No. 1634 Ley de Aguas, No. 276 Ley Constitutiva de Acueductos y Alcantarillados, No. 2726	Elaborar e implementar Plan de relación con los propietarios .Desarrollar un proceso de y coordinación con las ASADAS y con los responsables o encargados de acueductos locales para la ubicación de tuberías. _Las cuadrillas de campo deberán estar informadas de las características de los acueductos contar con material y herramienta para refaccionar averías. _El diseño final deberá contemplar la ubicación de infraestructura como abrevaderos, corrales, etc. _En la fase de diseño se deberá identificar los sitios de poste que afectarán propiedad privada por efecto de instalación de anclas y arriostres	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Reducir daños a la infraestructura comunal producto del proceso constructivo	5	1 Plan de comunicación con propietarios y ASADA. 2 Documentación de relación con propietarios y ASADA (listas de asistencia a reuniones, convenios, finiquitos)	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo
MLDPGB 02	Presencia del proyecto/posible afectación a la continuidad del servicio (Cod LD-3)	Social	Posible afectación a servicios públicos/comercio por cortes de energía	Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Electricidad, No. 449 Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002 y 2013	Elaborar plan de comunicación con instituciones presentes en la zona .Identificar la infraestructura de servicio sensible ante una posible falla en la continuidad del servicio eléctrico (Clínicas, estaciones de bombeo, etc.) para informarles de esta posibilidad y coordinar el procedimiento ante: 1. Un corte de energía programado 2. Un corte de energía accidental durante el proceso constructivo 3. Establecer Convenio de cooperación con empresa proveedora del servicio eléctrico	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Minimizar el impacto en los servicios públicos locales y comercio por cortes en el servicio de energía	5	1 Plan de acción para atención de eventuales cortes eléctricos 2 Convenio de cooperación con instituciones proveedoras del servicio eléctrico. Registros sobre comunicaciones, cortes accidentales y cortes programados.	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo

Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MLDPGB 03	Apertura del carril de servidumbre: (cod LD-4) (cod LD-7) (cod LD-5) (cod LD-8)	Flora/Fauna/Social	Alteración a la flora: Afectación a bosque de galería por efecto de apertura de carril de servicio - Corta de árboles para tendido- Posible corta de especímenes forestales de valor particular - Pérdida de hábitats para especies vegetales arbóreas	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC) Ley Forestal 7575, y su reglamento DE 25721-MINAE, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002	Elaborar Inventario de Flora y Fauna a ser reubicados- En fase de diseño identificar e inventariar los árboles hospederos de especies vegetales de poblaciones amenazadas o protegidas - Ajustar el diseño de la línea para minimizar la corta de árboles al paso por estas formaciones (preferencia áreas abiertas) - Aplicar podas y desrames en los casos que técnicamente se prevea la coexistencia de los con la línea (presencia del Regente Forestal a cargo) .Implementar técnicas apropiadas de manejo forestal incluyendo la corta dirigida .	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Minimizar el impacto en las formaciones de Bosque de Galería y posibles corredores biológicos, así como en especímenes forestales hospederos y pasos arbolados del camino.	10	1 Plan de selección de ruta avalado por Biólogo y Forestal Inventario de flora y Fauna.	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo
MLDPGB 04	Producción de desechos del proceso constructivo y apertura de trocha (Fitomasa (cod LD-9 y 11)	Medio social	La disposición inadecuada de los desechos en la fase de construcción (papel, plástico, sobrantes de pintura, escombros, madera, etc.)	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC) Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8829, y su Reglamento no.37567-S-MINAET-H, Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002	1. Elaborar e implementar Plan de manejo de residuos 2.Los residuos del proceso constructivo serán clasificados y separados acorde a su recuperabilidad o re-uso 3. Se coordinará con el Sistema de Gestión Integral de Residuos del ICE (SIGIR) la disposición final de estos elementos 4. Desechos ordinarios producto de la alimentación en campo del personal será colectados a diario y transportados a centro laboral para su disposición adecuada 5.Desechos de fitomasa serán trosados y apilados en estibas en sitios que no representes riesgo de incendio. 6. No se permitirá el vertido de solventes, lubricantes, pinturas, etc., en campo o en drenajes. 7. No se permitirá el quemado de desechos de papel o madera en campo	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Gestionar adecuadamente los desechos del proceso constructivo.	5	Plan de manejo de residuos. Registros de acopio y tratamiento de residuos.	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo

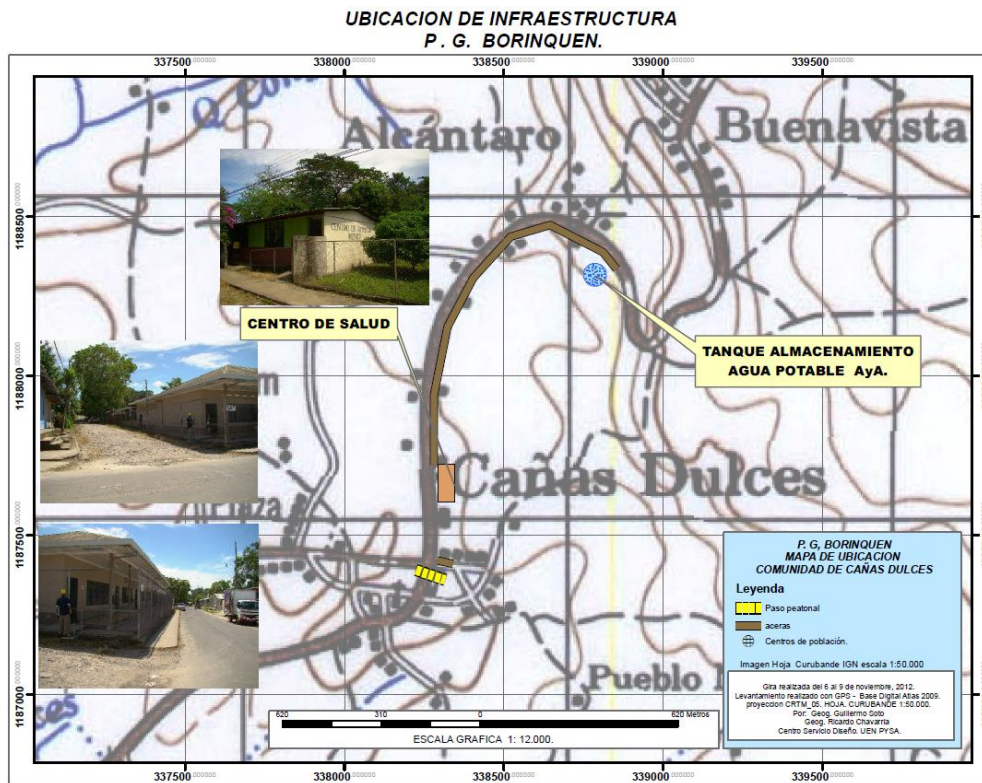
Número de medida	Actividad-acción (a provocar el impacto) (1)	Factor Ambiental (A ser impactado) (2)	Impacto Ambiental (3)	Marco legal atinente (4)	Medida (s) ambiental (es) (5)	Responsable Ejecución (6)	Objetivos Ambientales (síntesis compromiso ambiental) (7)	* Costo estimado (8) (Miles US\$)	Indicadores de Desempeño del Monitoreo - Responsable (9)	Momento de Inicio (10)	Momento de conclusión (11)
MLDPGB 05	Puesta en operación de la línea de distribución	Medio social	Peligro de electrocución de fauna por la presencia del tendido trifásico energizado.	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC)	En base a los estudios de fauna definir y establecer los sitios y dispositivos a implementar para reducir la electrocución de fauna .Implementar el uso de cables semi aislados en pasos de ríos y quebradas, mantener el carril de la servidumbre libre de ramas	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Reducir la pérdida de espécimen de fauna por electrocución	10	Diseño de línea de distribución incluyendo los tramos donde se implementara el uso de cable aislado. Registros de electrocución de la fauna a lo largo de la línea.	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo
MLDPGB 06	Ejecución de trabajo en vía pública y áreas urbano-rural. (cód LD-10)	Medio social	Presencia temporal de obstáculos viales, posible caída de herramientas o herrajes, corta y derrame de árboles etc.	Ley Orgánica del Ambiente (ley no. 7554) Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto (Decreto Ejecutivo Número 31849-MINAE-SALUD-MOPT-MAG-MEIC), Lineamientos ambientales del Sector Electricidad, 24-00-082-2002	1. A través del Plan de Comunicación se informará a las comunidades de la ejecución de la obra y sus implicaciones en el tránsito vehicular y la seguridad peatonal 2. Se colocarán señales preventivas en cada sitio de trabajo 3. Al momento de ejecutar operaciones riesgosas como izado de postes, corta de árboles u otras, se dispondrá de personal que regule el tránsito en la vía 4. No se dejarán obras riesgosas sin demarcar por las noches, por ejemplo agujeros de poste, maquinaria estacionada, etc.	Director del Proyecto (equipo de gestión ambiental del proyecto)	Velar por la seguridad del personal y población local a la hora de ejecutar los trabajos en vía pública.	5	Plan de comunicación y relación con las comunidades según lo señalado en esta medida Registro de eventos ocurridos y comunicados.	Planeamiento y diseño	Fin de proceso constructivo
Costo								40			

8.2.1 Descripción de obras civiles y acciones a realizar en las comunidades señaladas en el P.G.A.

1. Comunidad de Cañas Dulces.

Se plantea la señalización de paso peatonal frente a la Escuela de Cañas Dulces, como prevención de accidentes para los estudiantes. También construcción de acera de 75 metros por 1.10 metros de ancho si el espacio lo permite.

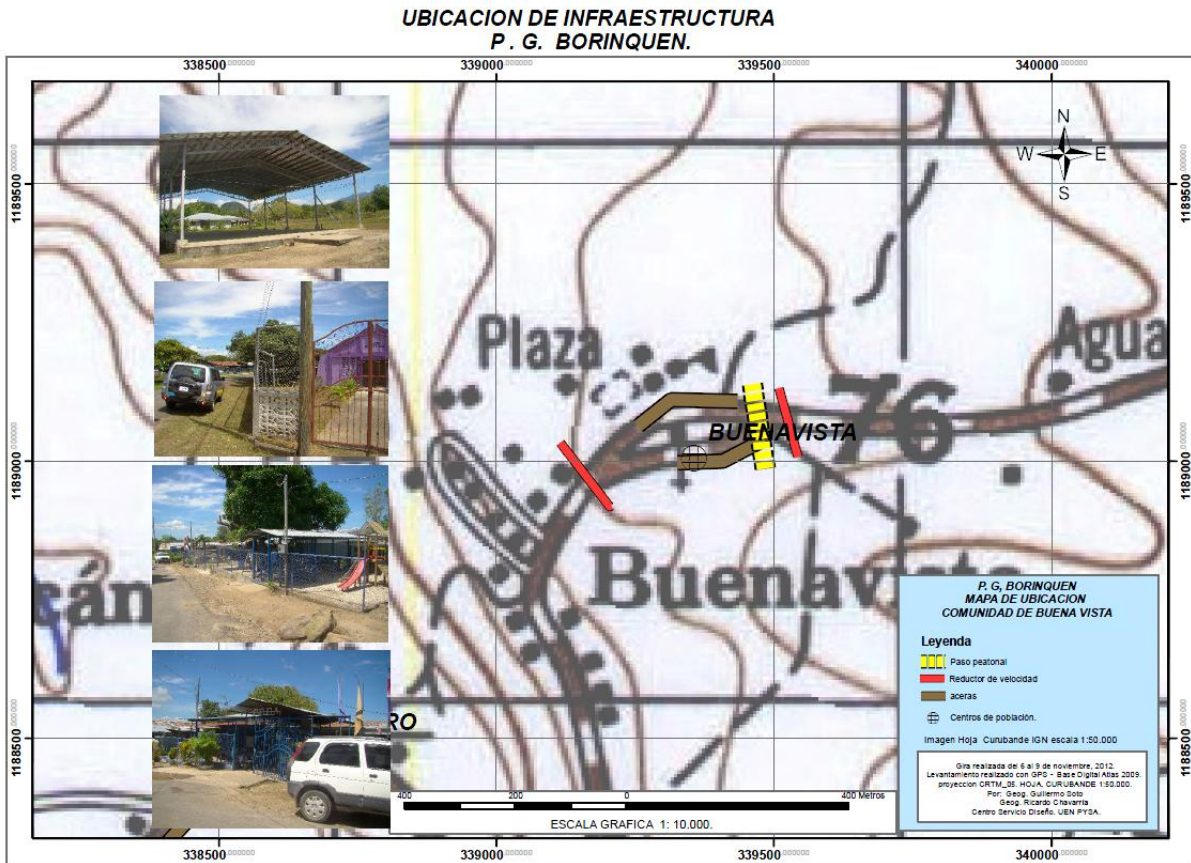
169 Figura No. 8.2.1 Mapa de ubicación Comunidad Cañas Dulces



2. Comunidad de Buena Vista.

Obras de prevención vial, en las cercanías del centro educativo de Buena Vista se coloran dos reductores de velocidad, la demarcación de paso peatonal para los estudiantes y la construcción de dos tramos de acera para reducir el riesgo de accidentes a los peatones principalmente de comunidades como El Cedro, El Pital y Buena Vista.

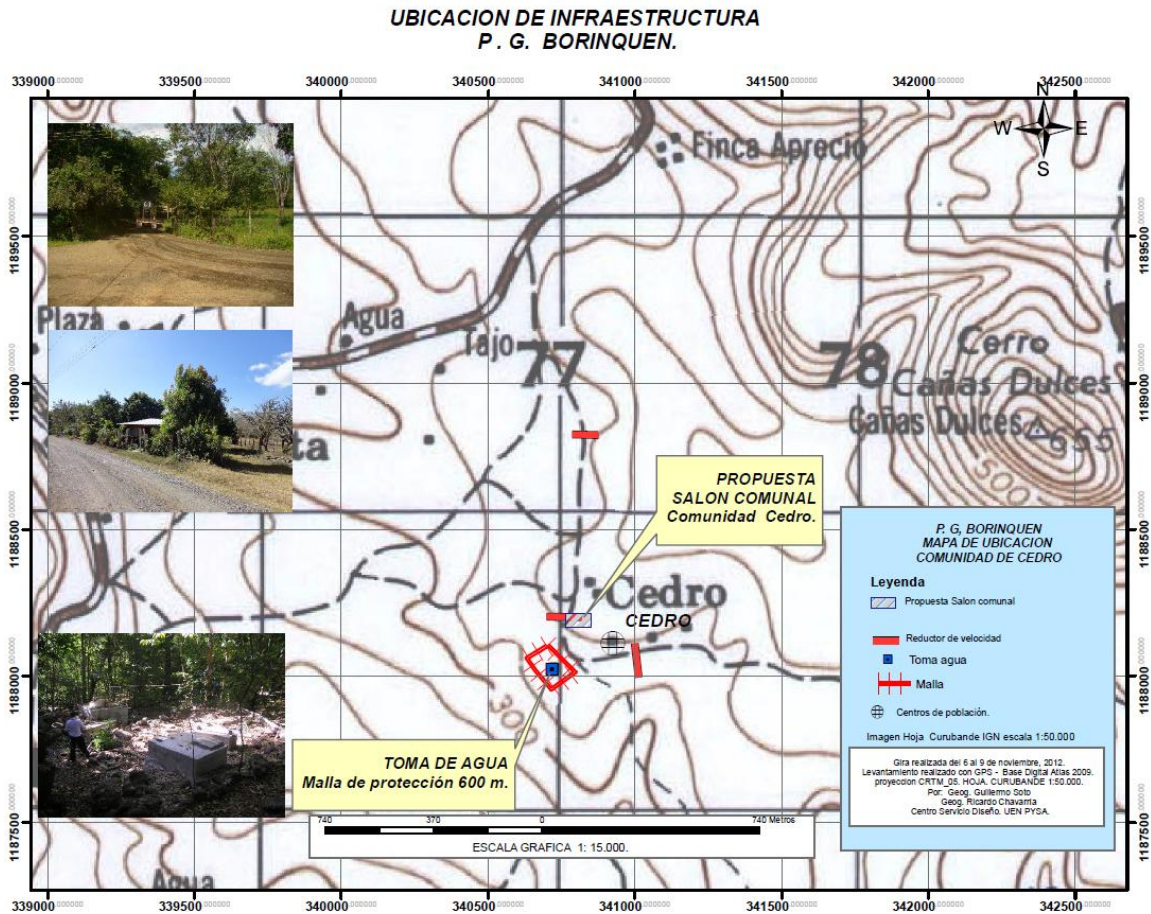
170 Figura No. 8.2.2 Mapa de ubicación comunidad de Buena Vista



1. Comunidad El Cedro.

El Cedro requiere de la colocación de dos reductores de velocidad en el tramo más poblado de la comunidad. Como compensación social se realizará la colocación de 600 metros de malla perimetral, para la seguridad y protección de la toma del acueducto de la comunidad, que es administrado por la ASADA El Cedro. También se diseñara y construirá una edificación de Salón Comunal de un área de 5 x 15 metros cuadrados en la propiedad de la ASADA, en coordinación con los vecinos de la comunidad encargados de la solicitud de los permisos necesarios para la construcción; esta acción se realizará con el objetivo de dotar a la población local de un espacio que fomente la organización y el desarrollo comunal.

171 Figura No. 8.2.3 Mapa de ubicación comunidad de El Cedro.



2. Comunidad Agua Fría.

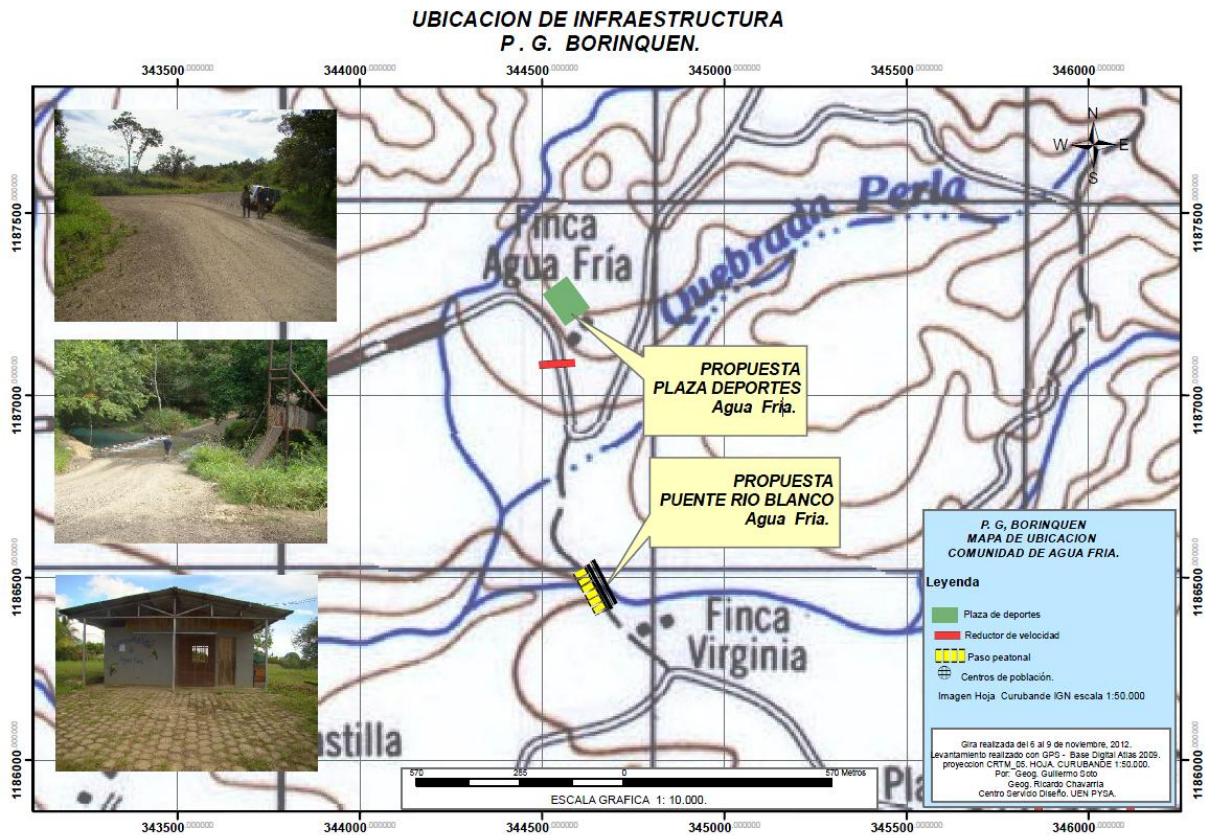
En la comunidad de Agua Fría es necesario el diseño y construcción de plaza de fútbol, en el terreno de la Asociación de Productores de Agua Fría; la comunidad está comprometida en de solicitar los permisos de construcción requeridos y el mantenimiento posterior de la plaza.

En aspectos de seguridad vial es necesaria la colocación de un reductor de velocidad cercano al salón de reuniones de la comunidad. Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población local es necesario realizar estudio estructural, geotécnico, hidráulico, diseño y construcción de un puente sobre el Río Blanco de 40 metros de longitud para uso peatonal y vehicular entre las comunidades de Curubandé y Agua Fría.

210 Fotografía No. 8.2.1 Utilización del paso sobre el río Blanco.



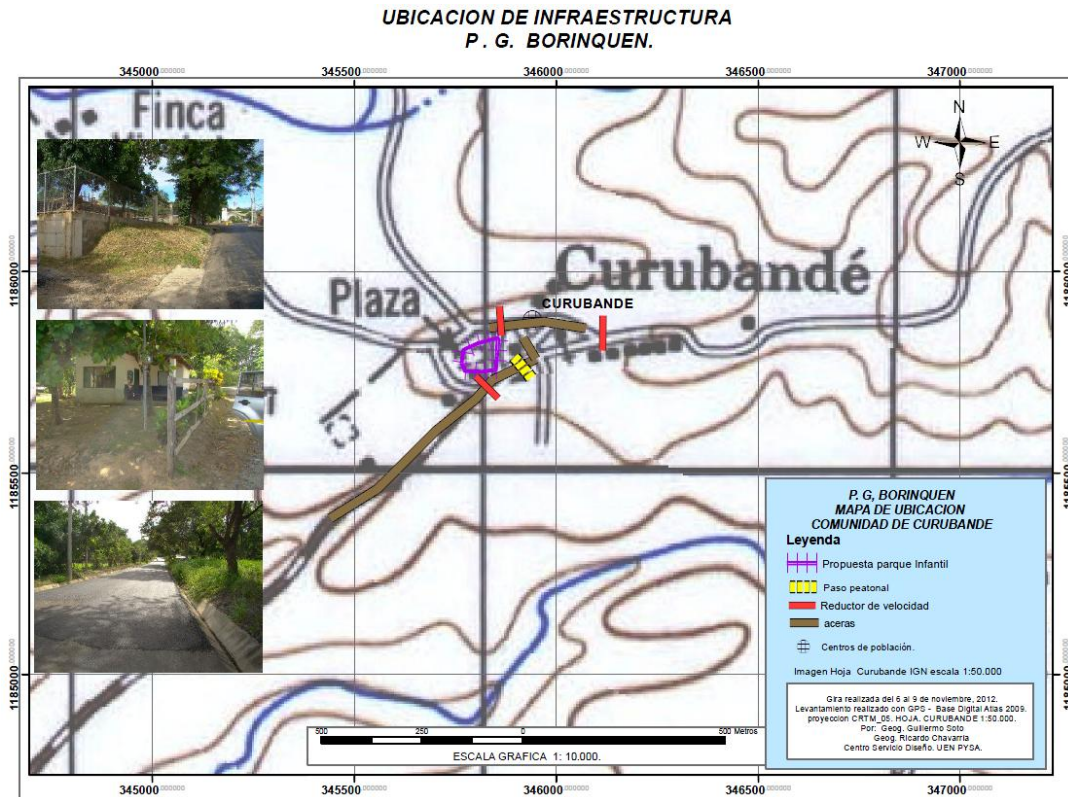
172 Figura No. 8.2.4 Mapa de ubicación comunidad de Agua Fría



3. Comunidad Curubandé.

Se requiere el diseño y construcción de zona de amortiguamiento vial, que contempla rediseñar el acceso principal de los estudiantes a la Escuela de Curubandé por el costado oeste, con la finalidad de prevenir algún tipo de inconveniente o accidentes a los estudiantes por el paso de vehículos y el traslado de personal del proyecto del campamento ubicado en Curubandé a los sitios de obra del proyecto. Así como señalización del área peatonal para ingreso a la Escuela de Curubandé.

173 Figura No. 8.2.5 Mapa de ubicación comunidad de Curubandé



Además de la un Parque de juegos para la comunidad de Curubandé, con instalación de juegos infantiles, que se ubicaría a un costado oeste de la Escuela de Curubandé en terrenos de la Asociación de Desarrollo de Curubandé (ADI). Para la ejecución de esta medida se requiere la aprobación por parte de la junta directiva de la ADI Curubandé y que sean los responsables de realizar gestiones de requisitos administrativos necesarias para la construcción.

Para reforzar en aspectos de prevención y seguridad vial se requiere de la construcción de 800 metros de aceras en la comunidad, construcción de tres reductores de velocidad en los alrededores del cuadrante comuna.

Considerando que en la comunidad hay población vulnerable como niños y personas con alguna tipo de discapacidad física.

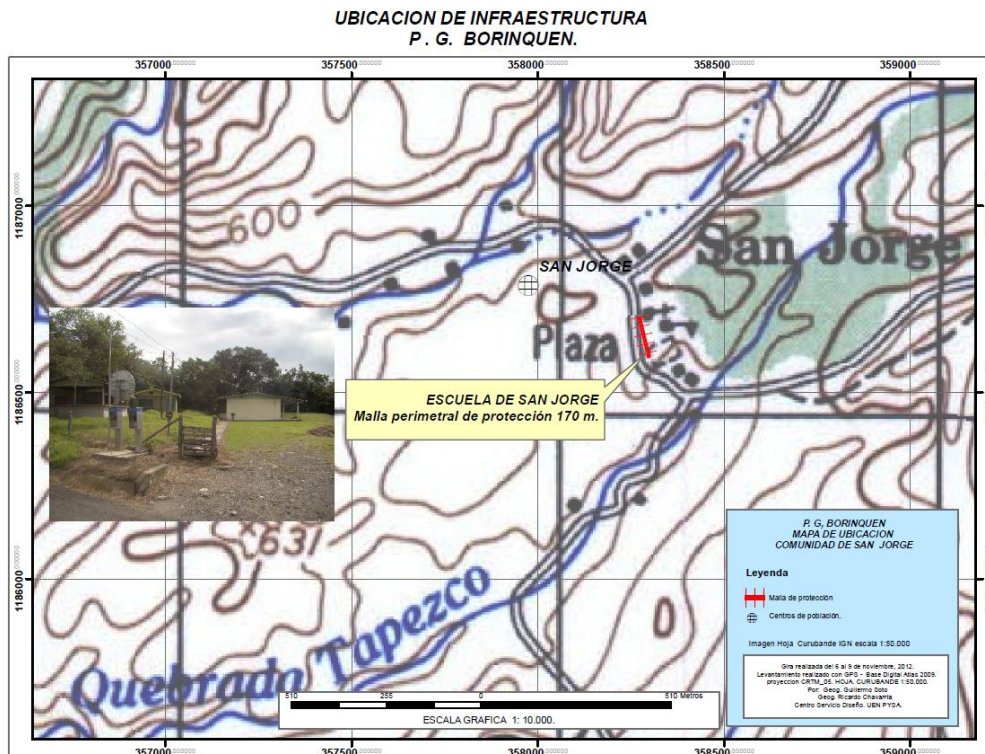
211 Fotografía No. 8.2.2 Comunidad de Curubandé.



4. Comunidad San Jorge.

Con el objetivo de brindar seguridad a los estudiantes de la comunidad de San Jorge, prevención vial y generar mejoramiento de la infraestructura comunal se colocara malla perimetral en la Escuela de San Jorge, un total de 170 metros de malla por 2.4 metros de altura y portones frontales para la entrada y salida de la población estudiantil. La malla además de beneficios anteriormente mencionados, también contribuye a asegurar del vandalismo la antena visat del ICE que da servicios a la comunidad y Escuela.

174 Figura No. 8.2.6 Mapa de ubicación comunidad de San Jorge



5. Propuesta ruta de la geotermia.

Se propone el desarrollo de la Ruta Geotérmica como parte de la oferta turística de la zona, consiste en el diseño de un nuevo producto turístico para los Hoteles más cercanos al campo geotérmico Hotel Borinquen y Hotel Buenavista. Esta iniciativa requiere de trabajo mancomunado con los encargados del proyecto y el mantenimiento del campo geotérmico y los operadores turísticos locales.

El objetivo de la medida es contar con un circuito que permita generar un encadenamiento productivo de parte la oferta de servicios turísticos de los hoteles en torno al campo geotérmico Borinquen.

Existen en países de Europa y América Latina múltiples experiencias de integración de las plantas geotérmicas a la oferta turística local; es el caso de Islandia, donde la empresa estatal de producción de energía eléctrica Landsvirkjun, abre las puertas de cinco de sus plantas en funcionamiento, fijando temporadas y horarios de visita. En El Salvador, particularmente en la ciudad de Alegría, ubicada en el departamento de Uslulután la actividad de la Planta Geotérmica Gesal ha venido a sumarse a los atractivos locales, articulándose rutas que combinan las caminatas, cabalgatas y el turismo rural en los faldeos del volcán Tecapa, con visitas a la planta, donde se puede conocer el proceso de generación de energía eléctrica.

Por ello se propone diseñar “La Ruta Geotérmica” que debe ser coordinada con la operación de la planta y tener en cuenta la seguridad de los visitantes. Así mismo, por motivos de seguridad hacia los visitantes, esta Ruta se implementaría no antes de un año y medio de iniciada las operaciones de la Planta Geotérmica, con el fin de constatar el funcionamiento seguro de las instalaciones.

9 ANÁLISIS DE RIESGO Y PLANES DE CONTINGENCIA

9.2 Fuentes de riesgo ambiental

Definición de amenaza o riesgo ambiental:

Para el presente caso son aquellos elementos del medio ambiente o del proyecto que son peligrosos para el hombre o para el proyecto en sí mismo y que están causados por fuerzas extrañas a él (no predecibles)

Amenaza endógena

Es aquella amenaza que se origina por el desarrollo de las actividades asociadas a la construcción y operación del proyecto. A diferencia de los impactos ya identificados en el PGA en éstas se señalan los que ponen en grave riesgo la

salud humana o el desarrollo del proyecto cuya ocurrencia es impredecible o de muy difícil predicción.

Amenaza exógena

Son fenómenos o actividades ajenas al Proyecto (construcción - operación) elementos perturbadores del medio ambiente (climáticos, geológicos, geográficos)

Amenaza Inducida

Aquella amenaza que surge por la combinación sinérgica de una modificación del medio ambiente generada por el proyecto más la ocurrencia de un fenómeno natural o humano propio del lugar

127 Cuadro No. 9.1.1 Identificación de Amenazas

AMENAZA	CAUSA	EFEECTO DE LA AMENAZA
Endógena	Concentración de mano de obra en sitios reducidos hacinamiento de personal-	Accidentes de tipo laboral
	Emisiones no controladas del gas H ₂ S	Afectación potencial a la salud de los trabajadores
Exógena	Erupciones volcánicas	Afectación potencial a las edificaciones y salud de los trabajadores
	Deslizamientos - desprendimientos en bloque en masa (asociados a fuertes pendientes, sismicidad y a las lluvias)	Desplazamiento o aterramiento de las estructuras de conducción de las tuberías y en los accesos a las obra civiles de la planta geotérmica
Inducida	Sismicidad	Afectación potencial a las edificaciones.
	Aumento temporal de la flotilla vehicular en los caminos vecinales	Únicamente fase de construcción Accidentes de tránsito (colisiones – atropellos)

Las amenazas que aquí son señaladas son las esperadas que se den en el presente proyecto en estudio, éstas se obtuvieron de las experiencias vividas en otros proyectos de igual envergadura que el ICE a ha construido y de las características propias de su entorno inmediato como son las de origen humano (sinergia con el resto de las obras civiles actualmente en operación) y las geográficas que éste posee como es el caso del relieve y la cercanía del cráter de un volcán activo como es el Rincón de la Vieja.

9.3 Evaluación del riesgo ambiental

Escala de valoración de las amenazas; para ello se utilizaron los siguientes criterios cualitativos de ponderación:

128 Cuadro No. 9.2.1 Escala de valoración de amenazas

Duración del evento o manifestación (D) si se mide en:	Extensión (Área que se manifiesta) (E)	Probabilidad de ocurrencia (P) durante la vida útil del proyecto	Intensidad (magnitud de la manifestación) (I)
Persistente 10 (meses)	Cantón Liberia10	Alta 10 ($\geq 50\%$)	Alta (Destrucción total) 10
Temporal 5 (semanas)	Distrito Cañas Dulces5	Media 5 ($10 < 50$)	Media parcial 5
Fugaz 2 (días)	Local (Puntual)...2	Baja 2 ($1 \leq 10$)	Baja. Mínima 2

129 Cuadro No. 9.2.2 Distribución de pesos a los indicadores o atributos de ponderación.

Atributo	Pesos	%
Duración	0.15	15
Extensión	0.15	15
Probabilidad	0.20	20
Intensidad	0.50	50
Σ	1.0	100

Relevancia de la Amenaza (RA)

$$RA = pD * D + pE * E + pP * P + pI * I$$

$$RA = 7 \geq 10 \text{ (Alta)}$$

$$RA = 5 < 7 \text{ (media)}$$

$$RA = \leq 5 \text{ (Baja)}$$

A continuación se presentan copia de las hojas de cálculo que fue distribuida entre un grupo de profesionales en las diversas especialidades involucradas en el presente EIA, a saber: dos geógrafos, un ingeniero construcción, dos geólogos, un sociólogo, un ingeniero forestal y un ingeniero civil. El fin fue el contar con un resultado promedio de la relevancia de la amenaza que integre dichos criterios:

130 Cuadro No. 9.2.3 Ejemplo hoja de cálculo - Valoración de Efectos de las Amenazas

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10
Efecto de la Amenaza	D	D*pD	E	E*pE	P	P*pP	I	I*pl	RA
Accidentes de tipo laboral	10	1.5	2	0.3	10	2	10	5	8.8
Emisiones no controladas del gas H ₂ S	10	1.5	2	0.3	10	2	2	1	4.8
Erupciones volcánicas	10	1.5	10	1.5		2	5	2.5	7.5
Desplazamiento o aterramiento de las estructuras	10	1.5	2	0.3	5	1	2	1	3.8
Sismicidad		0	2	0.3	5	1	2	1	2.3
Accidentes de tránsito (colisiones – atropellos)	10	1.5	5	0.8	2	0.4	10	5	7.65

A continuación se adjunta el cuadro promedio de la valoración de la relevancia del eventual efecto de la amenaza seleccionada (RA).

Los promedios obtenidos según los criterios de los expertos consultados de relevancia de amenaza (RA) fueron los siguientes:

131 Cuadro No. 9.2.4 Valores promedios de la relevancia de amenaza (RA)

Amenaza	RA
Accidentes de tipo laboral	7.8
Emisiones no controladas del gas H ₂ S	5.14
Erupciones volcánicas	6.5
Desplazamiento o aterramiento de las estructuras de tuberías y en los accesos a las obra civiles de la planta geotérmica.	4.18
Sismicidad	2.9
Accidentes de tránsito (colisiones – atropellos)	6.29

Como se puede apreciar el riesgo de amenaza dentro el rango Alto gira sobre la ocurrencia de accidentes tanto laboral como de tránsito, ambas son amenazas controladas por Unidad de Salud Ocupacional del Proyecto y gozan de protocolos de seguridad laboral. En el tanto que se cumplan con estos protocolos de procedimientos éstas serán minimizadas ya que su causa es de origen humano por lo tanto se pueden prever, la amenaza exógena o de origen natural que obtuvo un mayor puntaje fue la ser provocada por erupciones volcánicas y sobre la cual se formuló el plan de contingencias para el presente proyecto geotérmico que se ubica en la ladera Nor-oeste - Oeste del macizo volcánica del Rincón de la Vieja.

En el ICE existen 3 pólizas que cubren a la totalidad de empleados contra riesgos laborales Por Ley todas extendidas por el Instituto Nacional de Seguros (INS). Norma de gestión para la prevención de riesgos laborales aprobada por el ICE en el 2005 Norma No. OPN 11-00-005-2001. En el ICE existe una norma de brigadas, así como 32 grupos conformados en brigadas, con su respectivo plan de capacitación. Norma No. 11.00.002.2001. Equipos de Protección Personal y una guía de compra. Si se dota de los equipos; Norma No. 11.00.001.2000. Póliza U-500 para instalaciones operando. Para cuando se está construyendo obras, existen otras pólizas como la de Responsabilidad Civil. Extendida por ley por el INS.

En riesgos laborales está el Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL). Norma Sistema de Gestión Prevención de Riesgos Laborales en el ICE, requisitos de implementación No. 11.00.005.2005

Señalamientos para reducción de velocidades y otros mensajes precautorios en las vías a ser transitadas – Programación de horarios de movilización vehicular o maquinaria. Disposición de forma permanente durante esa fase del proyecto de Unidad Médica equipada para atender emergencias o accidentes de este tipo incluyendo el servicio de ambulancia

9.4 Plan de contingencias

A continuación se muestra el cuadro No. 9.3.1, el cual contiene el plan de contingencias elaborado por el Geól. Gerardo Soto B., especializado en vulcanología.

132 Cuadro No. 9.3.1 Peligros volcánicos en el Rincón de la Vieja que podrían afectar al PGB, problemas específicos y medidas a tomar.

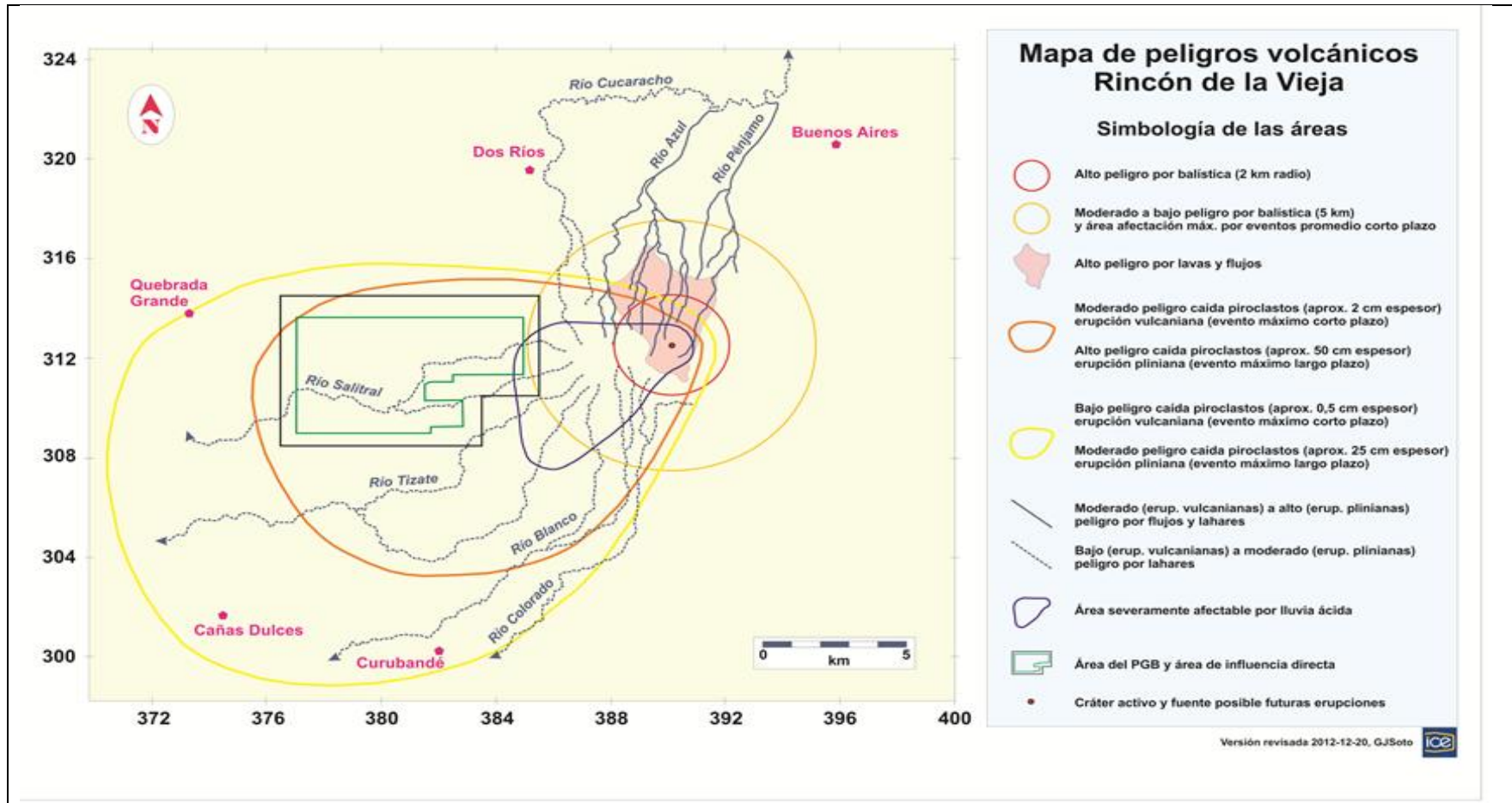
Peligro	Área afectable más probable	Recurrencia (plazo)	Amenaza al PGB	Problema originado etapa construcción	Posibles soluciones	Problema originado etapa operación	Posibles soluciones
Gases y lluvia ácida	Sector W y SW	Corto	Baja a mediana	Corrosión material metálico	Uso materiales y pinturas anticorrosivos	Corrosión material metálico	Uso materiales y pinturas anticorrosivos. Protocolo de revisión y sustitución de componentes corroíbles.
Proyectiles balísticos	2-5 km de radio alrededor cráter activo	Corto	Muy baja	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Cese de operaciones constructivas en esa área	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Diseño de infraestructura sector extremo oriental contra bloques balísticos centimétricos.
		Largo	Baja	Improbable	Cese de operaciones constructivas en esa área	Bombardeo proyectiles área extrema al este	Diseño de infraestructura sector extremo oriental contra bloques balísticos centimétricos.
Piroclastos de caída	Sector W y SW	Corto	Baja a mediana	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2
		Largo	Mediana a alta	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2	Ver detalles en Tabla 2
Flujos y oleadas piroclásticas	Sector norte	Corto	Fuera de área	--	--	--	--
	Sectores S,	Largo	Baja a	Daños altos a	Desalojo.	Daños altos a totales	Desalojo.

	SW, NW		mediana	totales en zonas bajas. Retraso en proceso constructivo.		en zonas bajas. Retraso en proceso productivo.	
Lavas	Sector N y SSW	Largo	Baja	Improbable.	Desalojo.	Improbable.	Desalojo.
Avalancha de detritos	Sector N	Muy largo	Fuera de área	--	--	--	--
Lahares	Sector N	Corto	Fuera de área	--	--	--	--
	Sector S, SW y W	Largo	Baja a mediana	Daños a puentes sobre vías de acceso. Retraso en proceso constructivo.	Reparación de vías, uso de puentes temporales.	Daños a puentes sobre vías de acceso. Retraso en proceso constructivo.	Reparación de vías, uso de puentes temporales.
Sismicidad volcánica intensa	10 km alrededor cima	Corto a largo	Baja a mediana	Daños hasta colapso de estructuras en construcción	Diseños temporales adecuados	Daños a estructuras civiles y componentes metal-mecánicos	Diseños estructurales y metal-mecánicos con base en el estudio de amenaza sísmica (aceleraciones), y cimentación en áreas susceptibles a deslizamiento
Formación nuevos cráteres o conos	Cima NW-SE	Largo	Baja a mediana	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída	Ídem a lavas y piroclastos de caída

133 Cuadro No. 9.3.2 Efectos provocados por la caída de ceniza en los sistemas de energía eléctrica del PG Borinquen (adaptado de Heiken et al., 1995; Wardman et al., 2012).

Etapa	Plazo	Problema	Posibles soluciones
Construcción y operación	Mediano - largo	Gran acumulación de cenizas (más de 15 cm), especialmente si está húmeda, provoca el colapso de techos no reforzados de concreto.	Retirar la ceniza de los techos. Hay que trabajar con cuidado ya que la ceniza humedecida es muy resbaladiza. Retirar la acumulación de cenizas de las proximidades de edificios. Fijar las cenizas para evitar futuras <u>removilizaciones</u> por el viento y disminuir el contenido en polvo del aire.
Construcción y operación	Corto - largo	Vehículos inmovilizados: atasco en los filtros de aire, aceite o combustible. Pérdida de la visibilidad del conductor por la caída de la ceniza o por acumulación de la misma en el parabrisas.	Importante reserva de filtros. Utilizar un sistema de pre-filtro. Cambiar el aceite frecuentemente. No mover el vehículo si no es por razón de emergencia.
Operación	Mediano - largo	Acumulación de ceniza seca en los sistemas de distribución, especialmente aisladores.	Limpiar con chorro de aire y cepillos. Vientos superiores a 40 km/h remueven hasta el 95% de la ceniza siempre que esta se mantenga seca.
Operación	Mediano - largo	Acumulación de ceniza húmeda. Las condiciones meteorológicas durante la caída de cenizas gobiernan la adherencia de la ceniza a las superficies y su conductividad eléctrica. Una capa de ceniza de sólo 0,3 - 0,6 mg/cm ² que en la normativa IEEE corresponde a una grave contaminación, producen daños importantes en las líneas de 115 kV. Los aisladores de resina EPOXI resultan especialmente vulnerables.	Una lluvia intensa remueve 2/3 del depósito. Se recomienda el empleo de aisladores de porcelana en toda la zona de posible caída de las cenizas. Hay que limpiar cuidadosamente la ceniza de los transformadores y aisladores de las subestaciones. En ellas es conveniente disponer de un sistema de chorro de aire a presión.
Operación	Mediano - largo	Gran acumulación de cenizas en la grava del parque de maniobras de una subestación provoca una pérdida importante de aislamiento (100 Ohm/m) haciendo muy peligrosa cualquier operación.	Recubrir el suelo con una nueva capa de grava limpia.
Operación	Mediano - largo	Caída de árboles sobre las líneas de alta tensión debido al peso de la ceniza.	Mantener adecuadamente la limpieza del entorno de la línea de alta tensión
Operación	Mediano - largo	Atascos en los filtros de los sistemas de ventilación de las computadoras y sistemas de control.	En zonas de riesgo hay que disponer de un número extra de filtros de aire.
Operación	Mediano - largo	Problemas en los sistemas de aire comprimido	Cambiar frecuentemente los filtros.
Operación	Mediano - largo	Sobrecarga en los ventiladores de los transformadores debido a la acumulación de ceniza.	Limpiar cuidadosamente las palas de los ventiladores. La ceniza húmeda es muy difícil de remover y suele exigir una limpieza a fondo.
Operación	Mediano - largo	Incremento del ruido inducido por las líneas de alta tensión (500 kV) alcanzando valores de 39-48 dB.	No hay remedio.
Operación	Corto - largo	Daños en actuadores hidráulicos, rodamientos, interruptores, etc. Las cenizas volcánicas son muy abrasivas.	Limpiar y lubricar el material expuesto frecuentemente.
Construcción y operación	Mediano - largo	Elevado contenido en polvo volcánico en el aire. Problemas oculares y pulmonares.	Los trabajadores deben llevar máscaras antipartículas. La ceniza debe estabilizarse para evitar que su <u>removilización</u> siga dañando los sistemas.
Operación	Mediano - largo	La caída de la ceniza provoca oscuridad. El encendido imprevisto y rápido de los sistemas de alumbrado origina un pico en la demanda de energía que sobrecarga el sistema.	Anuncios por radio y TV para que la población ahorre energía.
Operación	Largo	Fuerte erosión en los álabes de las turbinas de los generadores.	En general la caída de cenizas es lo suficientemente excepcional para no plantear un problema.

175 Figura No. 9.3.1 Mapa de peligros volcánicos Rincón de la Vieja



10 CALIDAD AMBIENTAL DEL AP-AID-AII

10.2 Pronóstico de la calidad del AP y el área de influencia socio-ambiental (AID-AII)

Como se ha venido señalando en este estudio ambiental la acción que posee una mayor interacción con su entorno en el presente proyecto es la relacionada con la construcción de los accesos o caminos, aunque esto no implica que es la de mayor impacto desde el punto de vista del criterio de Importancia en su mayoría se trata de impactos entre el rango moderados a severos, lo anterior es por la misma particularidad operativa que identifica un campo geotérmico la cual consiste en un área con una distribución dispersa de obras civiles o de construcción interconectadas sea por tuberías o caminos al corazón de éste que viene ser la central o la casa de máquinas, de ahí que cuando hablamos de las áreas ocupadas por este se menciona el área de proyecto (AP) y el área neta ocupada (AN) que oscila entre un 15 a un 20 % de la primera, para el presente caso el área del proyecto posee una extensión de 28 Km², otro elemento que ayuda a que todos los impactos en este tema sean de mediana importancia es la cobertura vegetal que domina en la presente AP la cual son las pastizales al ser parte de una hacienda ganadera la cual además cuenta un red de caminos internos bastante articulada.

Desde la óptica de paisaje el asunto de relevancia de los impactos cambia a ser más críticos esto por la vulnerabilidad que posee el AP al ser terrenos que están bajo un aprovechamiento por la actividad empresarial del turismo los mismos poseen una serie de singularidades paisajísticas que actualmente son explotadas por los dos hoteles que se ubican en su colindancia a saber: Hotel Borinquen y el Hotel Buena Vista, el cambio generado por la intrusión visual de las obras de construcción del Proyecto pueden orientarse desde la perspectiva negativa o positiva según el caso que sea por ejemplo, la obstrucción visual de una de estas singularidades escénicas como en la vista panorámica que se posee desde cualquier sitio de estos hoteles a la costa del océano Pacífico la cual de repente se le va agregar a la textura del paisaje una serie de edificaciones que contrastarán con el mosaico natural que actualmente se explota pero por otro lado está el interés de los hoteles de agregar esas edificaciones a los recorridos turísticos dentro el paquete de atracciones del hotel , como se menciona en la sección social de este estudio se ha, conversado el establecer una “ruta geotérmica” para la atención de sus visitantes.

Por ahí queda los eventuales cambios que se podrían presentar en la calidad ambiental de su entorno inmediato (AID) a raíz de la emisión de los gases no condensables en particular del gas sulfuro H₂S pero como se ha señalado las concentraciones de emisión serán bastante reducidas en comparación a las que ya se tienen en las “fumarolas” por causa natural en el sitio.

En el tema social es de esperar que los encadenamientos socioeconómicos positivos que han experimentado en otras comunidades con la presencia de un enclave de desarrollo geotérmico de esta envergadura como es el caso cercano que se dio en los distritos Guayabo-Mogote y La Fortuna del cantón de Bagaces en el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes al disponer de una red de servicios básicos de mayor cobertura, diversidad y de nivel de satisfacción, asociado. Al aumento de las fuentes de ingresos en los hogares por los empleos directos e indirectos que este tipo de desarrollo promueve..

10.3 Síntesis de compromisos ambientales del Proyecto

A continuación se transcriben los 30 compromisos ambientales más relevantes citados en el pronóstico plan de gestión ambiental (PGA). Ello no excluye que el resto de los compromisos citados, en el Cuadro No. 8.2.1, no seán ejecutados según lo señalado en éste.

- 1) No se permitirá el uso de maquinaria, equipo o vehículos que presenten fugas de aceites, combustibles, ruptura en los sistemas de escape, ni desperfectos en los sistemas catalizadores.
- 2) Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de inmisiones de gases (H₂S, CO₂) en puntos cercanos a áreas pobladas y dentro de la planta de generación (mínimo un monitoreo por trimestre).
- 3) Se debe implementar un programa de monitoreo periódico de la evolución del pH de las lluvias. (mínimo un monitoreo por mes).
- 4) Previo a la apertura de pozos, o pruebas de producción u operación, se deben colocar en el sitio, equipos para la medición de H₂S y CO₂, Estos equipos deben contar con alarmas audibles (10 ppm de H₂S, 5000 ppm de CO₂), que permitan a los encargados de los procesos tomar medidas para resguardar la integridad de los trabajadores.
- 5) Sitios Poblados. Cuando el movimiento de vehículos sea continuo deberán implementarse medidas para reducir la cantidad de polvo levantado. Deberá elaborarse un plan de acción en donde queden claramente identificadas las zonas críticas, y las medidas a implementar para controlar el impacto.
- 6) En sitios poblados, los vehículos deberán circular a velocidades máximas de 25 km/h. Todos los conductores deberán estar informados sobre estas restricciones.
- 7) Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en zonas pobladas cercanas a los sitios de trabajo, en estas áreas los niveles máximos permitidos serán los indicados por la legislación (65 dBA diurno y 45 dBA nocturno). Las mediciones realizadas deberán ser periódicas y se mantendrá un registro de los resultados obtenidos.
- 8) Deberá implementarse un programa de monitoreo de los niveles de ruido en los sitios de trabajo, en estas áreas los trabajadores deberán contar con los sistemas de protección adecuados.

- 9) Construir sistemas de conducción de aguas en los caminos de manera que se reduzca la velocidad de las aguas para reducir los efectos erosivos.
- 10) Cualquier almacenamiento de combustibles o lubricantes en los sitios de trabajo, deberá contar con diques de contención que garanticen que cualquier derrame será manejado de manera adecuada
- 11) Se debe establecer un programa para el monitoreo de las aguas superficiales dentro del área de proyecto. (Mensual al menos en los primeros cinco años de operación)
- 12) Todo el personal deberá ser capacitado en materia de manejo de residuos, tanto ordinarios (domiciliarios) como peligrosos.
- 13) Todos los residuos como aguas negras, aguas servidas y de tipo similar, deben dirigirse a sistemas de tratamientos de aguas ajustados a lo señalado en el marco normativo del Ministerio de Salud. No podrá depositarse desechos líquidos en ningún tipo de fosas o sistemas que no estén aprobados por los entes públicos competentes.
- 14) Las excavaciones deben limitarse al área estrictamente necesaria y con planificación para un mínimo efecto ambiental. Los movimientos de tierra deben hacerse de forma ordenada y con manejo de aguas, evitando que el suelo suelto se deslice ocasionando problemas de erosión con alteración a otros ecosistemas. La capa superior de suelo (Horizonte A) debe apártese para utilizarla posteriormente en revegetación, mejoramiento paisajístico, para estabilización y revegetación de taludes, riberas, cortes y zonas verdes, mejorar el paisaje o para mantener el crecimiento de la vegetación y controlar la erosión.
- 15) No se permitirá enterrar ningún residuo sólido urbano, especial, del proceso constructivo u otro residuo que pueda afectar las condiciones del entorno y del suelo.
- 16) Trazado de rutas de tuberías y trochas de acceso para excavación y montaje, reduciendo en la medida de lo posible la corta de árboles gruesos de diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 40 cm., particularmente de especies de mayor importancia ecológica. Ver Cuadro No. 5.2.1. 2. Brindar capacitación y emplear personal calificado y técnicas de tala dirigida, además realizar el arrastre de trozas con cable o aserrar in situ para reducir daños al ecosistema.
- 17) Elaboración de planes del acondicionamiento final de las escombreras, contemplando conformación, confección de obras de manejo de escorrentía y control de erosión, descompactación del terreno, colocación de capa superior de suelo orgánico de al menos 30 cm de grosor y reforestación.
- 18) Debe realizarse un monitoreo mensual de mamíferos en las áreas intervenidas, para determinar tanto el impacto real, como la efectividad de la medida propuesta e implementar correcciones de ser necesario y se debe continuar el monitoreo mensual durante un año, al menos al año y cinco años después del inicio de la fase operativa del proyecto, cuando las áreas reforestadas hayan alcanzado cierta madurez
- 19) Considerar desde el diseño, infraestructura con aislante de ruido.

- 20) Instalación de luminarias de sodio de baja presión (luz amarilla o la recomendada para reducir afectación a la fauna por contaminación lumínica), o luces de neón (por ser más opacas), los dispositivos de alumbrado (lámparas), deben estar diseñados de forma que la iluminación se dirija hacia el suelo y no hacia arriba ni hacia los lados, para reducir la influencia de la luz hacia áreas aledañas.
- 21) Diseños de las edificaciones ajustados a las formas y color del paisaje natural e implementación de vallas o pantallas vegetales que cumplan un papel de camuflaje o enmascaramiento.
- 22) Formular y ejecutar un plan de relación con las comunidades, para ello se debe constituir un Comité de Enlace con representantes de las comunidades del AID asignados por las organizaciones sociales de éstas.
- 23) Se dispondrá de un equipo técnico y social preparado para atender los impactos acumulativos y sinérgicos del medio social de los proyectos geotérmicos en la zona.
- 24) Coordinar con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) la realización de un diagnóstico de necesidades de capacitación para las comunidades del área de influencia social.
- 25) Elaborar e implementar un plan de educación ambiental para los centros educativos ubicados en las comunidades del área de influencia social.
- 26). Contratar no menos del 60% de mano de obra local, específicamente de las comunidades del área de influencia social. Se fomentará la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres.
- 27) Colocar rotulación y señalización vial cercana a las instalaciones de los hoteles Borinquen y Buena Vista que indique los trabajos que se están realizando y la advertencia de la entrada y salida de vehículos y maquinaria pesada. La señalización debe estar traducida al idioma inglés debido a que muchos turistas son extranjeros.
- 28) Se deberán realizar evaluaciones arqueológicas en aquellos terrenos destinados a la construcción de obras donde se identificaron sitios arqueológicos.
- 29) Diseñar e implementar un plan de gestión integral de residuos en el campamento y frentes de trabajo.
- 30) Mejorar la infraestructura vial de cada una de las comunidades, en los trayectos utilizados por el proyecto. Lo cual incluye valoración estructural y geotécnica de los puentes y su eventual reparación o reconstrucción, cambio de alcantarillas y mantenimiento de la carpeta asfáltica

11 POLÍTICA AMBIENTAL DEL PROYECTO

El Proyecto Geotérmico Borinquen se apegará a los principios y directrices señalados en la Política Ambiental del Sector Electricidad (1, marzo 2013) y a lo señalado sus Lineamientos Ambientales los cuales modificados el pasado 1 de marzo del 2013 por la Gerencia de Electricidad. Ver Anexo No.11.1.

12 BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- Abarca, H. 2007. El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua. *Revista Biocenosis*. 20: 95-104
- Abel-Vidor, S., C. Baudez, R. Bishop, L. Bonilla, M. Calvo, W. Creamer, J. Day, J.V.Guerrero, P. Healy, J. Hoopes, F. Lange, S. Salgado, R. Stroessner y A. Tillet. 1990. Principales tipos cerámicos de la Gran Nicoya. *Vínculos* 13 (1-2):35-317.
- Abellan J. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Hacienda Borinquen). Cañas Dulces – Liberia, 2012.
- Acón y Asociados. 1990. Estudio Preliminar de suelos de Costa Rica (Escala 1:200.000) SEPSA/MAG. San José, Costa Rica.
- Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. &Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28 (1): 35-65
- Agüero J. M., Alvarado A. 1983. Compactación Y Compactibilidad de Suelos Agrícolas y Ganaderos de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 7 (1/2): 27-33.
- Alba-Tercedor. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía, Almeria . Volumen II.
- Alvarado, G. 2000. Los volcanes de Costa Rica: geología, historia y riqueza natural. 2 ed. EUNED. San José, Costa Rica. 284 p.
- Alvarado, G.E. & Vega, E., 2002: Los grandes deslizamientos tipo debris avalanche en Costa Rica. -VIII Seminario Nacional de Geotecnia, 3er Encuentro Centroamericano de Geotecnistas: "Geotecnia en la Prevención de Desastres en el Entorno". San José, 5-7 de junio, págs. 48-61.
- Alvarado, G.E. & Gans, P.B, 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – *Revista Geológica de América Central*, 46: 7-122.
- Araya Astorga, G. (2005). Paisaje, en Instituto Costarricense de Electricidad. Estudio de Impacto Ambiental Pailas. San José, Costa Rica

- Archer J.R., Smith P.D. 1972. The Relation Between Bulk Density, Available Water Capacity and Air Capacity of Soils. *Journal of Soil Science* 23(4): 475-480.
- Área de Salud de Liberia (2007) Análisis de la Situación de Salud del cantón y los distritos de Liberia.
- ASA/MAG. (2004). Programa de Ganadería Sostenible de Hojanca y La Cámara de Ganaderos de Hojanca, Costa Rica.
- ASA/MAG. (2012). JIMENEZ M. Directora Agencia de Servicios Agropecuarios – ASA del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Correo electrónico: mjimenezrivas@gmail.com, magasaliberia@gmail.com.
- Balderas Pavón, Edgar (compilador) (2006) *Sistemas de análisis social. Enfoques y herramientas participativas para procesos de desarrollo*. CEBEM Editores. Impreso en Bolivia
- Barahona, M., Bonilla, E., Cortés, R., Coto, L., Guzmán, G., Herrera, P., Hidalgo, P., Martens, U., Méndez, J., Pérez, K., Reyes, K., Sjöbohm, L., Vargas, C. & Zamora, N. (2001). *Geología-vulcanología del campo geotérmico Borinquen-Las Pailas*. Universidad de Costa Rica – Instituto Costarricense de Electricidad. 222pp. (inédito).
- Barahona, M., Bonilla, E., Cortés, R., Coto, L.G., Herrera, P.C y otros. (2001). *Geología - Vulcanología del Campo Geotérmico Borinquen - Las Pailas. Campaña Geológica 2001 (G-5216)*. Instituto Costarricense de Electricidad - Universidad de Costa Rica. 162 pp.
- Barquero, J. & Segura, J., 1983: La actividad del Volcán Rincón de la Vieja. - *Boletín de Vulcanología*, 13: 5-10, Heredia.
- Barrantes, G. Chaves, J. & Sánchez, E. 2002. Zeledonia, Lista oficial de las aves de Costa Rica. *Boletín especial de la Asociación Ornitológica de Costa Rica*. 30p.
- Barrantes M. 2013. Reporte Petrográfico de 6 muestras de cenizas del P.G Borinquen. Informe Interno ICE - CS Diseño - UEN PySA. 27 p.
- Baudez, C.F. 1967. *Recherches Archéologiques dans la Vallée du Tempisque, Guanacaste, Costa Rica*. Travaux et Memoires de L'Institut des Hautes de L'Amérique Latine 18. Institut des Hautes Etudes de L'Amérique Latine, Paris.
- Baudez, C.F. y M.D. Coe 1962. *Archaeological Sequences in Northwestern Costa Rica*. Akten des 34. International en Amerikanisten kongresses, Vol. 1:366-373. Verlag Ferdinand Berger, Horn, Wien.

- Bellon, H y Tournon, J. (1978). Contribution de la geochronométrie K-Ar a l' étude du magmatism de Costa Rica, Amérique Central. Bull. Soc. Géol. France. 20(6): 955-959.
- Bergoeing, J.P; Brenes L.G; y Malavassi, E. (1983). Geomorfología del Pacífico norte de Costa Rica. Interpretación del mapa geomorfológico 1:100,000. U.C.R.-I.G.N., Costa Rica, 97 pp.
- Bergoeing, J.P. (2007). Geomorfología de Costa Rica. 2da edición. Librería Francesa. San José, Costa Rica. 328 pp.
- Bergoeing, J.P y Brenes, L.G. (2010). Mapa geomorfológico de Costa Rica: Hoja Liberia. Atlas Geomorfológico de Costa Rica escala 1:350.000. Proyecto N°217-A6-230. Escuela Geografía. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica.
- Bernstein, D.J.1978. Artefactos de piedra pulida de Guanacaste, Costa Rica: una perspectiva funcional. Vínculos 6(2):141-153
- Bertsch F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.157 p.
- Biielders C.L., DE Baker L.W., Delvaux B. 1990. Particle Density of Volcanic soils as Measured with Gas Pycnometer. Soil Science Society of America Journal. 54:822–826
- Blake GR. 1965. Method of soil analysis. Agronomy Monograph, no 9. p. 371-377.
- Blakemore L.C., Searle P.L., Daly B.K. 1987. Method for chemical analysis of soil. Soil Bureau Scientific, No 2. pp. 45-46.
- Bolaños R.A; Watson V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica: según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de LR Holdridge. San José, CR, Centro Científico Tropical. 1:200,000. Color. (Liberia CR-2CM-1)
- Bolós et al (1992), Manual de Ciencia del Paisaje, teoría, métodos y aplicaciones, Barcelona, España.
- Boudon, G., Rançon, j.-p., Kieffer, G., Soto, G.J., Traineau, H. & Rossignol, J.-C., 1996: Les éruptions de 1966-70 et 1991-92 du volcan Rincón de la Vieja, Costa Rica: exemple d'activité récurrente d'un système hydromagmatique. – Comptes Renduz de l'Académie des Sciences de Paris, 322, Ila : 101-108.

- Boudon, G., Rançon, j.-p., Kieffer, G., Soto, G.J., Traineau, H. & Rossignol, J.-C., 1997a: Estilo eruptivo actual del volcán Rincón de la Vieja: evidencias de los productos de las erupciones de 1966-70 y 1991-92. - *Rothschildia*, 2,2: 10-13.
- Boudon, G., Soto G.J., Alvarado G.E., Villemant, B. & Rossignol, J.-C., 1997b: The November 1995 hydromagmatic eruption of Rincón de la Vieja (Costa Rica): Recurrent activity of an active hydrothermal system. – [res.] IAVCEI General Assembly Volcanic Activity and the Environment, Puerto Vallarta, México, enero 19-24 de 1997, Abstracts: 147.
- Boza, M.A., 1978: Los Parques Nacionales de Costa Rica. - 224 págs. INCAFO, S.A., Madrid.
- Buol S.W., Hole F.D., McCracken R.J. 1989. Soil genesis and classification. 5ta ed. Iowa State University Press, Ames. USA. 496 p.
- Bussing, W. 2002. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. 2da ed. Universidad de Costa Rica. 504p.
- BROCK MENKING P. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Hacienda Las Imágenes). Cañas Dulces – Liberia, 2012.
- Cabrera Padilla, Roberto. 2007. Tierra y ganadería en Guanacaste. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago.
- Campos, E., 1997: Simulación de la dispersión de ceniza durante las erupciones de noviembre de 1995 del Volcán Rincón de la Vieja. - *Top. Meteor. Oceanog.*, 4(1): 5-13.
- Carr, M. J., CRAIG, A. & BRUCE, G., 1986: Nuevos análisis de lavas y bombas del Rincón de La Vieja, Costa Rica. – *Boletín de Vulcanología*, 16: 23-30, Heredia.
- Carr, M.J., Feigenson, M.D., Patino, L.C. & Walker, J.A., 2003: Volcanism and Geochemistry in Central America: Progress and Problems. - En Eiler, J. & Abers, G. (eds.): *Inside the Subduction Factory*, Geophysical Monograph v. 138; p.153-179.
- Castillo JM. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Albergue Buena Vista), Lodge. Cañas Dulces – Liberia, 2012.
- Cervantes C., 1977. Caracterización de la fracción mineral y determinación del ZPC en cuatro Andepts de la provincia de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotécnia, 78 p.

- Chavarría, L. & Rodríguez, A., 2010: Geothermal Reconnaissance of the Caribbean Flank of the Rincón de la Vieja Volcano, Costa Rica. – Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25-29 abril 2010, paper 1127, 7 págs.
- Chavarría L., Mora O. 2007. Geología de los sectores Borinquen y las Lilas. Informe Interno. C.S. Recursos Geotérmicos, ICE. 13 p.
- Chavarría, L. & Mora, O. (2007). Geología de los sectores Borinquen y Las Lilas. San José: ICE. p.18.
- Chávez, S.1993. Capacidad de uso que posee los senderos en parque nacionales. Curso Regional Regional de actualización para arqueólogos en servicio. Organización de los Estados Americanos. El Salvador, Nicaragua, Costa Rica. Volumen número 2.
- Chiesa, S., Alvarado, G.E., Pecchio, M., Corella, M. & Zanchi, A., 1994: Contribution to petrological and stratigraphical understanding of the Cordillera de Guanacaste lava flows, Costa Rica. – Revista Geológica de América Central, 17: 19-43.
- Chiesa, S. (1991). El flujo biotítico del Río Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Revista Geológica de América Centra. 12. San José, CR.:UCR. p. 73-83.
- Chiesa, S., Corella, M. y Mora, O. (1987). Geología meseta ignimbrítica de Santa Rosa. Instituto Costarricense de Electricidad, Dirección de Planificación Eléctrica, Guanacaste.
- Chinchilla M 2008. Caracterización de suelos en el piedemonte del flanco oeste del macizo volcánico del Rincón de la Vieja. GUANACASTE, COSTA RICA. En prensa.
- Chinchilla M 2011. Caracterización de suelos en el Campo Geotérmico Miravalles. GUANACASTE, COSTA RICA. En prensa.
- Cooke, R. y L.A. Sánchez 1993. Panamá prehispánico: tiempo, ecología y geografía política (una breve síntesis). Istmo (Revista Virtual Estudios Literarios y Culturales Centroamericanos): 1-37
- CORFOGA. (2000). Censo Ganadero 2000. San José, Costa Rica. Correo electrónico: corfoga@racsa.co.cr
- CORFOGA., MAG. (2004). Programa de erradicación del Gusano Barrenador. Encuesta Ganadera 2004. San José, Costa Rica.

- CORFOGA. CIAT, ILRI. (2007). HOLMANN F., RIVAS L., PÉREZ E., CASTRO. C., SCHUETZ P., RODRIGUEZ J. La cadena de la carne bovina en Costa Rica. Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad., San José, Costa Rica.
- Costa Rica. 2001. División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. San José.
- Costa Rica. 2001. División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. San José.
- CITES. 2010. Convención Internacional sobre el comercio de especies amenazadas de flora y fauna silvestres. Apéndices I, I y III. En internet: <http://www.cites.org/esp/app/index.php>. Bajado el 13 de septiembre 2012.
- Creamer, W. 1982. Sistemas de intercambio en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, 1200-1550 d.C. Vínculos 8(1-2):13-18.
- Dec D., Dörner J., BALOCCHI O. 2011. Temporal and Spatial Variability Of Structure Dependent Properties of A Volcanic Ash Soil Under Pasture In Southern Chile. Chilean Journal of Agricultural Research 71(2): 293-303.
- Dec D., Dörner J., Balocchi O., Lopez I. 2012. Temporal Dynamics of Hydraulic and Mechanical Properties of an Andosol under Grazing. Soil & Tillage Research 125: 44–51
- Deering C, Vogel T, Patino L, Alvarado G. (2007). Origin of distinct silicic magma types from the Guachipelín Caldera, NW Costa Rica: evidence for magma mixing and protracted subvolcanic residence. J Volcanol Geo Res. doi:10.1016/j.jvolgeores.
- Dengo, G. (1962). Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. I.G.N., San José, 112.
- Dodds, W. 2002. Freshwater Ecology. Concepts and environmental applications. Academic Press. San Diego, California. 569 pp.
- Dóndoli, C. (1950). Liberia y sus alrededores. Bol. Técn. Ministerio Agric. e Industria, San José, Costa Rica 3, 8.
- Escobar, A. 1989. Estudio de las comunidades macrobentónicas en el río Manzanares y sus principales afluentes. Actualidades biológicas 18 (65): 45-60.
- Evans, D. M., 1966: The Denver area earthquakes and Rocky Mountain Arsenal Disposal Well. Mountain Geologist, 3, 23-26.

- Fallas. C. ICE. (2010). Miravalles. Historia del Primer Complejo de Energía Geotérmica en Costa Rica. Aporte al Desarrollo Socioeconómico y Ambiental de una Región. San José, Costa Rica.
- Fallas B. 2012. Análisis climatológico descriptivo de la zona del Proyecto Geotérmico Borinquen y su área de influencia. Informe D1 Es. I. A. Proyecto Geotérmico Borinquen. Pp. 14-31
- Fernández, E., Brenes, J. & Barboza, V., 1991: La actividad eruptiva del Volcán Rincón de La Vieja, durante los días 6, 7 y 8 de mayo de 1991. – Boletín de Vulcanología, UNA, 22: 11-17. Heredia.
- Forsythe W. 1985. Física de suelos: manual de laboratorio. San José, CR, IICA. 212p.
- FRANTZIUS, A. VON, 1861: Beiträge zur Kenntniss der Vulkane Costarica's. - Petermann's Mittheilungen, Gotha, Heft IX: 329-338.
- Garrigues, R. & Dean, R. 2007. The Birds of Costa Rica. A Field Guide. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA. 387p.
- González M.I. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Las Lilas). Cañas Dulces – Liberia, 2012.
- Guerrero, J.V. 1988. El contexto del jade en Costa Rica. Vínculos 12(1986): 69-81. 2001. Informe de inspección Arqueológica, en Finca el Escobio, Liberia, Guanacaste. Msc. Depto. de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.
- Guerrero, J.V., L.F. Solís y R. Vázquez 1994. El período Bagaces (300-800 d.C.) en la cronología arqueológica del Noroeste de Costa Rica. Vínculos 18(1-2) y 19(1-2):91-110.
- Guerrero, J. V y F. Solís 1997. Los pueblos antiguos de la zona Cañas-Liberia. Museo Nacional de Costa Rica.
- Hantke, G., 1971: Rincón de la Vieja. Annual report of volcanic activity. – Bul. Volc. Erupt. Bull. Volcanol., 34 (2): 7-8.
- Harrington P. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Las Lilas). Cañas Dulces – Liberia, 2012.
- Healy, J. H., Rubey, W.W., Griggs D. T. & Raleigh C. B., 1968: The Denver earthquakes. Science, 161, 1301-1310.

HEIKEN, G., MURPHY, S., HACKETT, A. & SCOTT, K., 1995: Volcanic Hazards and Energy Infrastructures. - U.S Department of Energy Code EH-33: Office of Risk Analysis and Technology. LA-UR, 95-1087: 1-45.

Henríquez C; Cabalceta G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 112p.

Hernández C; 2012. Arqueología del Campo Geotérmico Borinquen. (Comunicación personal). Costa Rica.

Hernández, A. C.

2005. Inspección arqueológica en el pueblo Las Lilas, Liberia, Guanacaste. Msc. Centro de Gestión Ambiental, UEN PySA, Instituto Costarricense de Electricidad.

2006. Reconocimiento Arqueológico e Histórico en el Proyecto Geotérmico Las Pailas. Msc. Centro de Gestión Ambiental, UEN PySA, Instituto Costarricense de Electricidad.

2012. Inspección Arqueológica en el terreno aledaño a la plataforma 3 Proyecto Geotérmico Borinquen. Liberia, Guanacaste. Msc. Centro de Gestión Ambiental, UEN PySA, Instituto Costarricense de Electricidad.

Hernández. JL. (2012). (Comunicación personal). Funcionario SENASA - MAG – Liberia. Febrero, 2012.

HIDALGO A. CARLOS, MONGE R. CYNTHIA, BARRIENTOS S. ORLANDO. (2004). Informe preliminar del país sobre la situación de los recursos zoogenéticos. INTA – FAO. San José, Costa Rica.

Holdrige, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José. Costa Rica. IICA.

Hollister, J. C. & Weimer, R. J. (eds), 1968: Geophysical and geological studies of relationships between the Denver earthquakes and Rocky Mountain Arsenal Well. Quarterly, Colorado School Mines, 63, 1-251.

Hoopes, J. W.

1985. El Complejo Tronadora: Cerámica del Período Formativo Medio en la Cuenca Arenal, Guanacaste, Costa Rica. Vínculos 11(1985):111-118.

1986. A preliminary ceramic sequence for the Cuenca de Arenal, Cordillera de Tilarán región, Costa Rica. Vínculos 10(1-2):129-147.

1987. Early ceramics and the origins of village in Lower Central America. Tesis de Doctorado, Universidad de Harvard.

1994. La arqueología del Guanacaste Oriental. Vínculos 18-19(1992-93):69-89.
- Hubbert, M. K. & Rubey, W. W., 1959: Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting, 1. Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting. Geological Society of America Bulletin, 70, 115-166.
- Funaioli G., Rossi L. (1991). Tesi Di Laurea: Il Complesso Vulcanico Del Rincón De La Vieja (Costa Rica): Evoluzione Geo-Vulcanologica E Chimico-Petrografica. Universita' Degli Studi Di Pisa, Italia. 9
- Hurtado de Mendoza, L. y G. Alvarado 1988. Datos arqueológicos y vulcanológicos de la Región del Volcán Miravalles, Costa Rica. Vínculos 14(1-2): 77-89.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). 2007. Geología de los Sectores Borinquen y las Lilas. C.S. Recursos Geotermicos. 13 p.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). 1989. Proyecto Geotérmico de Miravalles. Estudio de Suelos y Análisis Foliar. San José, Costa Rica. 139 p.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). 1994. Explotación del depósito ignimbrítico tajo Gris. Estudio de Impacto Ambiental. Conseción No. 5M-93. Bagaces, Guanacaste, CR. s.p.
- ICE. (1976). Informe de Prefactibilidad Técnica del Proyecto Geotérmico Guanacaste. San José, Costa Rica.
- ICE. (1988). Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Geotérmico Miravalles (Informe final, tomo II). San José, Costa Rica.
- IFAM (Instituto de Fomento y Asesoría Municipal). 2002. Cantones de Costa Rica. 7 ed. Digital.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1965. Hoja cartográfica Cacao (3148 IV). San José, CR, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Esc. 1:50,000. Color.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1965. Hoja cartográfica Cacao (3148 IV). San José, CR, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Esc. 1:50,000. Color.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1977. Hoja cartográfica Curubande (3148 III). San José, CR, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Esc. 1:50,000. Color.

- IGN. (2009). División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica.
- International Organization for Standardization. (1992). Corrosion of Metal and Alloys- Corrosivity of atmospheres- Measurement of pollution. Suiza: ISO.
- International Organization for standardization. (2012). Corrosion of Metal and Alloys- Corrosivity of atmospheres- Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity. Suiza: ISO.
- International Organization for Standardization. (1992). Corrosion of Metal and Alloys- Corrosivity of atmospheres- classification. Suiza: ISO.
- Instituto Costarricense de Electricidad 2006. Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Geotérmico Las Pailas.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), 2005. Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Geotérmico Las Pailas, Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), Expediente de la SETENA No. 788-04.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), 1993. Informe Climatológico de la zona del Proyecto Geotérmico Miravalles y su área de influencia.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 1986. Documento preliminar sobre la situación de las cooperativas en Guanacaste. San José.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 1990. Diagnóstico rápido en Asentamientos IDA de la Región Chorotega. Proyecto Forestal IDA-FAO-Holanda. Editado por Carlos Brenes Castillo y Paul vander Poel. Liberia.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 1996. Procesos endógenos de investigación campesina y oferta técnica del Proyecto Forestal Chorotega. Proyecto Forestal IDA-FAO-Holanda. Editado por Jaime Valverde y Mario Zappacosta. Liberia.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 2004. Programa Nacional de Titulación. Composición parcelaria del asentamiento; octubre 1961-junio 2004. San José.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 2005. Programa Nacional de Titulación. Asentamientos adquiridos de 1961 al 2005, corte 18. San José.
- Instituto de Tierras y Colonización. 1963. Memoria anual. San José.
- Instituto de Tierras y Colonización. 1972. Informe de la supervisión realizada a los proyectos San Dimas, Las Lilas y San Luis. San José.

- Instituto de Desarrollo Agrario. 1986. Documento preliminar sobre la situación de las cooperativas en Guanacaste. San José.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 1990. Diagnóstico rápido en Asentamientos IDA de la Región Chorotega. Proyecto Forestal IDA-FAO-Holanda. Editado por Carlos Brenes Castillo y Paul vander Poel. Liberia.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 1996. Procesos endógenos de investigación campesina y oferta técnica del Proyecto Forestal Chorotega. Proyecto Forestal IDA-FAO-Holanda. Editado por Jaime Valverde y Mario Zappacosta. Liberia.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 2004. Programa Nacional de Titulación. Composición parcelaria del asentamiento; octubre 1961-junio 2004. San José.
- Instituto de Desarrollo Agrario. 2005. Programa Nacional de Titulación. Asentamientos adquiridos de 1961 al 2005, corte 18. San José.
- Instituto de Tierras y Colonización. 1963. Memoria anual. San José.
- Instituto de Tierras y Colonización. 1972. Informe de la supervisión realizada a los proyectos San Dimas, Las Lilas y San Luis. San José.
- JIMENEZ. M. (2012). (Comunicación personal). Funcionario ASA - MAG – Liberia. Febrero, 2012.
- Kauffman J. B., Krueger W. C. 1984. Livestock Impacts on Riparian Ecosystems and Streamside Management Implications. A Review. *Journal of Range Management*. 37(5): 430-438
- Kempton, K., 1997: Geologic evolution of the Rincón de la Vieja Volcanic Complex, NW Costa Rica. - xvii +192 págs. University of Texas at Austin [Tesis PhD].
- Kempton, K., BENNER, S.G. & WILLIAMS, S.N., 1996: Rincón de la Vieja volcano, Guanacaste province, Costa Rica: geology of the southwestern flank and hazard implications. – *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 71: 109-127.
- Kempton, K. (1997). Geologic evolution of the Rincon de la Vieja volcanic complex, northwestern Costa Rica (en inglés). [Tesis Ph. D.]. University of Texas, Austin. p. 159.

- Kottak, Conrad Phillip. 2002. Antropología Cultural. Universidad de Michigan. Traducción y adaptación de José C. Lisón Arcal; Universidad Complutense de Madrid. Editorial Mc Graw Hill. Novena edición. Madrid.
- Kottak, Conrad Phillip. 2002. Antropología Cultural. Universidad de Michigan. Traducción y adaptación de José C. Lisón Arcal; Universidad Complutense de Madrid. Editorial Mc Graw Hill. Novena edición. Madrid
- Krushernsky, R.D. & SPENCER, F.D., 1967: Effects of recent eruptions of the volcano Rincón de la Vieja, Costa Rica. Costa Rica Investigations. US Geol. Surv., 6 págs. [Nota técnica inédita].
- Kubicki, B. 2007. Ranas de vidrio de Costa Rica. INBIO. 299p.
- Lange, F.W
1969. An Archaeological Survey of the Río Sapoa Valley: Report on a preliminary season of archaeological research in Northwestern Guanacaste Province, Costa Rica. Mimeographed. Associated Colleges of the Midwest, Chicago, Illinois.
- 1980a. The Formative Zoned Bichrome Period in Northwestern Costa Rica (800 B.C. to A.D.500): Based on excavations at the Vidor Site, Bay of Culebra. Vínculos 6(1-2):33-42.
- 1980b. Investigaciones arqueológicas en la zona de Bahía Culebra, Costa Rica (1973-1979). Vínculos 6 (1-2):5-7.
1990. Breve resumen de las conferencias sobre la cerámica de la Gran Nicoya. Vínculos 13(1987):1-5.
1994. Evaluación histórica del concepto Gran Nicoya. Vínculos 18(1-2) y 19(1-2):1-8 Lange, F. W. y S. Abel-Vidor.
- La Gaceta Nº 178, Poder Ejecutivo, Decreto Nº 33903-MINAE-S El Presidente de la República, El Ministro de Ambiente y Energía y La Ministra de Salud. 2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. La Uruca, San José, Costa Rica. 7pp.
- LOBO M. (2001). AGROSTOLOGIA. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- MAG-MIRENEM (Ministerio de Agricultura y Ganadería; Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas). 1995. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Segunda Edición. San José, Costa Rica. 59 p.

- MAG. (2007). FEDERACIÓN DE CÁMARAS DE GANADEROS DE GUANACASTE “Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la Región Chorotega”. Liberia, Costa Rica. 72 p.
- MAG. (2008). Agro-Cadena de la Ganadería Bovina de Carne de la Región Chorotega “Manual de recomendaciones para el Manejo Sostenible de la Ganadería de Carne en la Región Chorotega”. Liberia, Costa Rica. 73 p.
- MAG/SENASA. (2012). Dr. JL. Hernández. O. Flores. Dirección Regional Chorotega del Ministerio del Agricultura y Ganadería. Correo electrónico: oflores@senasa.go.cr
- McCafferty, P. 1998. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers. Toronto Canada. 448p.
- Medianero E. & Samaniego M. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. Folia Entomol. Mex. 43 (3): 279-294
- MEIC. DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. (1987). Censo Agropecuario 1984, de la República. San José, Costa Rica.
- Melson, W. (1988). Erupciones explosivas de importancia en volcanes de Costa Rica. Bol de Vulcanol., v. 16 -19.
- Melson, W. G., 1988: Major explosive eruptions of Costa Rica volcanoes. - Update for Costa Rica Volcanism Workshop, Costa Rica Volcanism, Washington 14-18, Nov., 1988, 6 págs. [inédito].
- Merrit, R., Cummins, K. & Berg, M. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. United State of America. 1158 pp.
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1995), Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología, España.
- Mister, J., & Jordan, T. (1978). Present-day plate motion. J. Geoph. Res., 83, 5331-5334.
- Molina F., Chavarría L., Vega E. 2002. Geología del área geotérmica Borinquen. Informe Interno. C.S. Recursos Geotermicos, ICE. 52 p.
- Molina, F., Chavarría, L. & Vega, E. (2002). Geología del área geotérmica Borinquen. San José: ICE. p. 52.
- Molina, P. 2010. Organización del trabajo en la construcción del Sitio Río Negro (G775RN): un cementerio asociado al período de Bagaces (300-800 D.C),

Hacienda Guachipelín, Guanacaste. Tesis de licenciatura, Escuela de Antropología, Universidad de Costa Rica.

Mooser, F., Meyer-Abich, H. & Mcbirney, A., 1958: Catalog of Active Volcanoes of the World including Solfataras Fields. Central America. - International Volcanological Association, IV: 133-146.

Montero, W., 1986: Periodos de recurrencia y tipos de secuencias sísmicas de los temblores intraplaca e interplaca de Costa Rica. - Revista Geológica de América Central, 5: 35-72.

Montero, W. & Alvarado, G.E., 1988: Los Terremotos de Bagaces de 1935 y 1941: Neotectonismo Transversal a la Cordillera Volcánica del Guanacaste, Costa Rica. - Rev. Ciencia y Tecnología, 12(1-2): 69-87, San José, Costa Rica.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84 pp.

Moscoso M. (2012). Encuesta Agropecuaria dirigida a Productores aledaños a Campo Geotérmico Borinquen (Albergue Buena Vista), Lodge. Cañas Dulces – Liberia, 2012.

Morales P. (MAG, 2010). (Comunicación personal). Servicios Agropecuarios Extensión - Dirección Regional Chorotega – MAG <petermorales48@hotmail.com>.

Municipalidad de la Cruz. Historia del Municipio. www.munilacruz.go.cr/. En caché Muñoz Fonseca, Juan Rafael. Edición 2011. Liberia, mi homenaje a sus pobladores, a mi gente. Liberia.

Municipalidad de Liberia, Guanacaste (2008) Plan de Desarrollo Municipal (2008-2012)

Municipalidad de la Cruz. Historia del Municipio. www.munilacruz.go.cr/. En caché Muñoz Fonseca, Juan Rafael. Edición 2011. Liberia, mi homenaje a sus pobladores, a mi gente. Liberia.

MUNICIPALIDAD DE LIBERIA, ALCALDIA MUNICIPAL. (2011). Plan de Desarrollo Municipal del Cantonal de Liberia, 2008 - 2012.

Munsell color company 1994. Munsell soil color charts. Maryland, USA. s.p.

Norr, L. 1986. Archaeological Site Survey and Burial Mound Excavation in the Río Naranjo-Bijagua Valley. En: Prehistoric Settlement Patterns in Costa Rica, F.W. Lange y L. Norr, Eds., Journal of the Steward Anthropological Society, Vol. 14 (1982/1983): 135-156, Urbana, Illinois.

- Norweb, A. H. 1961. The archaeology of the Greater Nicoya Subarea. Ms. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Harvard University, Cambridge.
- Ohtake M., 1974: Seismic activity induced by water injection at Matsushiro, Japan. *Journal of Physics Earth*, 22, 163-176.
- Otero Huerta, E. (2001). *Corrosión y degradación de los materiales*. Madrid: Síntesis SA.
- Paniagua, S. & Soto, G.J., 1986: Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica, América Central. - *Ciencia y Tecnología*, 10 (2): 49-72.
- Paniagua, S., Salazar, L.G., Kussmaul, S., Monge, A. & Obando, L.G., 1996: Síntesis de la amenaza volcánica y estimación básica del riesgo del volcán Rincón de la Vieja, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica. - *Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica*, 64 págs. [Informe interno].
- Paniagua, S., Salazar, L.G., Kussmaul, S., Monge, A y Obando, L.G. (1996). Síntesis de la amenaza volcánica y estimación básica del riesgo del volcán Rincón de la Vieja, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica: Informe final. *Escuela Centroamericana Geología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica*. 64 pp.
- Pardo, I., Álvarez M., Casas J., Moreno J., Vivas S., Bonada N., Alba J., Jaimez P., Moya G., Prat N., Robles S., Suárez M., Toro M. & Vidal M. 2004. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad del hábitat. *Limnetica* 21 (3-4):115-133
- Paripovic D. 2011. Impacts of conversion from forestry to pasture on soil physical properties of Vitrandis (Pumice Soils) in the Central North Island, New Zealand. M.Sc. Thesis. The University of Waikato. New Zealand. 91 p.
- Pérez G. E. (2001). *Censo Bovino Nacional*. Revista CORFOGA. San José, Costa Rica.
- Poder Ejecutivo. 2007. Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Decreto Ejecutivo N° 26435-MINAE. *La Gaceta* N° 233, miércoles 3 de diciembre de 1997. San José, Costa Rica.
- Poulton B., Wildhaber M., Charbonneau C., Fairchil J., Mueller B. & Schmith C. 2003. A longitudinal assessment of the aquatic macroinvertebrate

- community in the channelized lower Missouri river. *Environmental Monitoring and Assessment* 85: 23–53.
- Pittier, H., 1912: Costa Rica, Beiträge zur Orographie und Hydrographie. - *Pettermann's Mittheilungen*, Gotha 37(175):1-48.
- Plafker, G., 1973: Field reconnaissance of the effects of the earthquake of April 13, 1973, near Laguna de Arenal, Costa Rica. -*Bulletin of the Seismological Society of America*, 63: 1847-1856.
- Quirós E. (2006). *Historia de la Ganadería Bovina en Costa Rica*.
- Ralph C.J., G. Geupel, P. Pyle, T. Maretin, D. DeSante y B. Milá. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46p.
- Ramírez Alvarado, Juan Rafael. 1985-1990 *Monografía del pueblo de Cañas Dulces*. Liberia.
- Reid, F. 2009. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast México*. 2nd Ed. Oxford University Press. New York. 334 p.
- República de Costa Rica. 1962. *Ley de Tierras y Colonización número 2826*. Publicado en el Alcance N° 90 a La Gaceta N° 278 de 8 de diciembre de 1962.
- República de Costa Rica. 2001. *División territorial administrativa de la República de Costa Rica*. Imprenta Nacional, San José.
- Richards L.A. 1941. A pressure - membrane extraction apparatus for soil solution. *Soil Sci.* 51:377-386.
- Rodríguez-H, B.; F.A., Chinchilla & L.J., May-Collado.2002. Lista de especies, endemismo y conservación de los mamíferos de Costa Rica. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6: 21-57.
- Roldán, G. 1998. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Editorial Presencia. Universidad de Antioquia, Bogotá, Colombia. 271 p
- Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Rev Acad. Colomb. CienC.* 23: 375-387.

- Rolier, L. 2009. Camarones dulceacuícolas (Decapoda: Palaemonidae) de la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica. Proyecto Hidroeléctrico El Diquís, Instituto Costarricense de Electricidad.
- Roy A, Rosemond A, Paul M, Leigh D, Wallace J. 2003. Stream macroinvertebrate response to catchment urbanisation (Georgia, U.S.A.): *Freshwater Biology*. 48: 25-32
- Ryder, P. 1986. Guayabo de Bagaces. En: Prehistoric Settlement Patterns in Costa Rica, F.W. Lange y L. Norr, Eds., *Journal of the Steward Anthropological Society*, Vol. 14 (1982/1983): 121-134, Urbana, Illinois.
- Salgado González, Silvia y Jorge Zambrana Hernández 1994 El sector norte de la Gran Nicoya: Nuevos datos en la Provincia de Granada, Pacífico de Nicaragua. *Vínculos* 19(1-2):121-137.
- Salgado, S. y R. Vázquez 2006. Was there a Greater Nicoya Subarea during the Postclassic. *Vínculos* 29(1-2):1-16.
- Salguero, M., 1976: Volcanes de Costa Rica. – 48 págs. Ed. Costa Rica.
- Sánchez, D. 2002. El símbolo mesoamericano de Venus en el arte rupestre de Venezuela: En *Rupestre/web*, <http://rupestreweb.tripod.com/venus.html>.
- Sánchez, L. 2010. Las Ocupaciones Tempranas en Bahía Culebra: Tecnología, Subsistencia y Utilización del Espacio por Comunidades Costeras de los Periodos Orosi Tardío y Tempisque (500 a.C. a 500 d.C.) en Manzanillo (G-430 Mz), Península de Nacascolo, Guanacaste. Costa Rica. *Arqueología Península de Papagayo*. Informe Final.
- Sánchez, M. 1987. Un estudio de la Arqueología de la Cuenca Media del Río Reventazón. Tesis de Licenciatura. Escuela de Antropología y Sociología, Universidad de Costa Rica.
- Sapper, K., 1925: Los volcanes de la América Central. - 144 págs. Max Niemayer, Halle.
- Savage, J. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. The University of Chicago Press. 934 p.
- Seebach, K. Von, 1865: Reise dur Guanacaste (Costa Rica) 1864 und 1865. - *Petermann's Mittheilungen*, Heft VII:241-249.

- SECTOR PRODUCTIVO. (2007). Plan Regional de Desarrollo Región Chorotega, 2007 – 2010 (Comité Sectorial Regional Agropecuario Región Chorotega. Liberia, 2007.
- SENASA. (2010). Correo electrónico: jgonzalez@senasa.go.cr Sharrow S.H. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. *Agroforest Syst* 71:215–223
- SEPSA. (1996-2001). Desempeño de la Ganadería y la industria de la transformación de la carne vacuna en Costa Rica.
- Sequeira Ruiz, Wilder Gerardo. La hacienda ganadera en Guanacaste: aspectos económicos y sociales 1950-1900. 1985. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José.
- Shoji S., Takahashi T. 2002. Environmental and Agricultural Significance of Volcanic Ash Soils. *Global Environmental Research* 6: 113-135.
- Snarskis, M.J. y E. Ibarra 1987. Comentarios sobre el intercambio entre la Gran Nicoya, la Vertiente Atlántica y el Valle Central de Costa Rica en periodos precolombinos e históricos. *Vínculos* 11(1985):57-66.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11^o ed. USDA.
- Soil Survey Staff. 2011. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Tenth ed. Washington DC, USDA. 341 p.
- Soto G., Alvarado G., Goold S. 2003. Erupciones <3800 a.P. del Volcán Rincón de la Vieja, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*. 29:67-86.
- Soto, G.J., Alvarado, G.E., Goold, S y Climent, Á. (2003). Evaluación del peligro y riesgo volcánico que representa el volcán Rincón de la Vieja para el Proyecto Geotérmico Las Pailas, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica. Informe interno ICE, Área de Amenazas y Auscultación Sísmica y Volcánica, 79 pp.
- Soto, G, G. Alvarado y S. Goold 2003. Erupciones<3800 a.P. del Volcán Rincón de la Vieja, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* 29: 67-86.
- Soto, G.J., Alvarado, G.E., GOOLD, S. & CLIMENT, A., 2003a: Evaluación del peligro y riesgo volcánico que representa el volcán Rincón de la Vieja para el Proyecto Geotérmico Las Pailas, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica. – Instituto Costarricense de Electricidad, Área de Amenazas y Auscultación Sísmica y Volcánica, 79 págs. [Informe interno].

- Soucek D.J. y A.J. Kennedy. 2005. Effects of hardness, chloride, and acclimation on the acute toxicity of sulfate to freshwater invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:1204-1210.
- Sparke S, Putwain P, Jones J. 2011. The development of soil physical properties and vegetation establishment on brownfield sites using manufactured soils. *Ecological Engineering* 37: 1700– 1708
- Springer, M., A. Ramírez & P. Hanson. 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Rev. Biol.Trop.* 58 (supl.4).
- Stiles, F. G. y A. Skutch. 2007. Guía de aves de Costa Rica. 4ta ed. INBIO. Heredia, Costa Rica. 680p.
- Stuiver, M. & Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., KROMER, B., McCORMAC, G., VAN DER PLICHT, J., & SPURK, M. 1998: IntCal98 radiocarbon age calibration, 24,000–0 BP. - *Radiocarbon* 40: 1041–1083.
- SUBASTA GANADERA CIUDAD BLANCA. Liberia, 2012.
- Tamaris C., Turizo R. & Zúñiga M. 2007. Distribución Espacio Temporal y hábitos alimenticios de ninfas de *Anacroneria* (Insecta: Pleoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia).
- Tassi, F., Vaselli, O., Capaccioni, B., Giolito, C., Duarte, E., Fernández, E., Minissale, A. & Magro, G., 2005: The hydrothermal-volcanic system of Rincón de la Vieja volcano (Costa Rica): A combined (inorganic and organic) geochemical approach to understanding the origin of the fluid discharges and its possible application to volcanic surveillance. – *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 148: 315-333.
- Taylor, W., 2002: La actividad sismotectónica durante el 2001 en los alrededores de los proyectos de generación eléctrica Miravalles, ARCOSA y Tejona.- *Boletín OSIVAM*, 12 (25): 1-9, San José.
- Taylor, W., 2003: La actividad sismotectónica durante el 2002 en los alrededores de los proyectos de generación eléctrica de Guanacaste.- *Boletín OSIVAM*, 14 (26): 1-9, San José.
- Taylor, W., 2004: La actividad sismotectónica durante el 2003 en los alrededores de los proyectos de generación eléctrica Miravalles, ARCOSA y Tejona.- *Boletín OSIVAM*, 15 (27): 1-10. San José.
- Thorpe, R. Brown, G., Rymer, H., Barrit, S. & Randal, M., 1985: Recent Volcano Monitoring in Costa Rica. – *Earthq. Inf. Bull.*, 17(2):44-49.

- Timm, R.M.; R.K., Laval & B., Rodríguez-H. 1999. Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica. *Brenesia* 52: 1-32.
- Trejos, J.F., 1959: Geografía de Costa Rica. – 347 págs. Imprenta Universal, San José.
- Tristán J. Fid. (1921). Apuntes sobre el Volcán Rincón de la Vieja. *Revista de Costa Rica*. Número 6, año II, San José, febrero 1921.
- Tristán, J.F., 1921: Apuntes sobre el Volcán Rincón de la Vieja. – *Rev. de Costa Rica*, II,7:193-206.
- UICN 2012.IUCN Red List of Threatened Species.Version 2012.1. En Internet: <www.iucnredlist.org>. Bajado el 08 octubre 2012.
- Umaña, J. E., & Mainieri, A., 1973: Informe sobre las visitas efectuadas a las zonas del proyecto Arenal afectadas por el sismos del día 14 de abril de 1973.-Informe interno ICE. Dirección de Ingeniería, Oficina de Geología, 38 p.
- Valencia D. y M. Campos, 2007. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa* 1456: 1-44.
- Van der Plicht, J., Beck, J.W., Bard, E., Baillie, M.G.L., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., Bronk Ramsey, C., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Remmele, S., Richards, D.A., Southon, J.R., Stuiver, M. & Weyhenmeyer, C.E., 2004: NotCal04— Comparison/Calibration 14C Records 26–50 cal kyr BP. - *Radiocarbon*, 46(3): 1225-1238.
- Vázquez, R., F.W. Lange, J.W. Hoopes, O. Fonseca, R. González, A.C. Arias, R.T. Bishop, N.Borgnino, A. Constenla, F. Corrales, E. Espinoza, L.A. Fletcher, J.V. Guerrero, V. Lauthelin, D. Rigat, S. Salgado y R. Salgado 1994. Hacia futuras investigaciones en Gran Nicoya. *Vínculos* 18(1-2):245-278.
- Wainwright, M. 2007. The mammals of Costa Rica, a natural history and field guide. Tropical Zone, Londres. 454p.
- Walkley A; Black CA. 1938. An examination of degtajareffs method for determining soil organic matter and proponed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

- Wardman, J.B., Wilson, T.M., Bodger, P.S., Cole, J.W. & Stewart, C., 2012: Potential impacts from tephra fall to electric power systems: a review and mitigation strategies. – *Bulletin of Volcanology*, 74 (10): 2221-2241.
- Warren S. D., Thurow T. L., Blackburn W. H., Garza N. E. 1986. The Influence of Livestock Trampling under Intensive Rotation Grazing on Soil Hydrologic Characteristics. *Journal of Range Management*. 39(6); 491-495
- Wheeler M. A., Trlica M. J., Frasier G. W., Reeder J. D. 2002. Seasonal Grazing Affects Soil Physical Properties of a Montane Riparian Community. *Journal of Range Management*. 55(1): 49-56
- Zamora, N.; Méndez, J.; Barahona, M. y Sjöbohm, L. (2004). Volcano Estratigrafía asociada al campo de domos de Cañas Dulces, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 30. San José, C.R.:UCR. p. 41-58.
- Zárate, E., 1988: Factores meteorológicos asociados a desastres causados por erupciones volcánicas en Costa Rica. - *Ciencia y Tecnología*, 12 (1-2):41-52.
- Zárate, E., 1991. Comportamiento del viento en Costa Rica. Nota de Investigación No. 2, Instituto Meteorológico Nacional.
- Zehetner F, Miller W.P., West L. 2003. Pedogenesis of Volcanic Ash Soils in Andean Ecuador. *Soil Science Society of America Journal*. 67:1797–1809
- Zeledón, G. 2011. Iconografía de los petrograbados ubicados en la sección del pie de monte suroeste del macizo volcánico Rincón de la Vieja. Tesis de Licenciatura, Escuela de Antropología, Universidad de Costa Rica.
- Zeledón. R. ICE. (1988). Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Geotérmico Miravalles (Informe final, tomo II). San José, Costa Rica.
- Zoback, M. D. & Harles, H. P., 1997: Injection-induced earthquakes and crustal stress at 9 km depth at KTB deep drilling site, Germany. *Journal of Geophysical Research*, 102, 18 477- 18 491.

Fuentes orales:

- Brizuela Rodríguez, Teodosio. Quebrada Grande, 2012
Canales Rueda, Ramón Lilo. Curubandé, 2012
Chavarría Chavarría, José del Carmen. Curubandé, 2012
Garita Rodríguez, María Inés. San Jorge, 2012
Guido Guido, Demetrio. Quebrada Grande, 2012
Jiménez García, María Benita. Buenavista, 2012
Juárez Miranda, Julio. Curubandé, 2012
Méndez García, Guadalupe. Cedros, 2012

Mendoza Coto, Consuelo. Los Ángeles, 2012
Miranda Martínez, Oscar. Cañas Dulces, 2012
Ortiz de la O, Socorro. Agua Fría, 2012
Rodríguez Espinales, Faustino. Lilas, 2012
Sossa Meléndez, Julio Álvaro. Los Ángeles, 2012
Sotela Borges, Sergio. Santa María, 2012
Vargas Eras, Sandra. Quebrada Grande, 2012
Villalobos Cortes, Juanita. Agua Fría, 2012
Zabala Castro, Pedrina. Los Ángeles, 2012
Zabala Gómez, Juan Antonio. Los Ángeles, 2012

Fuentes consultadas en internet

Barquero, Jorge (2004) La variable condición de actividad económica según el Censo Nacional 2000. Resultados y evaluación. Centro Centroamericano de Población (CCP). Universidad de Costa Rica. Revista Electrónica: Población y Salud en Mesoamérica. Volumen 1, número 2, artículo 5.
<http://ccp.ucr.ac.cr/revista>

Educación Ambiental en la República Dominicana, Ciencias de la Tierra, Glosario Meteorológico:
http://jmarcano.topcities.com/ciencias/glosario/meteo_v.html#viento1

El País. Julio 1980.
http://elpais.com/diario/1980/07/27/internacional/333496822_850215.html

El País. Julio 1980.
http://elpais.com/diario/1980/07/27/internacional/333496822_850215.html

El País. Julio 1980.
http://elpais.com/diario/1980/07/27/internacional/333496822_850215.html

Gutiérrez, L.M. y M.A. Torres 2010. Hacia una visión astronómica del arte precolombino. Las aves y la seducción de las estrellas. En
<http://www.desdeabajo.info/ediciones/item/6204-hacia-una-vision...html>.

Mora, M.M., Taylor, W. & Soto, G.J., 2012: Sismicidad inducida y otros efectos causados en el arco magmático. - En: Linkimer, L. & Soto, G.J. (Eds.): El Terremoto de Sámara del 5 de setiembre del 2012. – Informe de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE): 62-78. [Disponible en línea en: http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2012_11/Terremoto_Samara_2012_Eds_Linkimer_y_Soto.pdf].

Mora-Amador, R., Alpízar, Y., Ramírez, C., González, G., Freni, D., Valverde, F., Fernández, D. & Santamaría, R., 2012: Sismicidad inducida y otros efectos causados en el arco magmático. - En: Linkimer, L. & Soto, G.J. (Eds.): El

Terremoto de Sámara del 5 de setiembre del 2012. – Informe de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE): 84-87. [Disponible en línea en: http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2012_11/Terremoto_Samara_2012_Eds_Linkimer_y_Soto.pdf].

Trombley, R.B., 2003: Holocene Volcanic Activity in the Caribbean Plate Margins: Forecast and Risk Assessment. Caribbean volcanic activity and forecast report. 15 January 2003.
<http://www.ig.utexas.edu/CaribPlate/forum/volcanoes/index.htm>.

Tu Tiempo.Net:
http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/emagrama0.htm

Vogel, T.; Patiño, L.; Alvarado G. y Gans P. (2004). Silisic ignimbrites within the Costa Rican volcanic front: evidence for the formation of continental crust. Earth and Planetary Science Letters, 226. p. 149 – 159. [En línea]. Consultado el 25 de julio de 2007 desde: www.sciencedirect.com.

Otras páginas web consultadas:

<http://www.mag.go.cr>
<http://www.senasa.go.cr>
<http://www.camaradeganaderos.com/subastas.html>
<http://www.corfoqa.org>
<http://www.inec.go.cr>
<http://www.ministeriodesalud.go.cr>
<http://www.infoagro.go.cr>
<http://www.guiascostarica.com/provi/liberia.htm>
http://www.infoagro.go.cr/SEPSA/documentacion/.../PRDA_Chorotega.pdf
E-mail: cadeganti@yahoo.es
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212012000100018&script=sci_arttext

13 ANEXOS

Lista de anexos al EsIA PG Borinquen Tomo 3

- 1- Anexo No.3.1.1 Original certificación Persona Jurídica**
- 2- Anexo No.3.1.2 Términos de referencia Resolución No. 2462-2012-SETENA**
- 3- Anexo No.4.5.1 Método para la Seguridad en el manejo de materiales peligrosos –No.4.5.2 Formulario PIR-IN 02 Método para la Selección, Diseño y Construcción de Escombreras**
- 4- Anexo No.4.6.1 Formulario PE-80-IT92-006 Manejo integral de residuos**
- 5- Anexo No.5.3.1 Instrumento de la encuesta percepción local en las comunidades del área de influencia directa del proyecto**
- 6- Anexo No.5.3.2 Informe resultados implementación de la estrategia de comunicación I y II etapa.**
- 7- Anexo No.5.3.3 Hojas de registros de sitios arqueológicos.**
- 8- Anexo No.5.3.4 Formulario de registro de petroglifos**
- 9- Anexo No.6.4.1 Copia de parte de los instrumentos empleados en la valoración de los impactos ambientales.**
- 10-Anexo No.11.1 Política ambiental y lineamientos ambientales del Sector Electricidad**