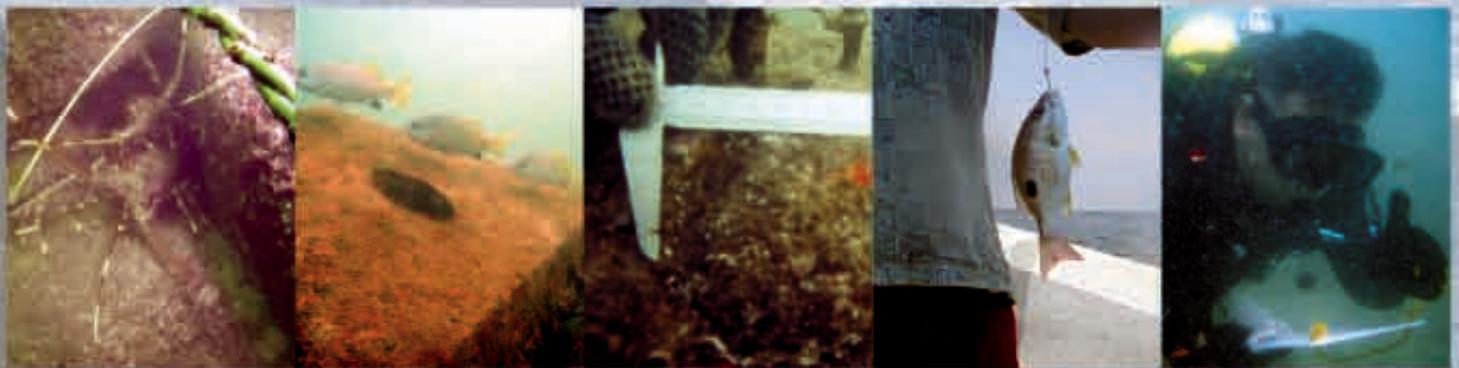




Estado de ostra de piedra (*Crassostrea iridescens*) en los principales bancos naturales de extracción en la zona costera de los Departamentos de La Unión, San Miguel y Usulután.

Y

Construcción de bancos artificiales y colocación de arrecifes artificiales para recuperación de la ostra de piedra (*Crassostrea iridescens*), en la zona costera del Departamento de La Unión.



**Estado de ostra de piedra (*Crassostrea iridescens*)
en los principales bancos naturales de extracción en
la zona costera de los Departamentos de La Unión,
San Miguel y Usulután**

**Construcción de bancos artificiales y colocación
de arrecifes artificiales para recuperación de la ostra
de piedra (*Crassostrea iridescens*), en la zona
costera del Departamento de La Unión**

Elaborado por:

Luis Angel Ramírez Benítez Biólogo Proyecto Moluscos de CENDEPESCA

Asesor:

Hiroyuki Kawasaki Experto JICA en Area de Recuperación de
Bancos Naturales para Ostra de Piedra

Durante la Gestión de:

Lic. Mario Ernesto Salaverria Ministro de Agricultura y Ganaderia
Doc. José Emilio Suadi Viceministro de Agricultura y Ganadería / Director del Proyecto
Ing. Manuel Fermín Oliva Director General de CENDEPESCA / Gerente del Proyecto
Lic. Reyna Pacheco de d'Aubuisson Enlace de Cooperación Externa,
CENDEPESCA / Coordinadora del Proyecto
Ing. Takashi Saito Experto JICA / Jefe de Proyecto

Diciembre, 2007

Publicado por el Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA), dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San Salvador, Republica de El Salvador Centro America y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) a través del Proyecto para el Desarrollo de la Acuicultura de Moluscos en la República de El Salvador, Oficina Regional CENDEPESCA Zona 3, Puerto El Triunfo, Departamento de Usulután, El Salvador.

Impresión: Printing Service Tel. 2278-3590

Reservados todos los derechos. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativo u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.
Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor.
Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Director General de CENDEPESCA / MAG.

Agradecimiento póstumo:

Para el Sr. Hiroyuki KAWASAKI, por todos los esfuerzos realizados en el desarrollo de la investigación y por todo el apoyo incondicional con los esfuerzos en la búsqueda de soluciones a los problemas de los recursos costeros marinos de El Salvador.

Presentación

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Centro de Desarrollo de Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), impulsa el **Proyecto para el Desarrollo de la Acuicultura de Moluscos en la República de El Salvador** desde enero de 2005 con una duración de 3 años, con el apoyo del gobierno japonés, a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Este Proyecto fue ejecutado en la Bahía de Jiquilisco, Departamento de Usulután y también en la zona costera del Departamento de La Unión, donde muchos ribereños se dedican a la pesca artesanal, principalmente en la recolección de conchas y ostras y el nivel de ingreso económico familiar es más bajo que en otros lugares del país.

El objetivo principal del Proyecto, es el de **“Proponer el modelo de mejoramiento de la calidad de vida por medio de las actividades de la acuicultura de moluscos principalmente, basadas en la conciencia de manejo de los recursos naturales”**.

La extracción de ostra de piedra (*Crassostrea iridescens*) que es uno de los principales medios de adquirir ingresos, entre los ostreros, que habitan en la zona costera de nuestro país, que en el correr del tiempo, esta actividad, ha venido sufriendo deterioro por varias causas:

1. La disminución de los recursos locales y la baja producción debido a la sobreexplotación disminuyendo el tamaño del producto
2. La imposibilidad de llegar a las áreas pesqueras alejadas por la falta de movilidad.
3. La inestabilidad de las operaciones debido a las condiciones marítimas como marea roja y por los efectos de la turbidez del agua del mar en la época de lluvias.
4. Los bajos precios por la competencia en el mercado con las ostras importadas de Nicaragua.

Dentro del marco del Proyecto se consideró que era importante incluir actividades para:

- 1) Recuperar esta especie a través de investigación de la biomasa en los bancos naturales.
- 2) Realizar ensayos para determinar las formas adecuadas de los arrecifes artificiales para obtener mayor fijación de larvas de ésta especie.
- 3) Realizar experimentos, instalando arrecifes artificiales para monitorear, la fijación de larvas de la ostra de piedra y observar su crecimiento.

Todas las actividades antes mencionadas, fueron realizadas por el Experto de JICA, Sr. Hiroyuki Kawasaki, junto a los biólogos contrapartes del Proyecto.

Al culminar dichos trabajos dentro del marco del Proyecto, durante estos tres años, por primera vez han sido realizados en El Salvador; por ello, ésta Dirección General del MAG, el CENDEPESCA, ofrece como un Reconocimiento Póstumo al **Señor Hiroyuki Kawasaki**, por sus aportes dados en las investigaciones relacionadas al estado en general del recurso pesquero, la *C. iridescens* (ostra de piedra), en El Salvador, al Sector Pesquero y Acuícola, Universidades, ONG's, Empresarios Privados, Organizaciones Gubernamentales, etc., los **Informes Técnicos** pertinentes, para llevar a cabo, la recuperación poblacional de ésta especie nativa, a través de la construcción e instalación de arrecifes artificiales, esperando que la misma, sirva de orientación para aplicar esta tecnología tan innovadora.

Ing. Manuel Fermín Oliva
Director General del
Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura
CENDEPESCA- MAG

**Estado de ostra de piedra
(*Crassostrea iridescens*) en los principales
bancos naturales de extracción en la zona
costera de los Departamentos de La Unión,
San Miguel y Usulután.**





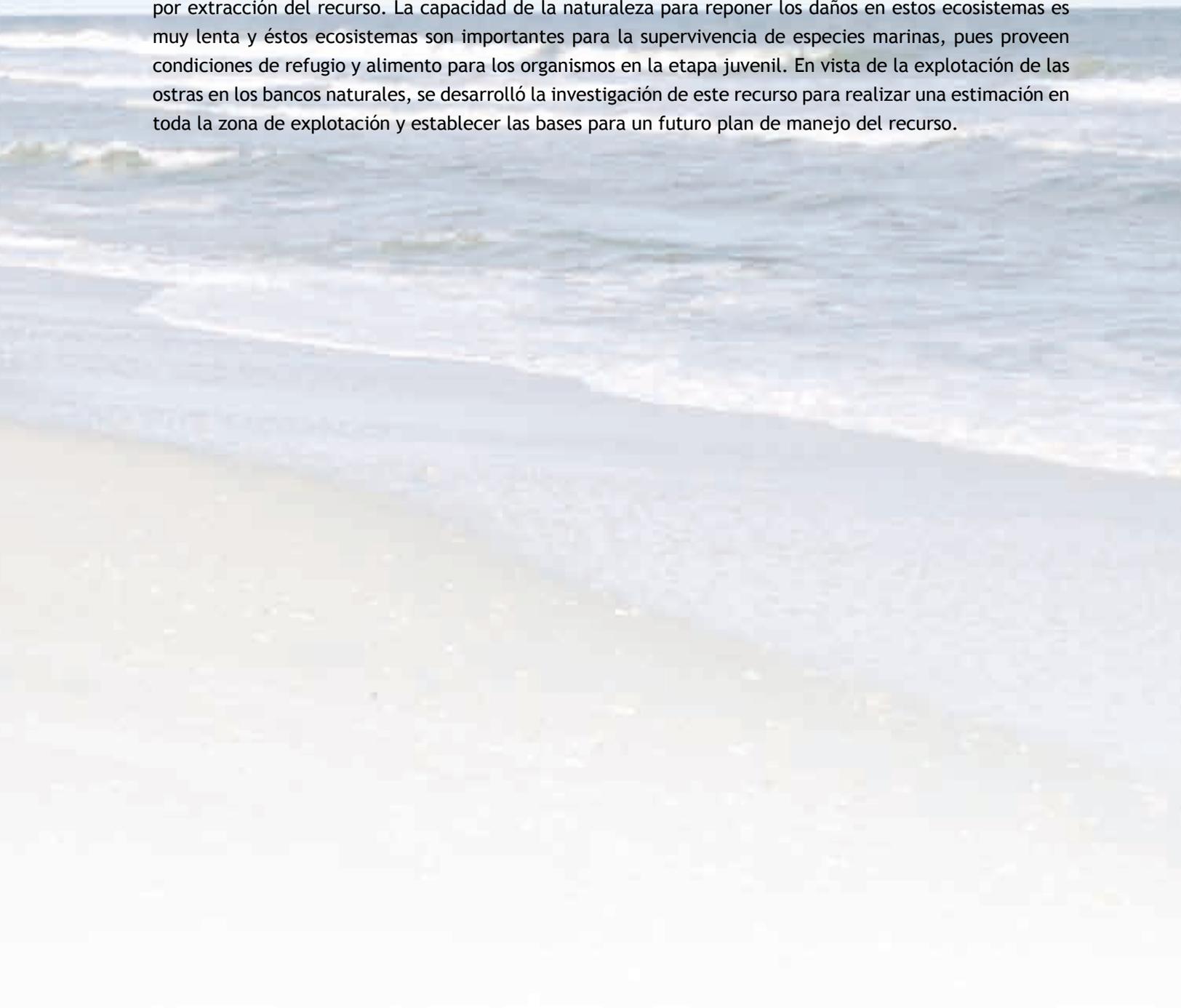
Contenido

I.	Resumen	7
II.	Introducción	8
III.	Objetivos.....	8
IV.	Claves para la identificación de 12 especies de la familia Ostreidae	9
	IV. A. Basada en características de la concha.....	9
	IV. B. Basada en características anatómicas	10
	IV.1. Aspectos generales de ostra de piedra	12
	IV.1.1. Clasificación taxonómica	12
	IV.1.2. Distribución geográfica y hábitat para ostra de piedra.....	12
	IV.1.3. Morfología y anatomía.....	13
	IV.1.4. Morfología de las valvas.....	13
	IV.1.5. Ciclo biológico y reproducción	14
V.	Estimación del stock del recurso.....	15
VI.	Marco legal para la extracción de ostra de piedra	15
VII.	Metodología	16
	VII.1. Descripción general del área de estudio	16
	VII.2. Metodología de campo	17
	VII.3. Metodología de análisis de los resultados	18
VIII.	Resultados	19
	VIII.1. Resultados encontrados en los bancos de ostras del área.....	19
	VIII.2. Stock estimado para ostra de piedra en los bancos del área	21
	VIII.3. Resultados encontrados en los bancos de ostras del área.....	22
	VIII.4. Stock estimado para ostra de piedra en los bancos del área	24
IX.	Discusión	25
X.	Conclusión	26
XI.	Literatura citada	27
	Anexos	28



I. Resumen

La ostra de “piedra” es un recurso de mucha importancia económica y alimenticia, para muchas de las comunidades que viven cerca de la línea costera; ya que en la mayoría de los casos la extracción de éste recurso es su única fuente de ingresos económicos. La ostra necesita para llevar a cabo su ciclo biológico de sustratos sólidos que les permitan fijarse para crecer, desarrollarse y reproducirse. Los bancos naturales en los últimos años han sufrido deterioro, por fenómenos naturales o por la presión a la cual son sujetos por extracción del recurso. La capacidad de la naturaleza para reponer los daños en estos ecosistemas es muy lenta y éstos ecosistemas son importantes para la supervivencia de especies marinas, pues proveen condiciones de refugio y alimento para los organismos en la etapa juvenil. En vista de la explotación de las ostras en los bancos naturales, se desarrolló la investigación de este recurso para realizar una estimación en toda la zona de explotación y establecer las bases para un futuro plan de manejo del recurso.





II. Introducción

Los moluscos bivalvos constituyen un mercado importante en El Salvador y existe una creciente tendencia hacia el consumo de éstos productos. Durante los últimos años, los bancos naturales de ostras de piedra están sometidos a la presión de la sobreexplotación de manera constante. La extracción de ostras en algunos bancos se encuentra cerca de los límites máximos sostenibles, por lo que es importante crear políticas de desarrollo sostenible del recurso, debido al incremento de la presión demográfica y el desarrollo urbanístico de las costas. En nuestro país no contamos con cultivos de moluscos que puedan contribuir a suplir las demandas del mercado, por lo que es muy importante tratar de investigar para buscar alternativas que permitan conservar los bancos naturales de ostra de piedra que se encuentran sobre la línea costera. El presente informe ha sido elaborado en base a la investigación realizada para estimar el recurso ostra de piedra en los principales bancos naturales de los departamentos de La Unión, Usulután y San Miguel. Todo este esfuerzo ha sido desarrollado en el marco del proyecto “Desarrollo del Acuicultura de Moluscos en la República de El Salvador”.

III. Objetivos

- Determinar la densidad y la distribución en rango de tallas de ostra de piedra en los principales bancos de extracción.
- Preparar una base de datos del estado del recurso, que pueda ser utilizado para un futuro plan de manejo de la zona.



IV. Claves para la identificación de 12 especies de la familia ostreidae según (Castillo O, García A. 1984).

IV. A. Basada en características de la concha.

Pliegues agudos en el margen de la comisura de concha	<i>Lopha</i>	1
Pliegues moderados en el margen de la comisura de concha. <i>Ostrea</i> y <i>Crassostrea</i>		2
1 Abundantes comata bien marcados en el borde interno de la concha, con ubicación anterior de la huella del músculo aductor, altura promedio 60 mm, con más de 10 pliegues agudos en la comisura de la concha	<i>Lopha frons</i>	
1' Escasos comata, poco aparentes en el borde interno de la concha, ubicación subcentral de la huella del músculo aductor		3
2 Comata en el borde interno de la concha		4
2' Sin comata en el borde interno de la concha		5
3 Presencia de espinas hioticas en la valva izquierda para fijación con 3 a 4 pliegues agudos	<i>Lopha cristagalli</i>	
3' Sin espinas hióticas en la valva izquierda, con 4 a 5 pliegues agudos completos	<i>Lopha megodon</i>	
4 Anacomata y Catacomata a lo largo del borde interno de las valvas		6
4' Anacomata y Catacomata presentes principalmente a los lados de la charnela		7
5 Pliegues moderados conspicuos a lo largo de la comisura de la concha, huella del músculo aductor fuertemente pigmentado, valva izquierda comúnmente profunda y generalmente con una marca de fijación de raíz de mangle.....	<i>Crassostrea rizophorae</i>	
5' Pliegues moderados de la comisura de la concha no conspicuos, huella del músculo aductor de leve a bien pigmentado		9



- 6 Superficie interna de las valvas, blanquecino con lustre iridiscente*Crassostrea iridescens*
- 6' Superficie interna de las valvas verde olivo, comata generalmente distribuidos a los lados de la charnela pudiendo sobrepasar la mitad del margen de la concha, presencia de pliegues moderados conspicuos, concavidad de la valva izquierda profunda y generalmente con marcas de fijación de raíz de mangle, huella del músculo aductor casi sin pigmento..... *Crassostrea palmula*
- 7 Posición del músculo aductor generalmente postero-lateral, forma subtrigonal, superficie interna de las valvas blanquecinas con manchas violáceas, huella del músculo aductor moderadamente pigmentado, generalmente con una banda oscura violácea en el margen posterior de la valva izquierda ...*Ostrea lurida*
- 7' Posición del músculo aductor generalmente subcentral 8
- 8 Pliegues moderados conspicuos, huella del músculo aductor casi sin pigmento, superficie interna blanco y ocasionalmente con manchas verdes olivacea*Ostrea angelica*
- 8' Pliegues moderados no conspicuos, huella del músculo aductor sin pigmentación forma generalmente subcircular, superficie interna de las valvas blanquecino con manchas violáceas..... *Ostrea chilensis*
- 9 Huella del músculo aductor fuertemente pigmentado *Crassostrea virginica*
- 9' Huella del músculo aductor levemente pigmentado 10
- 10 Superficie interna de las valvas blanco opalino, huella del músculo aductor ocasionalmente con manchas púrpura o generalmente sin color.....*Crassostrea gigas*
- 10' Superficie interna de las valvas blanco o blanco con líneas púrpura, huella del músculo aductor levemente pigmentado con líneas púrpura..... *Crassostrea cortedensis*

IV. B. Basada en características anatómicas.

- Pericardio rodea parte del intestino.....*Pycnodonte*
- Pericardio no rodea parte del intestino *Lopha, Ostrea y Crassostrea* 1
- 1 Con cámara promial..... 2
- 1' Sin cámara promial..... 3
- 2 Emersión del intestino sobre el saco del estilo formando una asa*Crassostrea iridescens*
- 2' Emersión del intestino sobre el saco del estilo sin asa 4



3 Disposición del intestino en forma de 8.....	9
3' Disposición del intestino en forma de asa	10
4 Presencia de un ciego gástrico	5
4' Presencia de dos ciegos gástricos	6
5 Intestino en forma de 8.....	<i>Crassostrea palmula</i>
5' Intestino en forma de herradura o asa	<i>Lopha frons</i>
6 Ciego antero-lateral en forma de herradura	<i>Crassostrea gigas</i>
6' Ciego antero-lateral semicircular	7
7 Número de ranuras branquiales mayor de 140.....	<i>Crassostrea rizophorae</i>
7 Número de ranuras branquiales menos de 140	8
8 Ciego antero-lateral en forma de cinta.....	<i>Crassostrea virginica</i>
8' Ciego antero-lateral en forma circular.....	<i>Crassostrea corteziensis</i>
9 Emersión del intestino del saco del estilo con gancho	<i>Ostrea chilensis</i>
9' Emersión del intestino del saco del estilo sin gancho	11
10 Disposición del intestino en una asa sin llegar a la altura del esófago	<i>Lopha cristagalli</i>
10' Disposición del intestino en una asa llegando a la altura del esófago	<i>Lopha megodon</i>
11 Ciego antero-lateral con forma subcircular.....	<i>Ostrea angelica</i>
11' Ciego antero-lateral en forma semielicoïdal	<i>Ostrea lurida</i>



IV.1. Aspectos generales de ostra de piedra

IV.1.1. Clasificación Taxonómica.

La clasificación taxonómica de *Crassostrea iridescens* según Lombeida, 1997; Hernández, 2005; es la siguiente:

Clase:	Bivalvia (Linné, 1758. También llamados Pelecípoda o Lamellibranchia).
Filo:	Mollusca
Super-familia:	Ostreacea (Rafinesque, 1815).
Familia:	Ostreidae Rafinesque, 1815.
Subfamilia:	Ostreinae Rafinesque, 1815.
Orden:	Ostreoida (Férussac, 1822).
Sub-orden:	Ostreina (Férussac, 1822).
Género:	crassostrea Sacco, 1897, OSTREA Linnaeus, 1758.
Especie:	iridescens Hanley, 1854.
Nombre científico:	Crassostrea iridescens (Hanley, 1854);
Nombre común:	Ostra de piedra

Con respecto a los nombres utilizados para la identificación y clasificación de esta especie existe una diversidad, pero Hernández, 2005; Castillo O & A García. 1984; FAO, 1995; realizó una recopilación de éstos y menciona que en la mayoría de las ocasiones se puede utilizar diferentes nombres, por que son considerados sinónimos, siendo éstas *Crassostrea iridescens* pero también se encuentra con los nombres de *Striostrea prismática*, *Crassostrea prismática*, *Ostrea prismática* y *Ostrea iridescens*; inicialmente diversos autores reconocieron a *Ostrea* como un nombre genérico, con la especie tipo *Ostrea edulis*. Posteriormente, *Crassostrea* y *Ostrea* s.s. Finalmente, las diferencias observadas señalaron dos grupos básicos de especies que han requerido de un detenido estudio. Después de enumerar las diferencias biológicas entre estos dos tipos de ostras, las más marcadas son que las del género *Ostrea* son larvíparas mientras que las del género *Crassostrea* ovíparas.

IV.1.2. *Distribución Geográfica y hábitat para ostra de piedra.*

Las ostras en general son habitantes típicos de los esteros, desembocaduras de ríos, lagunas costeras y de todas aquellas formaciones litorales en las que se mezclan las aguas marinas con las continentales, dando lugar a salinidades adecuadas y por supuesto el requisito indispensable es un sustrato adecuado para que se fijen las larvas y se desarrollen hasta llegar a adultos. La distribución geográfica de *Crassostrea iridescens* está comprendida desde las costas de Baja California hasta el Norte de Perú. Con respecto al hábitat se encuentra adheridos principalmente a sustratos rocosos expuestos a influencias directas del agua del mar



abierto, en zonas rocosas localizadas en la rompiente de las olas. Las profundidades en las cuales se puede encontrar varían desde 0-hasta los 15 m y las tallas máximas en las cuales se encuentran es de 25 cm (o más), pero es común encontrarlas hasta los 15 cm (Castillo O & A García, 1984; FAO, 1995).

IV.1.3. Morfología y anatomía.

Las ostras son moluscos bivalvos, de simetría fundamentalmente bilateral que poseen conchas formando dos valvas calcificadas, las cuales se encuentran articuladas dorsalmente entre si y encierran por completo al cuerpo blando. La forma de la concha es muy variable, usualmente alargada y depende principalmente del tipo y forma del sustrato sobre el cual crece. La valva derecha, dorsal o superior es aplanada y la izquierda, ventral o inferior es cóncava o excavada (Barnes, 1989; FAO, 1995; Lombeida, 1997). Estos moluscos son filtradores que se alimentan de partículas y organismos planctónicos diminutos, los cuales son atrapados cuando la corriente inhalante pasa a través de sus branquias en las cuales se retienen hasta ser agrupados, para luego ser desplazados hasta la boca (Walne, s. a.). Para realizar mediciones de ostras se consideran tres dimensiones básicas (Fig. 1).

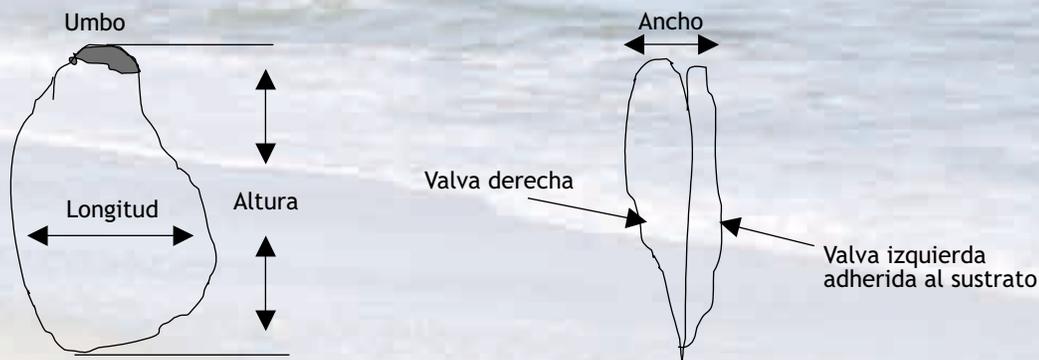


Fig. 1. Simetría utilizada para tomar medidas en ostras según Lombeida, 1997.

IV.1.4. Morfología de las valvas.

El carácter distintivo es la presencia de dos valvas, pesada y gruesa de forma algo alargada desde irregular oval hasta casi rectangular. Valva izquierda (dorsal) frecuentemente adherido al sustrato por la mayor parte de su superficie, libre y alzada sólo en los bordes, valva derecha (ventral) aplanada o ligeramente convexa, recorrida por lamelas de conchiolina planas concéntricas, densamente cubiertas de finos hilos radiales. Margen interno de las valvas con cómatas a ambos lados de la charnela. Superficie externa de textura subcórnea, de color púrpura o bronceada, con líneas concéntricas formadas por láminas provistas de finas y numerosas estrías radiales. Superficie interna de textura densa, coloraciónaporcelanada blanquecina, a menudo con un lustre iridiscente o metálico. Huella del músculo aductor grande reniforme, más o menos central, de color variable blanquecino hasta café rojizo. Esta especie se distingue fácilmente por su gran tamaño, ausencia de costillas extensas, existencia de dentículos (cómatas) interna, lateral a la charnela y



sobre los amplios márgenes con una iridiscencia muy particular en el interior de las valvas (Barnes, 1989; FAO, 1995).

IV.1.5. Ciclo biológico y reproducción.

La actividad reproductiva de los moluscos se da durante todo el año. Los hábitos de reproducción en las ostras pueden variar entre algunas de sus especies, sin embargo la mayoría de estos organismos presentan sexos diferenciados al momento del desove, aunque el sexo puede variar entre uno y otro desove, pudiendo un año desovar como hembra y el otro como macho. En el caso de algunas especies del género *Crassostrea* que son ovíparas, la fecundación es externa y se realiza en el agua circundante, pero otras especies que son larvíparas, luego de la fecundación las larvas son incubadas dentro de sus padres por casi la mitad de su vida planctónica, mientras que otras pasan todo su estadio larvario como plancton (Castillo O, García A. 1984; Barnes, 1989).

Con respecto a los ciclos gonádicos de ésta especie se han realizado estudios y se ha encontrado que estas se dividen en varias etapas: a) Etapa I. Inactividad o in diferenciación, determinada durante los meses de diciembre a la primera quincena de febrero. b) Etapa II. Pre-reproductiva o maduración, comprendida durante la segunda quincena de febrero y la primera de abril; c) Etapa III. Reproductiva o de desove, se extiende desde la segunda quincena de abril hasta la primera de agosto. Esta etapa puede dividirse en dos períodos: desove parcial y desove total. 1) Desove parcial, comprende desde la segunda quincena de abril hasta la primera de mayo. En las hembras, la gónada durante este período aumenta en tamaño, 2) Desove total, comprende desde la segunda quincena de julio hasta la primera de agosto. d) Etapa IV Post-desove, se manifiesta durante el mes de noviembre. (Castillo O, García A. 1984).

Para el caso de *Crassostrea iridescens* se ha observado que el pico de madurez gonádico es mayor durante el mes de mayo, cuando se registra mayores promedios de temperaturas (30.6°C) y salinidades (36.9 ups), mientras que en el mes de julio la madurez gonádica es menor y también se encontraron los valores menores de salinidad (35.0 ups) y temperaturas (30.1°C) respectivamente (Galdámez, 2004).



V. Estimación del stock del recurso.

El tamaño de las poblaciones de seres vivos se mantiene en equilibrio, oscilando más o menos en torno a un valor medio en función de variables como la natalidad o la mortalidad. La explotación de los ecosistemas por el hombre, consiste en extraer biomasa, manteniendo el ecosistema inmaduro, evitando que progrese la sucesión y el consumo respiratorio suponga una menor producción neta. Pero la sobreexplotación significa extraer más deprisa de lo que puede crecer la población, lo que reducirá su densidad a un nivel inferior al de producción óptima. El buscar el máximo beneficio, en el menor plazo posible, puede conducir a reducir los niveles de la población objeto de explotación, por debajo de ese umbral crítico, que permita la recuperación de la misma. Para elaborar una guía de stock de una población, es importante tener información biológica general de la especie en cuestión, con el fin de determinar tallas y cantidades relativas de extracción del recurso; también es importante incluir información básica del medio físico y del ecosistema donde se encuentra el recurso (Cushing, 1975; Stevenson D, *et al*, 1986; Guerra & Sánchez, 1998).

VI. Marco legal para la extracción de ostra de piedra.

La Constitución de la República en su Art. 117, declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales, estableciendo que la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales y del medio ambiente serán objetos de leyes especiales.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), como ente encargado de diseñar e implementar la política y la planificación de la ordenación y promoción de la pesca y acuicultura, en uso de sus facultades legales, a las ocho horas del día ocho de julio de dos mil dos, desarrolló una resolución para establecer las medidas de ordenación para la extracción de recursos hidrobiológicos en La Bahía de la Unión y el Golfo de Fonseca. En dicha resolución se establece que solamente se permite la extracción de ostras con tallas mínimas de "ocho" centímetros de longitud; ésto con la finalidad de evaluar el efecto de las medidas de ordenación y mejorar la conservación y abundancia de los recursos en la Bahía y el Golfo. La resolución mencionada entró en vigencia a partir del día diecisiete de julio del 2002.



VII. Metodología

VII. 1. Descripción general del área de estudio.

Por la ubicación geográfica de los bancos y para poder realizar la investigación de manera más ordenada, se dividió la zona en dos áreas con sus respectivos bancos ostrícolas, el área 1 está ubicada entre las coordenadas 13' 09"18" LN; 87' 58"24" LW y 13'09"25 LN; 87' 57" 31 LW (Fig. 2), mientras que el área 2 entre las coordenadas 13' 08" 50 LN; 87'55" 43 LW y 13'09"45 LN; 88'07"28" LW (Fig. 3).

Esta sección de la costa, cuyo núcleo lo constituyen roca y piedra sólida, construye varias ensenadas llanas con cabos rocosos. Los trechos de playa ubicados en la zona muestran amplias playas de arenas finas y gruesas, acantilados de bases y plataformas rocosas expuestas, arrecifes rocosos, cantos rodados, pequeñas bocanás hasta amplias zonas estuarinas y de manglar entre las que destacan el estero El Encantado y El Tamarindo, en el área 1 y El Esterón en el área 2. Estos esteros, debido al efecto de las mareas y corrientes marinas, tienen relación directa con el área de estudio, ya que permanentemente se realiza un intercambio de agua entre el área de estudio y los estuarios y viceversa. Frente a éstas costas, la velocidad de las corrientes alcanza hasta 1.5 nudos, y su dirección puede variar a veces hacia el Oeste y a veces hacia el Este (Gierloff- Emden, 1976 y PROARCA, 2001).

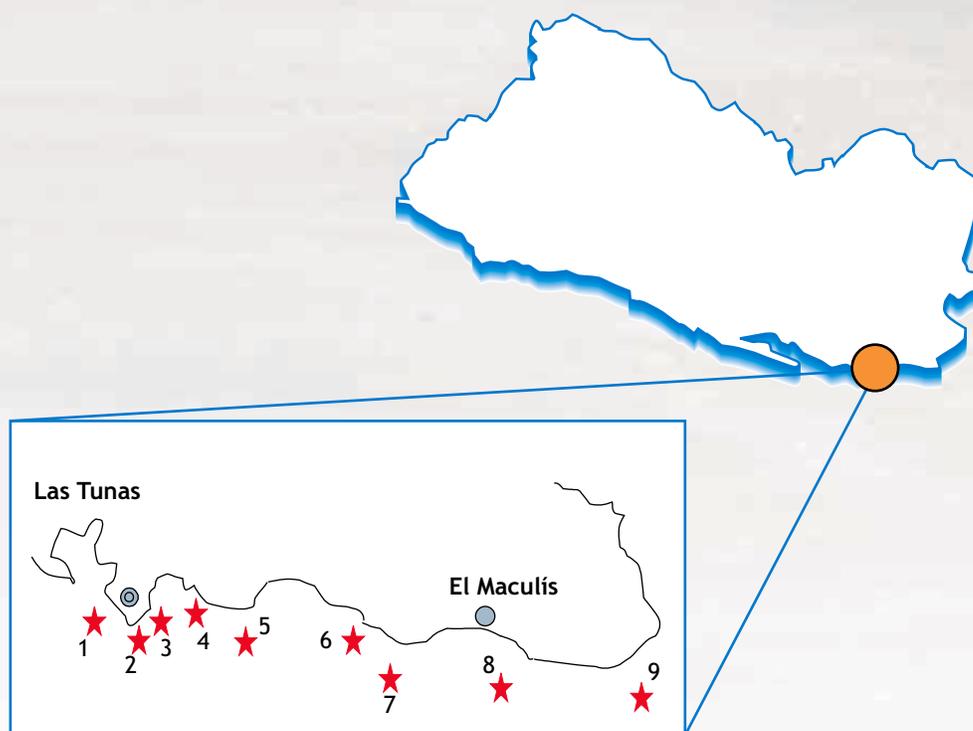


Fig 2. Muestra del área donde se desarrolló la investigación en el área número 1, Abril -Junio 2005. Bancos estudiados: 1. Las tunas, 2 El Tempisque, 3. La Puntona, 4. El Icaco, 5. El Flor, 6. Playas Blancas, 7. Los Cerros, 8. La Gata, 9. El Faro.



Fig. 3. Muestra los bancos de ostras estudiados en el área 2. Sitios estudiados: 1. La Jucuarana, 2. La Bruja, 3. El Bongo, 4. El chiquerón, 5. Agua Fria, 6. El Floral, 7. Los Mangos, 8. El Abrojal, 9. Los Pinos, 10. El Carrizal, 11. Punta El Toro de Oro, 12. La Palmera.

VII.2. Metodología de campo.

Para realizar un estudio de cualquier especie es necesario muestrear una parte representativa de un conjunto o de la población, con el objeto de obtener una comprensión adecuada de la naturaleza. Si la población es muy grande, efectuar un censo completo puede ser prácticamente imposible por razones de tiempo y costo, por lo que es imprescindible utilizar el método del muestreo. El muestreo tiene algunas ventajas sobre el censo completo, para definir las características de la población, en primer lugar se reducen los costos y el tiempo; además se puede obtener información más precisa y detallada cuando el método utilizado se desarrolla de manera efectiva. Todo método de muestreo requiere de la subdivisión de la población en unidades de muestreo, que pueden ser naturales o artificiales. La elección de las unidades de muestreo es un tema de extrema importancia. La forma más sencilla de seleccionar objetivamente una muestra es a través del “*muestro aleatorio*”, o aquel en el que las unidades se eligen enteramente al azar, lo que asegura que todas las unidades tienen idéntica posibilidad de aparecer en el muestreo (Guerra A; Sánchez, 1998)

La investigación se llevó a cabo entre los meses de abril/2005-enero/2006, en cada uno de los bancos ostrícolas donde se realizan actividades de extracción de éste recurso. Para poder comprender la distribución de las ostras, por rango de tallas en cada uno de los bancos, se realizó una estratificación y se dividieron en



cuatro categorías: Ostras con tallas entre 0-4 cm, 4-8 cm, 8-12 cm y mayores de 12 cm. Para poder realizar un estudio que permitiera comparar los bancos ostrícolas, se realizaron repeticiones de muestreos, por lo que en cada uno de los bancos se desarrollaron 40 cuadrantes de 50 x 50 cm, haciendo un total de 10 m² (Fig. 4). Además; también se realizó un estudio para conocer la cobertura de roca y realizar una estimación porcentual de las zonas rocosas en los bancos ostrícolas. Para el desarrollo de esa investigación, se utilizó una cinta métrica y se midió la cantidad de roca en un radio de 50, tomando como punto de partida una ancla que sirvió de señal (Fig. 4).

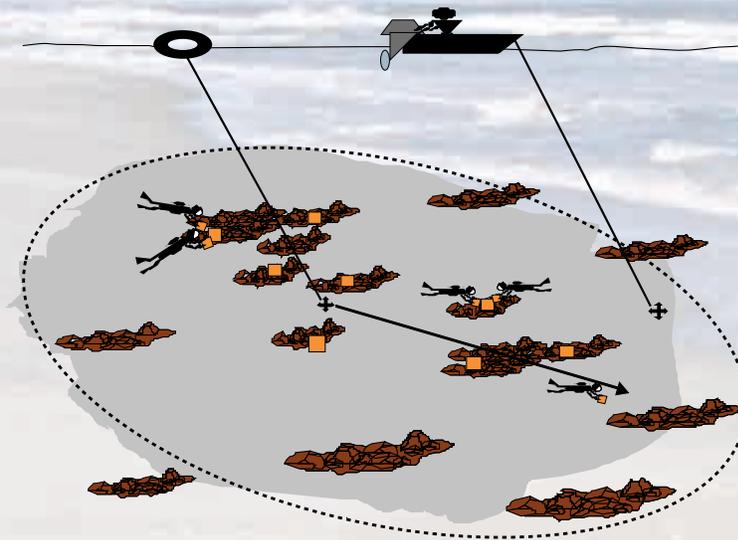


Fig. 4. Muestra la forma en que se realizó el muestreo de ostras y el estudio sobre la cobertura de roca en dirección de todos los puntos cardinales: S, SE, E, NE, N, NO, O, SO.

VII.3. Metodología de análisis de los resultados.

Después de tomar los datos de campo se procede a realizar el análisis de éstos, para lo cual es necesario elaborar una hoja de registro de datos que permita reflejar de manera sencilla y concreta lo que se quiere conocer (Anexos 1, 2). La estimación de la población de ostra en cada uno de los bancos y en las áreas de estudio se realizó mediante el método de Lesly, después de realizar la estimación de las ostras de cada categoría en los diferentes bancos, se aplicó un análisis de varianza para realizar una comparación entre las diferentes medias estimadas.

VIII. Resultados

VIII. 1. Resultados encontrados en los bancos de ostras del área 1.

La investigación se llevó a cabo en 9 de los principales bancos de ostras de la costa del departamento de La Unión y se encontró que en el banco conocido como El Icaco es donde existe mayor densidad de ostras en tallas entre 0-4 cm, mientras que La Gata es el banco que presenta mayor número de ostras en talla mayor de 12 cm (Fig. 5).

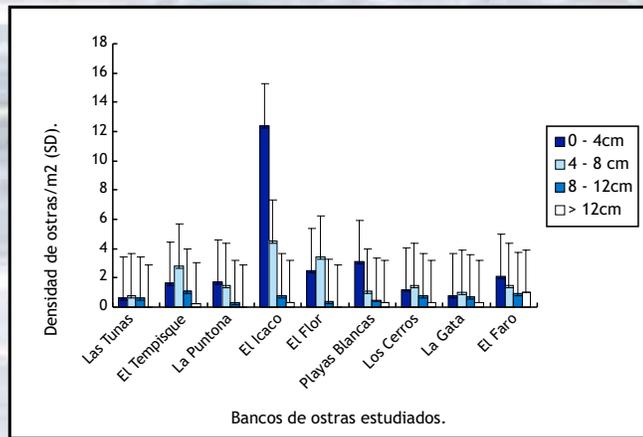


Fig. 5. Muestra los resultados encontrados en los 9 bancos ostrícolas en el área 1, Abril -Junio 2005.

Después de desarrollada la investigación en los diferentes bancos, se realizó una estimación en toda el área estudiada y se encontró que en el banco conocido como La Gata es el que presenta mayor promedio de ostras con 963,855 unidades, de las cuales 712,530 corresponden a tallas entre 0-8 cm, mientras que 251,325 corresponden a ostras mayores de 8 cm. El banco donde se encontró menor número de ostras fue en La Puntona con 24,744 unidades; de las cuales 19,155 corresponden a tallas entre 0-8 cm y 5,588 en talla mayores de 8 cm (Fig. 6).

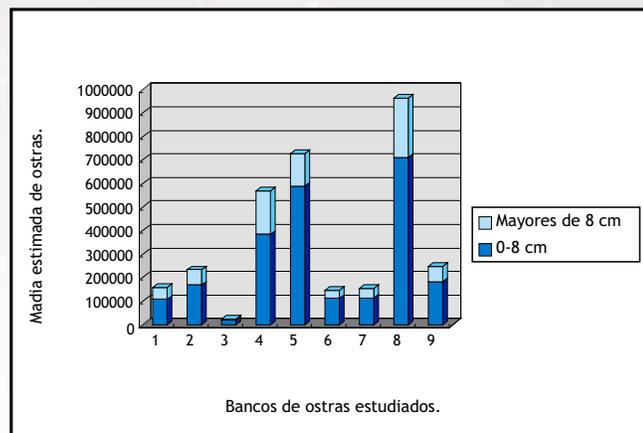


Fig 6. Media estimada de ostras para cada uno de los bancos de ostras estudiados en el área 1, Abril -Junio 2005. Bancos de ostras estudiados: 1. Las Tunas, 2. El Tempisque, 3. La Puntona, 4. El Icaco, 5. El Flor, 6. Playas Blancas, 7. Los cerros, 8. La Gata, 9. El Faro.



Del total de ostras encontradas en toda el área, en El Icaico fue el banco donde se encontró mayor porcentaje de ostras, en total (34%), mientras que en Las Tunas fue el banco donde se encontró menor porcentaje de ostras (4%) (Fig. 7).

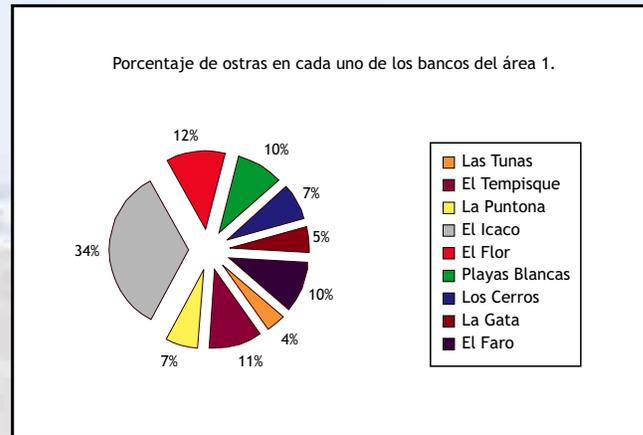


Fig. 7. Muestra del porcentaje de ostras encontradas en los diferentes bancos naturales de ostras estudiados en el área 1, Abril-Junio 2005.

Con respecto al estudio sobre la cobertura de roca en cada uno de los bancos, en El Icaico fue donde se encontró mejor porcentaje, mientras que La Puntona fue el banco que presenta más extracción (Fig. 8).

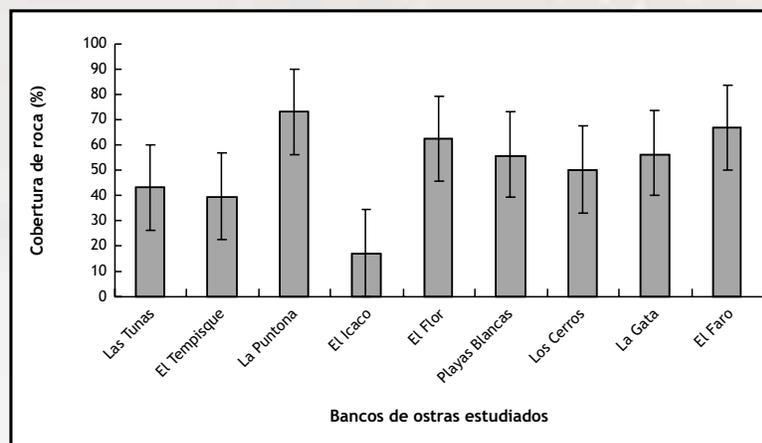


Fig. 8. Muestra de los resultados encontrados en el estudio de cobertura de roca, en los bancos de ostras estudiados en el área 1, Abril -Junio 2005.



VIII.2. Stock estimado para ostra de piedra en los bancos del área 1.

Además de conocer la densidad de ostras en cada uno de los bancos estudiados, también se estimó de manera indirecta el tamaño de cada uno de los bancos de ostras de la zona de estudio (Tabla 1). Con ésta información se realizó posteriormente la estimación del stock de la población de ostra de piedra. Para conocer la estimación de ostra de piedra se utilizó la siguiente fórmula:

Tamaño de área de extracción X cobertura de roca X Número de ostras por m².

Tabla 1. Muestra de los datos de tamaño de cada uno de los bancos de extracción de ostra en el área 1.

Bancos de ostras	Profundidad promedio (m)	Tamaño de costa (m)	De costa hacia adentro (m)	Coordenadas geográficas
Las Tunas	7.6	500	250	13° 09' 18" N; 87° 58' 24" W
El Tempisque	7.7	300	250	13° 09' 15" N; 87° 58' 05" W
La Puntona	8.2	150	50	13° 09' 28" N; 87° 57' 47" W
El Icacó	5.5	500	250	13° 09' 25" N; 87° 57' 31" W
El Flor	8.5	500	300	13° 09' 12" N; 87° 56' 43" W
Playas Blancas	6.1	400	100	13° 16' 26" N; 88° 33' 17" W
Los Cerros	5.8	200	300	13° 09' 04" N; 87° 55' 35" W
La Gata	8.2	1,000	450	13° 08' 47" N; 87° 54' 55" W
El Faro	8	500	100	13° 08' 50" N; 87° 53' 55" W

En total se encontró una estimación de 2,393,000 ± 69,000 ostras en toda el área 1; de éstas 502,000 ± 30,000 corresponden a ostras en tallas mayores de 8 cm de longitud. Con ésta información se realizó una estimación para saber en cuánto tiempo se pueden extraer las ostras que se encuentran en talla comercial. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

Número de ostreros (170) X días de trabajo (10 días al mes en promedio por 12 meses al año) X Promedio de extracción en un día de trabajo (24 unidades).

Al final se encontró que en un año los "ostreros" pueden extraer 489,600 unidades de talla comercial, de 502,000 unidades que existen en los bancos del área 1.

VIII.3. Resultados encontrados en los bancos de ostras del área 2.

En el área 2 se estudiaron 12 bancos de mayor extracción de ostras y los resultados obtenidos para ésta área son completamente diferentes al área 1, en cuanto al número de ostras estimadas y con respecto a la densidad de ostras por m² (Fig. 9).

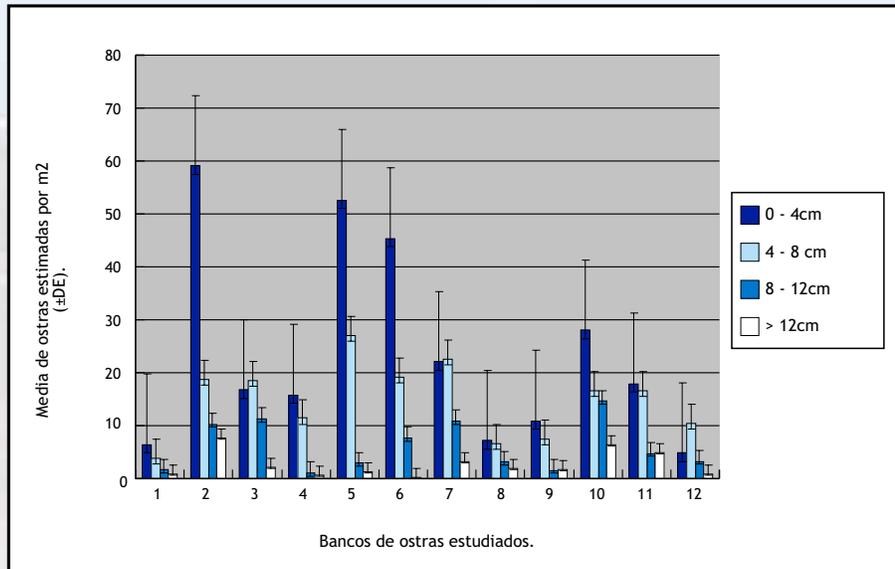


Fig. 9. Media de ostra estimada por m² en cada uno de los bancos estudiados en el área 2, Julio 2005-Enero 2006. Bancos estudiados: 1. La Jucuarana, 2. La Bruja, 3. El Bongo, 4. El Chiquerón, 5. Agua Fria, 6. El Floral, 7. El Mango, 8. El Abrojal, 9. Los Pinos, 10. El Carrizal, 11. Punta El Toro de Oro, 12. La Palmera

De todos los bancos de ostras estudiados, el sitio donde se encontró mayor promedio de ostras fue el banco conocido como Agua Fria con 9,935,805 ostras, de las cuales 9,697,755 corresponden a ostras menores de 8 cm; mientras que el banco que presentó menor número de ostras estimadas fue La Jucuarana con 769,228 ostras de las cuales 675,640 corresponden a ostras menores de 8 cm (Fig. 10).

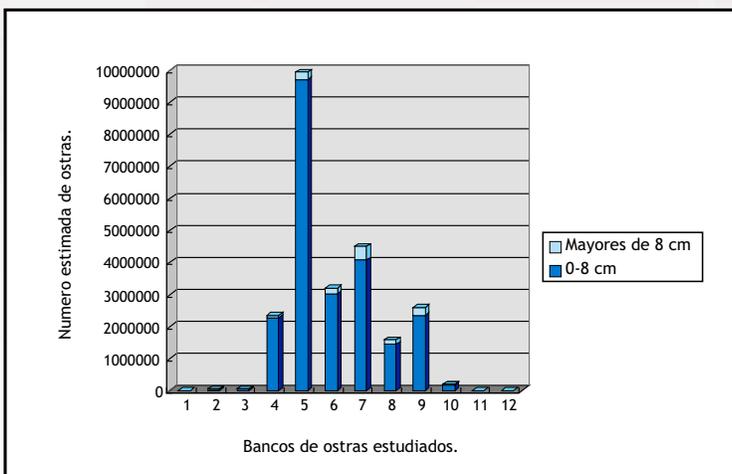


Fig. 10. Número de ostras estimadas para cada uno de los bancos de ostras en los diferentes sitios del área 2, Julio 2005 -Enero 2006. Bancos estudiados: 1. La Jucuarana, 2. La Bruja, 3. El Bongo, 4. El Chiquerón, 5. Agua Fria, 6. El Floral, 7. El Mango, 8. El Abrojal, 9. Los Pinos, 10. El Carrizal, 11. Punta El Toro de Oro, 12. La Palmera.



De todas las ostras estimadas en los bancos ostrícolas del área 2, se encontró que La Bruja es el banco que representa mayor porcentaje (17%), mientras que el banco que presenta menor porcentaje fue La Jucuarana con 2% (Fig. 11).

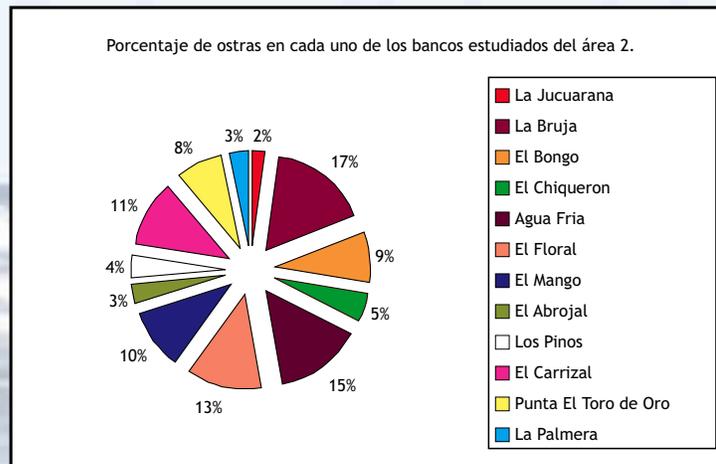


Fig. 11. Muestra el porcentaje de ostras encontradas en los diferentes bancos naturales de ostras estudiados en el área 2, Julio 2005-Enero 2006.

Con respecto al estudio sobre la cobertura de roca en cada uno de los bancos, el sitio conocido como Agua Fria fue donde se encontró mejor porcentaje, mientras que El Chiquerón fue el banco que presenta más extracción (Fig. 12).

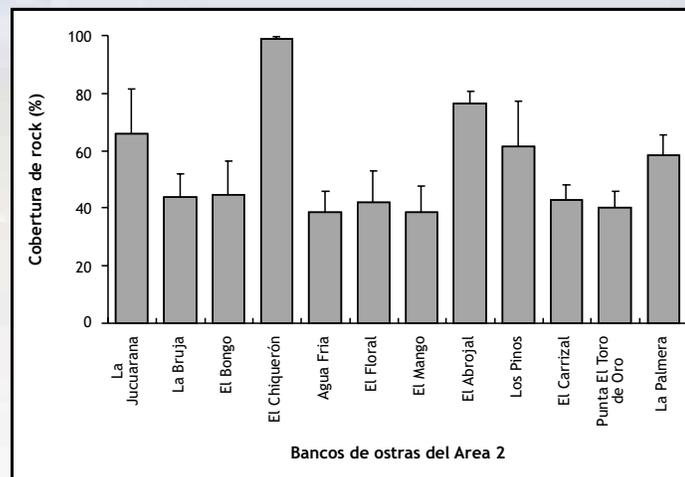


Fig. 12. Muestra de los resultados encontrados en el estudio de cobertura de roca en los bancos de ostras estudiados en el área 2, Julio 2005-Enero 2006.

VIII.4. Stock estimado para ostra de piedra en los bancos del área 2.

Además de conocer la densidad de ostras en cada uno de los bancos estudiados, también se estimó de manera indirecta el tamaño de cada uno de los bancos de ostras de la zona de estudio (Tabla 2), con esta información se realizó posteriormente la estimación del stock de la población de ostra de piedra. Para conocer la estimación de ostras de piedras se utilizó la siguiente fórmula:

Tamaño de área de extracción X cobertura de roca X Número de ostras por m².

En total se encontró una estimación de 23,227,000 ± 605,000, de las cuales 2,742,000 ± 144,000 corresponden a ostras en talla mayo a 8 cm de longitud.

Para el caso del área 2 no se realizó una estimación para conocer la cantidad de ostras extraídas por año, ya que en esa zona sólo se reportan 14 personas que se dedican a extraer ostras, pero esta actividad no es la principal como fuente de ingresos económicos. El recurso es explotado mayormente por ostreros de la zona 1 que viajan de manera esporádica cuando las condiciones del mar les permite trabajar, pero ellos no pueden estimar los días promedios que realizan actividades de extracción de ostras en esa zona.

Tabla 1. Muestra de los datos de tamaño de cada uno de los bancos de extracción de ostra en el área 2.

Bancos de ostras	Profundidad promedio (m)	Área de costa (m)	De costa hacia adentro (m)	Coordenadas geográficas
Jucuarana	3.2	70	20	13° 08' 50" N; 87° 55' 43" W
La Bruja	5	40	30	13° 09' 02" N; 87° 58' 15" W
El Bongo	4.3	50	50	13° 09' 21" N; 88° 12' 52" W
Chiquerón	5.6	400	200	13° 09' 05" N; 87° 57' 27" W
Agua Fría	5.4	500	600	13° 09' 35" N; 88° 10' 38" W
El Floral	6.2	200	500	13° 09' 36" N; 88° 11' 38" W
El Mango	9.2	300	600	13° 09' 33" N; 88° 11' 29" W
El Abrojal	9.9	500	200	13° 09' 33" N; 88° 11' 06" W
Los Pinos	7.4	300	600	13° 15' 53" N; 88° 33' 28" W
El Carrizal	5.4	300	30	13° 08' 50" N; 87° 55' 43" W
Punta El Toro	4.5	100	15	13° 20' 20" N; 89° 03' 04" W
Las Palmeras	4.6	150	15	13° 09' 45" N; 88° 07' 28" W



IX. Discusión

La evaluación y el manejo de stock en términos espaciales resultan de interés en las ciencias pesqueras y en el manejo de pesquerías y extracción de recursos. El deterioro de la disponibilidad ha significado un punto de inflexión en la actividad y ha provocado un notable interés por explorar o crear nuevos bancos y buscar especies alternativas. La estimación de abundancia de este tipo de recursos, requiere considerar con especial atención la distribución espacial. Este tipo de análisis contempla la identificación espacial y la estimación de mapas de distribución con densidades a partir de los datos observados (www.cerpat.edu.ar/principi.htm).

Los conceptos de estimación de los recursos se han vuelto comunes, éstos se han desarrollado como referencia para definir estrategias de manejo de recursos pesqueros. En primer objetivo con este tipo de investigación, es la estimación del estado del recurso respecto a un punto de referencia y la productividad actual, como base para la toma de decisiones en el corto plazo, en tanto que el segundo objetivo es evaluar alternativas de manejo a mediano y largo plazo en función del estado del recurso (Francis & Shotton, 1997; Sierra, 2004; Caddy & Mahon, 1995). En El Salvador no existe información acerca del estado de los principales bancos de extracción de ostra de piedra, que permita conocer su distribución y densidad en cada banco ostrícola, para establecer una línea base de información que permita formular e implementar planes de manejo de este recurso.

Es importante conocer la cantidad de ostras que existen en los bancos y su distribución en rango de tallas, para poder establecer e implementar un plan de manejo que permita ordenar las actividades de extracción de acuerdo a la disponibilidad del recurso. Después de finalizada la investigación en las dos áreas de investigación, se encontró que en el área 1 existe menor disponibilidad del recurso que en el área 2. Esto es posiblemente por varias razones: 1. Cerca del 90% de los "ostreros" reportados para la zona oriental de El Salvador, viven cerca de donde están ubicados los bancos de ostras del área 1, por el hecho de tenerlos cerca se les facilita realizar sus actividades de extracción por que no necesitan medio de transporte (lancha o carro), 2. En la zona donde están ubicados los bancos de ostras del área 2, están ubicados alrededor del 10% de ostreros, de los cuales las actividades de extracción no es su principal fuente de ingresos económicos. Para que los ostreros del área 1 puedan extraer ostras de ésta zona tiene que viajar vía marítima o terrestre en promedio 1.5 horas, lo cual les representa gastos y en la mayoría de ocasiones las condiciones de visibilidad, oleaje o fuerza de las corrientes no les permite trabajar.

La mayor extracción de éstos moluscos se da en la época seca, porque reduce los afluentes de los ríos aumentando la visibilidad, lo cual permite que los ostreros puedan identificar y desplazarse en la búsqueda de este recurso en los bancos de ostras. La cantidad de extracción varía en cada unos de los bancos del área 1. La mayor actividad se registra en los bancos que están ubicados en la parte media de ésta zona, en el caso de Las Tunas y El Faro se registran menor cantidad de extracción, seguramente por la ubicación geográfica de éstos. El primero se encuentra cerca del estero El Encantado, que cuando sube y baja la marea transporta sedimento reduciendo la visibilidad; en el caso de El Faro por estar al borde del Golfo de



Fonseca, experimenta fuertes corrientes y movimientos de sedimentos procedentes de los manglares de El Tamarindo y otras áreas del Golfo (Ramírez, documento no publicado).

La disponibilidad de éste recurso se ve reducido cada día, además de la explotación existen otros factores que ejercen influencia y presión sobre este recurso. Las corrientes, la acción de las mareas y los ríos desplazan arena y sedimento que es depositada sobre los bancos de ostras formando playas fangosas o de arena, causando la muerte de éstas (Ramírez 2007).

X. Conclusión

- En El Salvador no existe información a cerca del estado de los bancos de extracción de ostra de piedra, a pesar que este es un recurso de mucha importancia económica y alimenticia para las comunidades que viven cerca de la línea costera; ya que en la mayoría de los casos, la extracción de éste recurso es su única fuente de ingresos económicos.
- La disponibilidad del recurso se está reduciendo drásticamente, aunque no existe información técnica o científica que permita reflejar la realidad del recurso en cuanto a la reducción en el tiempo. Por eso que es muy importante desarrollar una investigación que permita conocer la cantidad de ostras extraídas en los diferentes bancos naturales, para predecir la variación que puede experimentar la densidad o tamaño de las poblaciones, para establecer las bases de un plan de manejo basado en la realidad de recurso.
- Es importante trabajar en la organización de los “ostreros” en cooperativa, para buscar alternativas de ingresos económicos lo cual contribuiría a la implementación de un plan de manejo.
- Dependiendo del sitio donde se encuentren los bancos de ostras, existen muchos factores que condicionan la extracción: 1. La profundidad; en el caso de los bancos que poseen mayor profundidad promedio, la cantidad de extracción es menor porque las personas que tienen la “capacidad” de poder extraer ostras son menores, 2. La distancia de la costa; no siempre los bancos lejos de la costa son profundos o viceversa, pero en el caso de los que están más cerca de la costa, el oleaje y fuerza de la corriente es mayor, lo cual dificulta las actividades de extracción, 3. La ubicación con respecto a ríos, esteros o comunidades; en éste caso por efecto de las mareas, existe mayor movimiento de sedimentos lo cual reduce la visibilidad y dificulta la extracción.



XI. Literatura citada

BARNES R. D., 1989. Zoología de los Invertebrados, Editorial Interamericana, 5° Edición, México D. F.; 956 p.

Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference Points for Fisheries Management. FAO Fish. Tech. Pap. 347: 1-83.

Castillo O, García A. 1984. Taxonomía y Anatomía comparada de las Ostras en las Costas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Contribución 484 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 104 pp.

Cushing. D. 1975. Ecología Marina y Pesquera. Editorial ACRIBA, Zaragoza, España, 252 pp.

FAO, 1995. Guía para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca, vol I; Plantas e Invertebrados, Departamento de Pesca de la FAO; Italia; Roma. 646 pp.

Francis, R.I.C.C. & R. Shotton. 1997. Risk in Fisheries Management: a Review. Can. Fish. Aquat. Sc. 54: 1699-1715.

GIERLOFF H. G. & EMDEN, 1976. La Costa de El Salvador, Dirección de Publicaciones; Ministerio de Educación, San Salvador, El Salvador, C. A.; 247 pp.

Guerra A & L. Sánchez, 1998. Fundamentos de Explotación de Recursos Vivos Marinos. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. 249 pp.

Hernández S. M. 2005. Distribución y Abundancia de Larvas de Ostras del Género *Crassostrea* (Bivalvia: ostreidae) en Playas Rocosas del Departamento de La Unión, El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciatura de Biología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de El Salvador. 91 pp.

Lombeida, 1997. Manual para el Cultivo de Ostras en Granjas Camaroneras. Proyecto JICA-CENAIM. 25 pp.

PROARCA / COSTAS 2001. Corredor Biológico Golfo de Fonseca El Salvador. S.e. 157 pp.

Ramírez, L.A. 2007. Construcción de Bancos Artificiales y Colocación de Arrecifes Artificiales para Ostra de Piedra (*Crassostrea iridescens*), en la zona costera del departamento de La Unión. Proyecto para el Desarrollo de la Acuicultura de Moluscos en la República de El Salvador. 25 pp.

Sierra R.P. 2004. Incertidumbre y Riesgo en Puntos de Referencia para el Manejo de la Pesquería de Abulón en la Península de Baja California, México. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR. 162 p.

Stevenson D, *et al.*, 1986. Guía para la administración de la pesca en pequeña escala: Información del sector pesquero. International Center for Marine Resources Development the University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island. 196 pp.

WALNE P. R., *s. a.* Cultivo de Moluscos Bivalvos. Editorial ACRIVIA, Zaragoza, España 319 p.

www.cerpat.edu.ar/principi.htm Noviembre 2007.



Anexo 1. Datos crudos en número de ostras de piedra en hoja de MS Excel.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Area	1						Area	1					
2	Lugar	Las Tunas						Lugar	El Tempisque					
3	Posición (GPS)	13°09'18	N	87°58'24	W			Posición (GPS)	13°09'15	N	87°58'05	W		
4	Fecha	27 abril 2005		Marea	Baja			Fecha	28 abril 2005		Marea	Baja		
5	Profundidad	7.2m	max. 8.1m	tiem. buceo	13:03 p.m.	Inicio		Profundidad	7.2m	max. 8.2m	tiem. buceo	13:00 p.m.	Inicio	
6	T° agua	30.1°			14:09 p.m.	Final		T° agua	30.6°			14:05 p.m.	Final	
7														
8		Cuadrante (50 x 50cm)			Tamaño				Cuadrat (50 x 50cm)			Tamaño		
9	Replica No.	0 - 4cm	4 - 8 cm	8 - 12cm	> 12cm	Sub-total		Replicate No.	0 - 4cm	4 - 8 cm	8 - 12cm	> 12cm	Sub-total	
10	1	0	0	0	0	0		1	0	2	0	1	3	
11	2	0	0	0	0	0		2	0	0	2	0	2	
12	3	0	0	0	0	0		3	0	3	0	0	3	
13	4	0	0	0	0	0		4	1	1	0	0	2	
14	5	0	1	0	0	1		5	1	1	0	0	2	
15	6	0	2	1	0	3		6	0	1	1	0	2	
16	7	0	0	0	0	0		7	0	1	0	0	1	
17	8	0	0	0	0	0		8	0	2	1	0	3	
18	9	0	0	0	0	0		9	0	2	0	0	2	
19	10	0	0	0	0	0		10	0	0	0	0	0	
20	11	0	0	0	0	0		11	1	2	0	0	3	
21	12	2	1	1	0	4		12	0	1	1	0	2	
22	13	2	0	0	0	2		13	4	3	0	0	7	
23	14	1	0	0	0	1		14	3	2	0	0	5	
24	15	1	2	0	0	3		15	0	0	0	0	0	
25	16	0	0	0	0	0		16	4	3	0	0	7	
26	17	0	0	0	0	0		17	0	0	2	0	2	
27	18	0	0	0	0	0		18	0	0	0	0	0	
28	19	0	2	1	0	3		19	0	0	0	0	0	
29	20	0	0	1	0	1		20	1	0	1	0	2	
30	21	0	0	0	0	0		21	0	2	0	0	2	
31	22	0	0	0	0	0		22	0	0	0	0	0	
32	23	0	0	0	0	0		23	1	2	1	0	4	
33	24	0	0	0	0	0		24	0	0	0	0	0	
34	25	0	0	0	0	0		25	0	0	0	0	0	
35	26	0	0	0	0	0		26	0	0	0	0	0	
36	27	0	0	0	0	0		27	0	0	0	0	0	
37	28	0	0	0	0	0		28	0	0	0	0	0	
38	29	0	0	0	0	0		29	0	0	0	0	0	
39	30	0	0	1	0	1		30	0	0	0	0	0	
40	31	0	0	0	0	0		31	0	0	0	0	0	
41	32	0	0	0	0	0		32	0	0	0	0	0	
42	33	0	0	1	0	1		33	0	0	0	0	0	
43	34	0	0	0	0	0		34	0	0	0	1	1	
44	35	0	0	0	0	0		35	0	0	0	0	0	
45	36	0	0	0	0	0		36	0	0	0	0	0	
46	37	0	0	0	0	0		37	0	0	0	0	0	
47	38	0	0	0	0	0		38	0	0	0	0	0	
48	39	0	0	0	0	0		39	0	0	0	0	0	
49	40	0	0	0	0	0		40	0	0	2	0	2	
50	Media	0.15	0.2	0.15	0	0.5		Media	0.4	0.7	0.275	0.05	1.425	
51	SD	0.483	0.564	0.362	0	1.038		SD	1.008	1.018	0.599	0.221	1.866	

- 1. Datos del sitio, posición con GPS, fecha, profundidad, nivel del mar, temp. del agua, tiempo de buceo.
- 2. Unidad de medida estándar (cuadrante e.g. 50 x 50cm)
- 3. Tamaño de clase de ostras
- 4. Número de ostras
- 5. Media en # de ostras, e.g. fórmula = promedio (B10:B49)
- 6. Desviación estándar (DE), e.g. fórmula = DESTV (B10:B49)

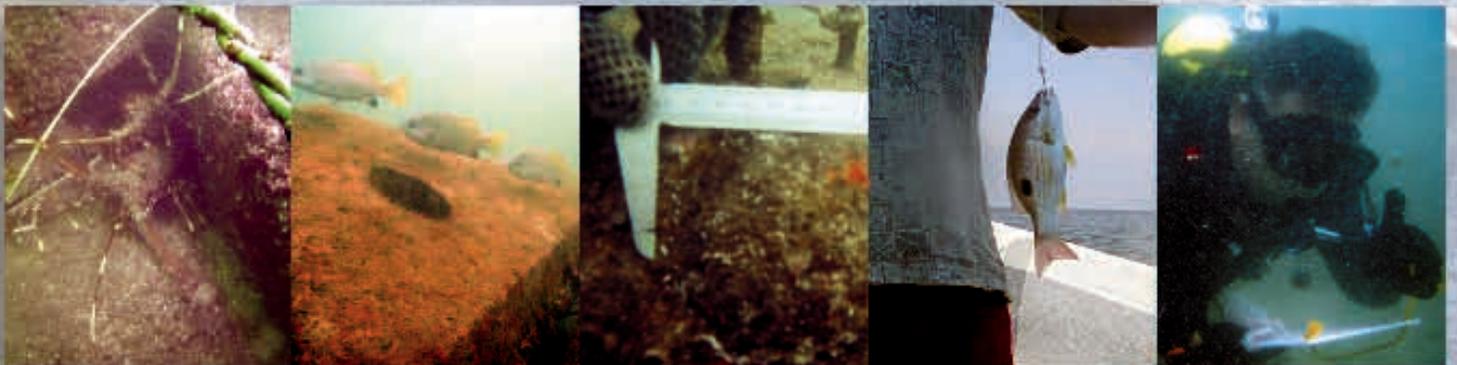


Anexo 2. Datos procesados para estimar el número de ostras/m² en cada una de las categorías estudiadas.

1	Area 1						Area 1					
	Lugar Las Tunas						Lugar El Tempisque					
	No./m2	Tamaño				Sub-total	No./m2	Tamaño				Sub-total
Réplica No.	0 - 4 cm	4 - 8 cm	8 - 12 cm	> 12 cm	Sub-total	Réplica No.	0 - 4 cm	4 - 8 cm	8 - 12 cm	> 12 cm	Sub-total	
1	0	0	0	0	0	1	0	8	0	4	12	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	8	0	8	
3	0	0	0	0	0	3	0	12	0	0	12	
4	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	8	
5	0	4	0	0	4	5	4	4	0	0	8	
6	0	8	4	0	12	6	0	4	4	0	8	
7	0	0	0	0	0	7	0	4	0	0	4	
8	0	0	0	0	0	8	0	8	4	0	12	
9	0	0	0	0	0	9	0	8	0	0	8	
10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	11	4	8	0	0	12	
12	8	4	4	0	16	12	0	4	4	0	8	
13	8	0	0	0	8	13	16	12	0	0	28	
14	4	0	0	0	4	14	12	8	0	0	20	
15	4	8	0	0	12	15	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	16	16	12	0	0	28	
17	0	0	0	0	0	17	0	0	8	0	8	
18	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	
19	0	8	4	0	12	19	0	0	0	0	0	
20	0	0	4	0	4	20	4	0	4	0	8	
21	0	0	0	0	0	21	0	8	0	0	8	
22	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	23	4	8	4	0	16	
24	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	
30	0	0	4	0	4	30	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	
32	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	
33	0	0	4	0	4	33	0	0	0	0	0	
34	0	0	0	0	0	34	0	0	0	4	4	
35	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	
36	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	
37	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	
38	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	
39	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	
40	0	0	0	0	0	40	0	0	8	0	8	
Media	0.6	0.8	0.6	0	2	Media	1.6	2.8	1.1	0.2	5.7	
SD	1.932	2.255	1.446	0	4.151	SD	4.031	4.071	2.394	0.883	7.463	

1. Sitio estudiado, número de réplicas.
Número de ostras /m²
2. Categorías de ostras estudiadas.
3. Media de ostras estimadas/ m²

**Construcción de bancos artificiales
y colocación de arrecifes artificiales
para recuperación de la ostra de piedra
(*Crassostrea iridescens*), en la zona costera
del Departamento de La Unión.**





Contenido

I.	Resumen	33
II.	Introducción.....	34
III.	Objetivos.....	34
IV.	Arrecifes artificiales, una alternativa de recuperación de recursos marinos	35
IV.1	<i>Importancia de los arrecifes artificiales</i>	36
IV.2	<i>Beneficios de la creación de arrecifes artificiales</i>	37
IV.3	<i>Antecedente de arrecifes artificiales en El Salvador para ostra de piedra</i>	38
V.	Metodología	39
V.1	<i>Descripción del área de estudio</i>	39
V.2	<i>Diseño del experimento</i>	39
V.3	<i>Construcción de arrecifes artificiales</i>	41
V.4	<i>Colocación de arrecifes de placas de concreto y barro</i>	43
V.5	<i>Monitoreo de ostras en los arrecifes artificiales</i>	44
V.6	<i>Monitoreo de peces y langostas</i>	44
VI.	Resultados de la investigación.....	46
VII.	Discusión	50
VIII.	Conclusiones	52
IX.	Bibliografía citada.....	53



I. Resumen

Los arrecifes artificiales se están utilizando en muchos países alrededor del mundo, porque se han encontrado muy buenos resultados en la recuperación de las pesquerías, la conservación de la naturaleza, la protección y gestión de habitats, la aplicación de la reglamentación pesquera, las actividades recreativas y la investigación científica, todo ello en respuesta a problemas relacionados con el agotamiento de los ecosistemas, de los recursos litorales y de las pesquerías. En muchos países los arrecifes artificiales ya constituyen elementos importantes de los planes integrados de gestión y manejo de recursos costeros. Por las experiencias con arrecifes artificiales en otros países y por el estado del recurso ostra de piedra (*C. iridescens*) en El Salvador, se realizaron varios ensayos en la zona costera del Departamento de La Unión, para conocer la efectividad de estos en el aumento de sustrato para incrementar la fijación de ostra de piedra, esto como una alternativa para aumentar las poblaciones de este recurso en la zona. Los sitios para la colocación de los arrecifes artificiales se determinaron de acuerdo a los resultados encontrados en la investigación sobre el estado de ostra de piedra en los principales bancos naturales de la zona.



II. Introducción

La capacidad de la naturaleza para reponer los daños en los ecosistemas es muy lenta. La manipulación de ecosistemas marinos mediante la colocación de arrecifes artificiales, constituye en la actualidad una herramienta para la rehabilitación de habitats críticos. Las zonas de reproducción son muy importantes para la supervivencia de especies, por que les proveen condiciones de refugio y alimento para los organismos en la etapa juvenil. Los arrecifes artificiales se crean al hundir en el mar cualquier estructura construida por el hombre que ya no tenga vida útil, además de madera o cualquier objeto que sea llevado por las corrientes de los ríos hasta el mar, se constituye en un arrecife artificial, con el tiempo estas estructuras se convierten en parte del ecosistema local, ofreciendo un sustrato para la fijación y el refugio de numerosas especies de flora y fauna marinas manteniendo y recuperando así la diversidad biológica. Este tipo de ecosistema también promueve la investigación científica y la educación ambiental, a la vez que crea lugares alternativos de buceo, pesca y ecoturismo, reduciendo la presión en los arrecifes naturales.

III. Objetivos

- Determinar la diferencia entre diferentes materiales y forma de arrecifes artificiales para ostra de piedra.
- Determinar el efecto de arrecifes artificiales como una alternativa para la recuperación de los recursos pesqueros.
- Creación de áreas artificiales de pesca y extracción de ostra de piedra, peces y langostas en la zona costera del Departamento de La Unión.

IV. Arrecifes artificiales, una alternativa de recuperación de recursos marinos.

Con el aumento de las actividades que los seres humanos desarrollan en las costas, incluyendo la pesca y extracción de muchos recursos marinos, los arrecifes naturales han sufrido deterioro y se encuentran bajo gran presión y en algunos casos amenazados por el uso y explotación excesiva. Las principales causas que ponen en riesgo a los arrecifes naturales, son la sobreexplotación, el desarrollo industrial en las zonas costeras, la contaminación de los mares y océanos, así como la contaminación y erosión de la tierra. La capacidad de la naturaleza para reponer los daños en los arrecifes naturales es muy lenta, por lo que en la actualidad es popular el uso de arrecifes artificiales para crear hábitat que contribuyen a aumentar las poblaciones de especies marinas (Marenter, *s a*; Toro R. 2001).

Un arrecife artificial crea micro-hábitats que aumentan la producción marina al proveer un sustrato para el asentamiento y crecimiento de algas e invertebrados. Además, ofrece refugio y protección contra la depredación a una variedad de especies marinas. Los arrecifes artificiales son un modelo secundario de producción de biomasa, porque agregan organismos en dicha área y aumenta la sobre vivencia y crecimiento de nuevos individuos. (Fast y Pagan, 1974; Steimle, 1982; Haroun T. 1998; Toro R. 2001, Terashima, 2007).

Casi cualquier objeto lanzado en el mar ya sea en el fondo o a la deriva, puede ser un refugio potencial para la flora o fauna marina. Objetos que son desplazados por los ríos hasta las playas, pueden ser utilizados como refugios por pequeñas especies marinas (Fig. 1).



Fig 1. Muestra de peces utilizando pequeñas estructuras en el mar, que les sirve como refugio.



IV.1 Importancia de los arrecifes artificiales

Para la colocación de los arrecifes artificiales es importante conocer determinantes ambientales y las características de éstos para obtener el mayor provecho con la colocación. Algunos factores importantes para el éxito de arrecifes artificiales, como el sitio donde se colocarán, son las características ecológicas de las comunidades y algunas variables ambientales tales como: corriente, temperatura, profundidad o calidad del agua. Algunos trabajos recientes ponen en evidencia que en particular la profundidad, es determinante para la funcionalidad de las estructuras artificiales. Sin embargo, los datos obtenidos en un arrecife artificial pueden no ser generalizados para cualquier otro sitio de investigación. Para la colocación de estructuras artificiales se debe tener claro la especie objetivo para la cual se quiere realizar la colocación de los arrecifes artificiales, para tal acaso es importante conocer la conducta de la especie objetivo. (Beets y Hxon 1994; Stanley y Wilson 2000; Sherman et al. 2001^a; Sherman et al. 2001b; Spieler et al. 2001; Seaman, 2002).

Con la instalación de arrecifes artificiales, se incrementa la capacidad de carga del medio marino, lo que correspondería con un incremento de abundancia y biomasa de la biota marina. El arrecife artificial ofrece sustrato nuevo para los organismos bentónicos, y con ello existe mayor alimento disponible y se aumenta la eficacia trófica. Además ofrece refugio frente a los depredadores, refugio a los juveniles o durante las épocas de muda (en el caso de los crustáceos) o zonas de reposo en respuesta a las corrientes marinas. Igualmente, los arrecifes artificiales proveen de hábitat para el reclutamiento de individuos que de otro modo, se perderían sin incrementar las poblaciones marinas (Bombace, 1989; Collins, Jensen & Lockwood, 1991; Polovina, 1994; Bortone, Martin & Bundrick, 1994; Harmelin & Bellan-Santini, 1997; Spanier, 1997; Bombace, 1997).

Los arrecifes son una herramienta muy utilizada para la implementación de manejo de recursos costeros marinos; porque se utilizan para la protección de la línea costera; además, de incrementar los recursos pesqueros con la extensión de las áreas de pesca o con la creación de nuevas. Los peces habitan los arrecifes porque les proporciona alimento, refugio y área para reproducción y condiciones para crecimiento y desarrollo de las crías. El aumento de cobertura algal en los arrecifes artificiales favorece el asentamiento de larvas pelágicas y en conjunto, favorecen la atracción de peces que se alimentan del bentos fijado. La comunidad bentónica además, cambia la fisonomía del arrecife, aumentando el refugio para juveniles y adultos contra la depredación (Keough y Downes, 1982; Hixon y Brostoff 1985; Relini, Torchia & Relini, 1994; Relini *et al.*, 1994; Johnson *et al.*, 1994; Terashima *et al.*, 2007).

Según Terashima *et al.*, 2007, el papel que juegan los arrecifes artificiales en la ampliación o creación de ecosistemas nuevos, es importante porque agregan especies, convirtiendo el ecosistema en el transcurso del tiempo, en un área de reclutamiento, crecimiento, desarrollo y reproducción de las especies (Fig 2).

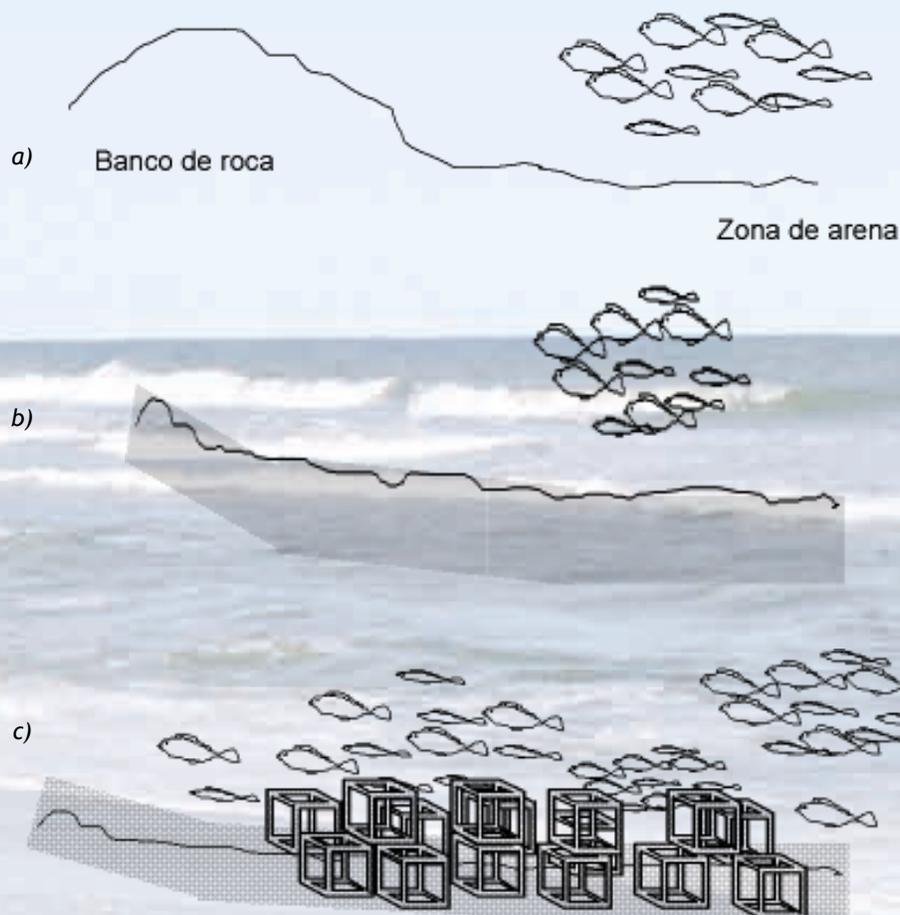


Fig. 2. Muestra de manera esquemática sobre como los arrecifes artificiales crean hábitat para las especies en el fondo del mar, a) Las áreas de bancos de rocas son utilizados por las especies como refugios, áreas de alimentación y reproducción, b) En zonas de arenas donde no existen bancos rocosos, las especies pelágicas sólo las utilizan como áreas de tránsito, c) Zona de arena despues de colocados los arrecifes artificiales creando hábitats y refugios para diferentes especies (Terashima et al, 2007, modificado).

IV.2 Beneficios de la creación de arrecifes artificiales.

Uno de los grandes beneficios de la colocación de arrecifes artificiales, es que se reduce la presión sobre arrecifes naturales, se crean espacios para nueva vida submarina, se generan beneficios económicos a la población local por el incremento de especies de importancia económica en el área además de las actividades de ecoturismo. Con los arrecifes artificiales también se reduce la pesca ilegal dificultando el uso de redes de arrastre (Toro R. 2001).

IV.3 Antecedente de arrecifes artificiales en El Salvador para ostra de piedra.

Los arrecifes artificiales para ostra de piedra son novedosos en El Salvador, en noviembre de 2002 en el Marco del Proyecto Desarrollo de la Acuicultura de Moluscos en el Salvador, se colocaron 35 arrecifes artificiales de dos tipos, uno en forma de pirámide y otro en forma de cubo sólido (Fig. 3). Estos arrecifes fueron colocados en Las Tunas y El Icaco, a una profundidad promedio de 8-10 mt en marea alta sobre bancos naturales de ostras de piedra. Mes y medio después de haberlos colocados, se desarrolló el primer monitoreo y se encontró semillas fijadas con un promedio de 21.78 mm de altura y 20.22 mm de longitud. Durante 13 meses se desarrollaron monitoreos y se encontró un crecimiento máximo de 62 mm (Vásquez 2004).

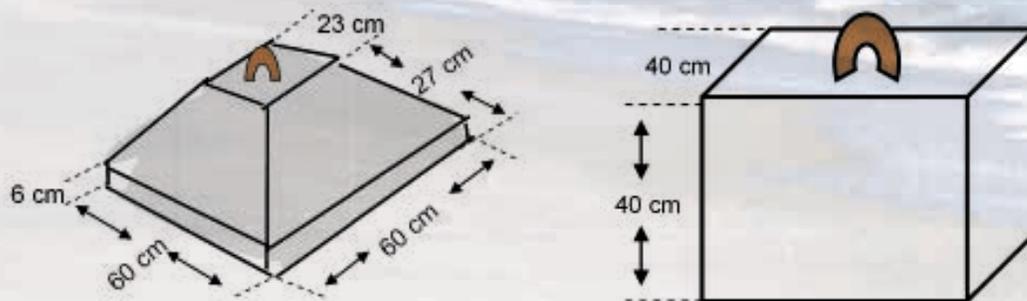


Fig. 3. Arrecife tipo pirámide utilizado durante la implementación del ensayo.

V. Metodología

V.1 Descripción del área de estudio.

La investigación se llevó a cabo en la costa del Departamento de La Unión, esta se desarrolló en dos etapas. La primera etapa fue para conocer la efectividad de los arrecifes artificiales y determinar la diferencia entre cinco tipos de materiales y forma de arrecifes. Esta etapa se desarrolló frente al Tempisque cerca de las Tunas, entre las coordenadas 13° 09' 02" LN y 87° 58' 16" LW y la segunda etapa consistió en la construcción de un arrecife artificial y sobre el cual se colocaron dos tipos de arrecifes artificiales. Esta se desarrolló en el lugar conocido como El Icaco, entre las coordenadas 13° 09' 06" LN y 87° 57' 26" LW (Fig 4).

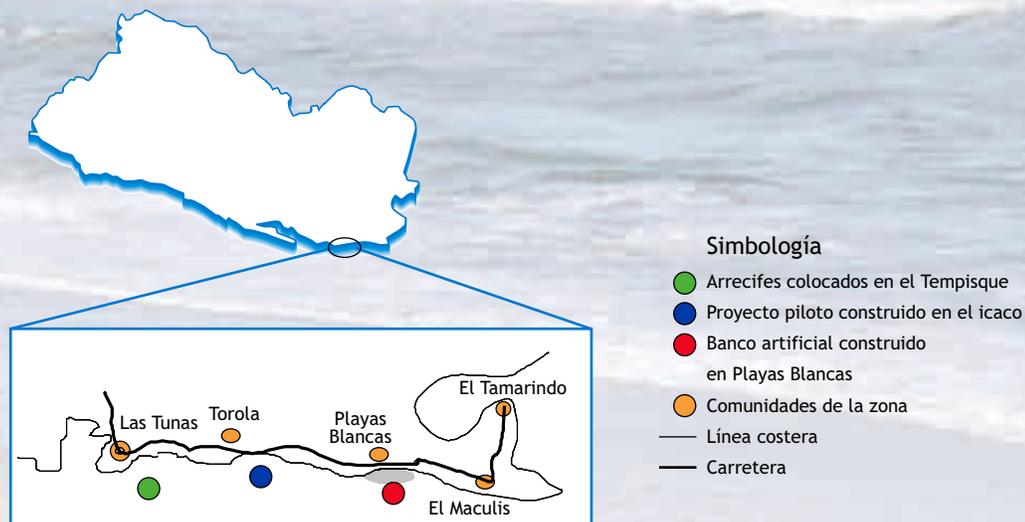


Fig. 4. Ubicación de los lugares donde se colocaron arrecifes artificiales, como una alternativa para aumentar la fijación de ostra de piedra y contribuir a la agregación de especies como peces y langostas.

V.2 Diseño del experimento.

En El Tempisque se colocaron 40 arrecifes de cinco formas y materiales diferentes (Fig 5). Esto para conocer si existía diferencia significativa entre cada uno de ellos; de éstos 40 arrecifes, 20 se colocaron sobre sustrato de arena y los otros sobre sustrato de roca para determinar si existía diferencia en cada uno de los sustratos. En los arrecifes que se colocaron sobre sustrato de roca, se realizaron cuadrantes en las rocas del área para determinar si exista diferencia con respecto a la fijación de larvas de ostras entre los arrecifes artificiales y la roca del sitio. Los arrecifes se colocaron agrupados formando un perímetro y en cada esquina del perímetro, uno de cada forma distribuidos de manera al azar, tuvo la misma oportunidad de servir de sustrato a larvas de ostra de piedra (Fig. 6).

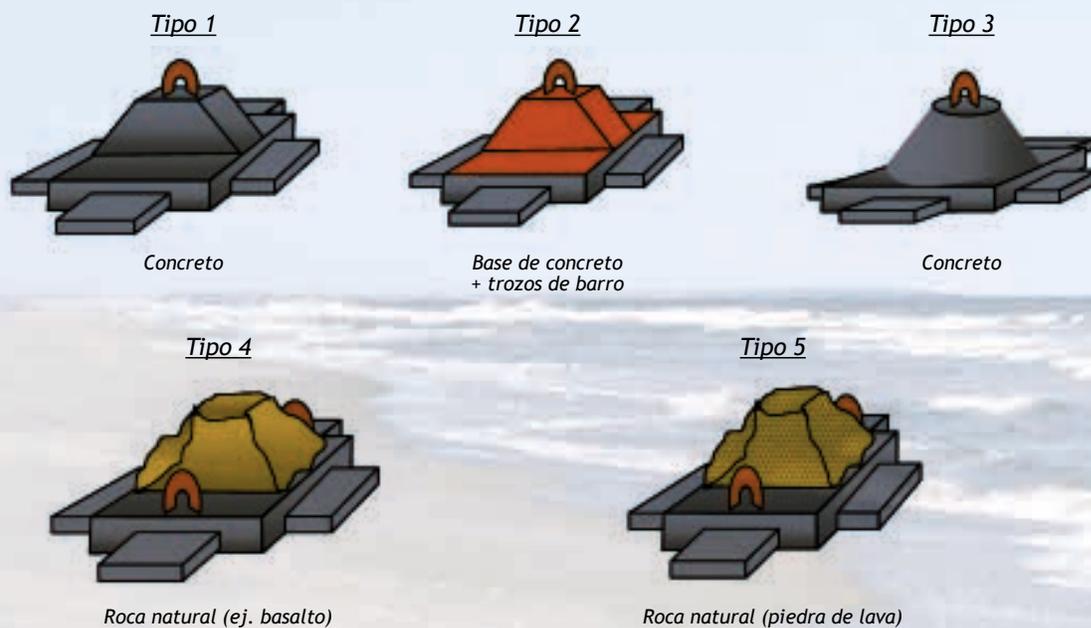


Fig. 5. Forma y materiales de los arrecifes artificiales que se utilizaron para desarrollar el experimento de fijación de ostra de piedra, en el banco de ostra conocido como El Tempisque, Junio/2005.

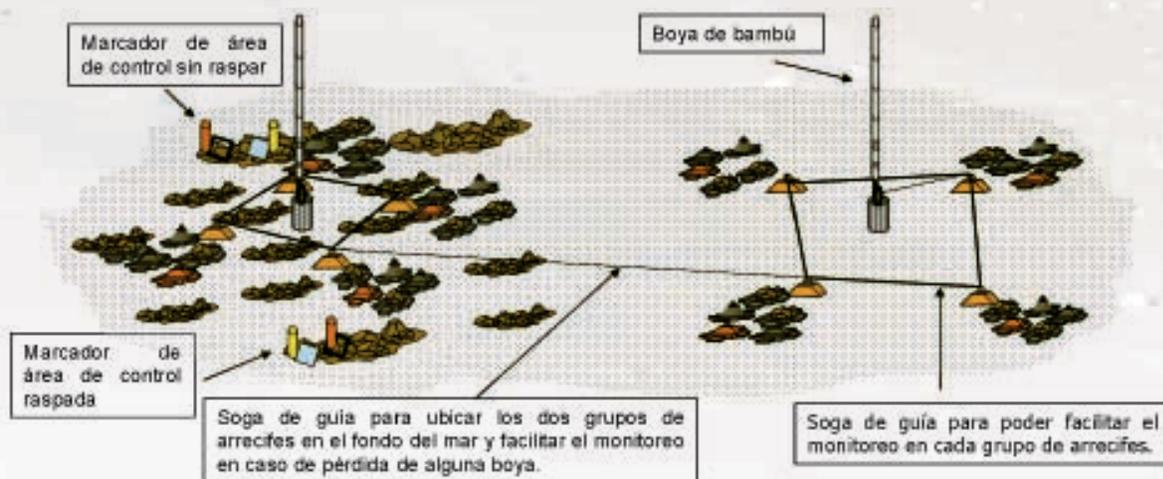


Fig. 6. Esquema de distribución de los arrecifes artificiales sobre el sustrato de roca, de igual forma se ubicaron los arrecifes sobre sustrato de arena., a una distancia de unos 40 mt de distancia unos de los otros.

V.3 Construcción de banco artificial.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la investigación de los principales bancos de extracción de ostra, en la zona comprendida entre Las Tunas y El Faro, se encontró que en el banco conocido como El Icaco, es donde existe mayor cantidad de ostra en tallas menores de cuatro centímetros; además este banco es el que presentó menor cobertura de roca (Fig. 7).

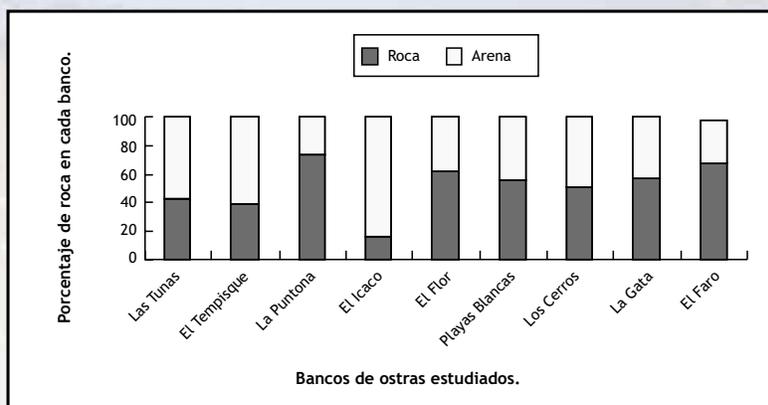
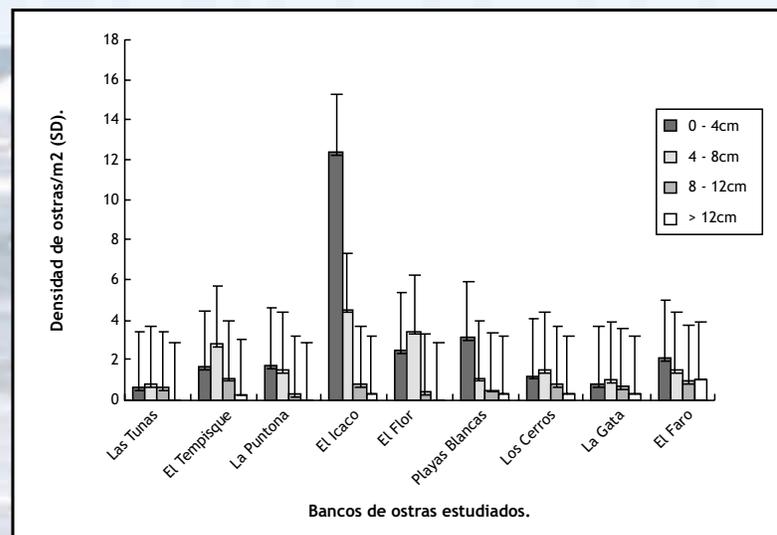


Fig. 7. Gráfico de los Resultados obtenidos en la investigación de los principales bancos de ostra en la zona comprendida entre las Tunas y EL Faro, Abril -Junio 2005.

En base a éstos resultados se decidió construir un banco artificial sobre el cual se colocaron arrecifes artificiales; con el objetivo de aumentar el sustrato para fijación de larvas de ostra de piedra y crear hábitats para especies como peces y langostas. El proyecto se construyó de 36 m² y se colocaron 50 arrecifes artificiales de dos tipos; además se utilizaron marcadores para conocer la cantidad de arena que es depositada, no sólo en el banco artificial, sino también en los bancos naturales (Fig. 8).



Después de construido el banco artificial, se decidió ampliarlo con 54 m² más, pero para esta etapa se eliminó un arrecife ya que por su forma, es débil y se destruye con facilidad por lo cual se reemplazó con un arrecife en forma de pirámide con lo cual se creó hábitats no solo para ostras sino también para langostas y peces (Fig. 8).

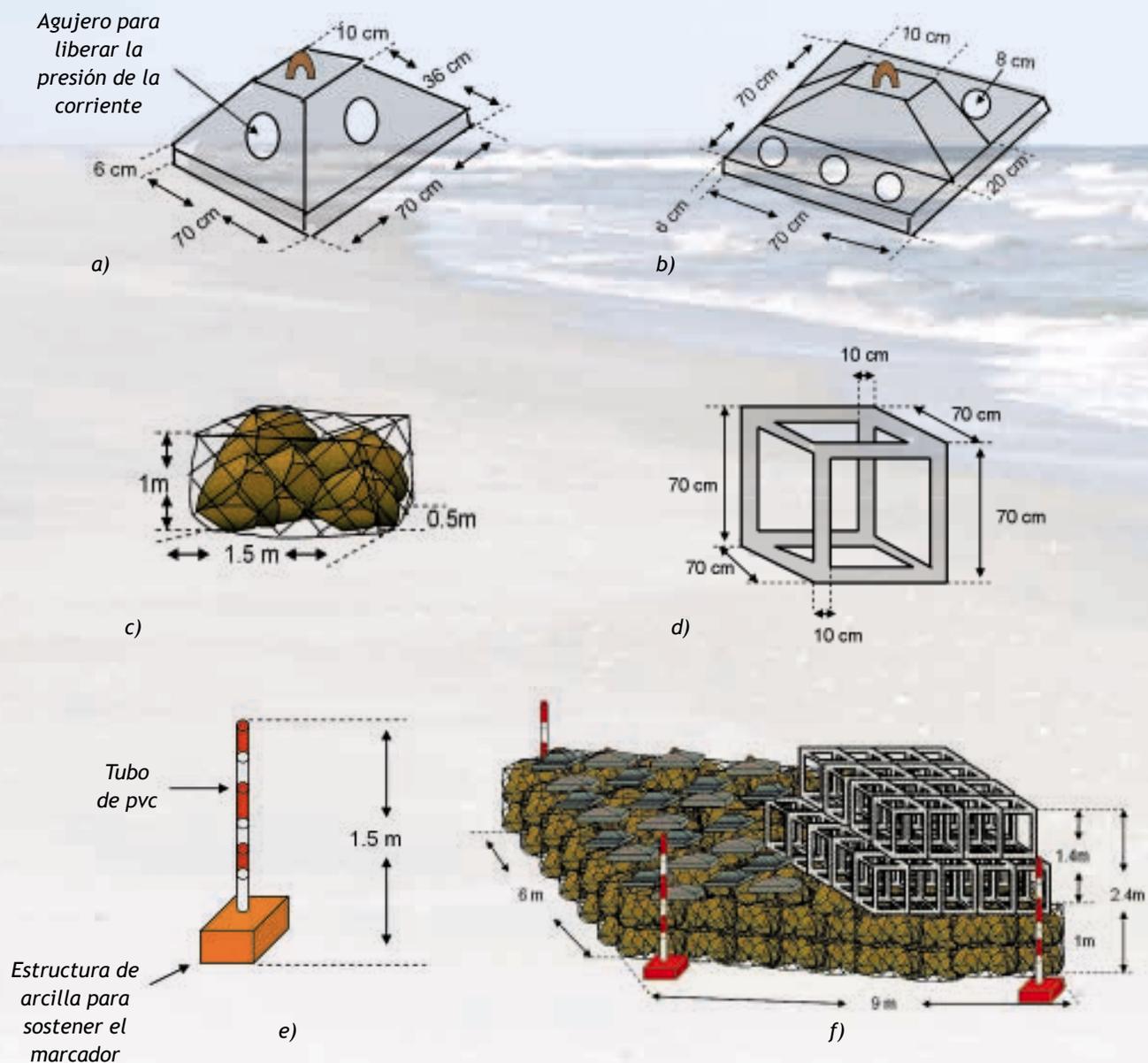


Fig. 8. Arrecifes que se colocaron sobre el banco artificial: a) Tipo 1 construido de concreto y en forma de pirámide, b) Tipo 2, construido de concreto, éste arrecife posteriormente se eliminó porque es débil y se destruye con facilidad, c) Gaviones de alambre galvanizado y forrados de pvc que se utilizaron para la construcción del banco artificial, d) Tipo 3 construido de concreto, e) Marcadores utilizados para medir el nivel de arena depositada por las corrientes oceánicas f) Esquema del banco artificial terminado, con los diferentes tipos de arrecifes artificiales.

V.4 Colocación de arrecifes de placas de concreto y barro.

Para conocer si la profundidad es importante en la distribución de ostras de piedra, se construyó un arrecife artificial de placas de cemento y barro, para ser colocadas a una profundidad de 5 y 10 mt (Fig. 9). Con este modelo se pretendía, además de conocer la época de mayor fijación de larvas, el crecimiento de éstas después de fijadas en las placas. Para la colocación de éste tipo de arrecife se seleccionaron tres bancos de ostras, estos bancos de ostras fueron: Playas Blancas, El Flor y El Tempisque.

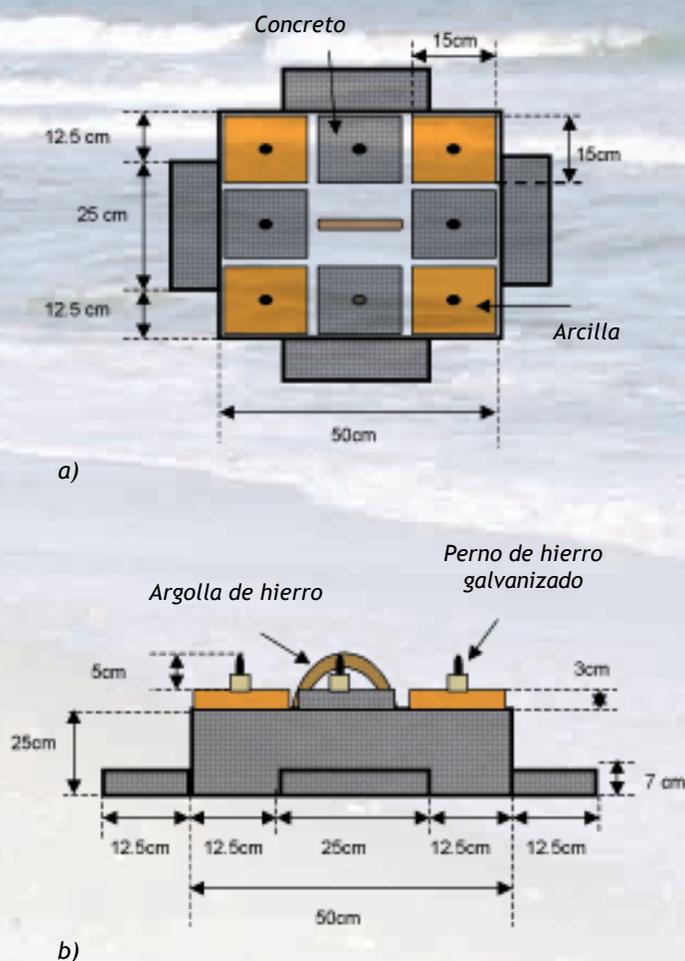


Fig. 9. Esquema de arrecife de placa: a) Vista aérea b) Vista lateral.

V.5 Monitoreo de ostras en los arrecifes artificiales.

El monitoreo en los arrecifes artificiales, para conocer la cantidad y tamaño de las ostras se realizó de manera mensual, mediante inmersiones submarinas por buceo autónomo. Para contabilizar y medir el número de ostras fijadas en los arrecifes artificiales, se les colocó una marca que permitiera identificarlos y realizarles el monitoreo de manera continúa (Fig. 10a). Para comparar si existe diferencia entre la cantidad de ostras fijadas en los arrecifes artificiales y las rocas propias del área, se seleccionaron áreas que fueron utilizadas como control y con éstas se realizó una comparación entre los arrecifes artificiales y las ostras fijadas en las rocas del lugar. Estas área de control se utilizaron también para conocer la cantidad de arena que es depositada por las corrientes oceánicas sobre el banco artificial y las áreas de control en los bancos naturales (Fig. 10b).

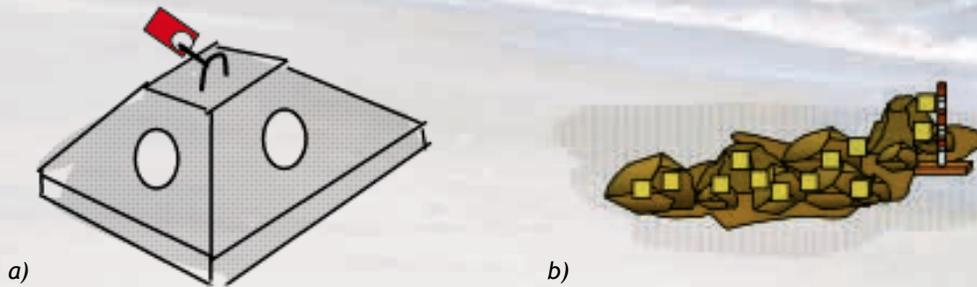
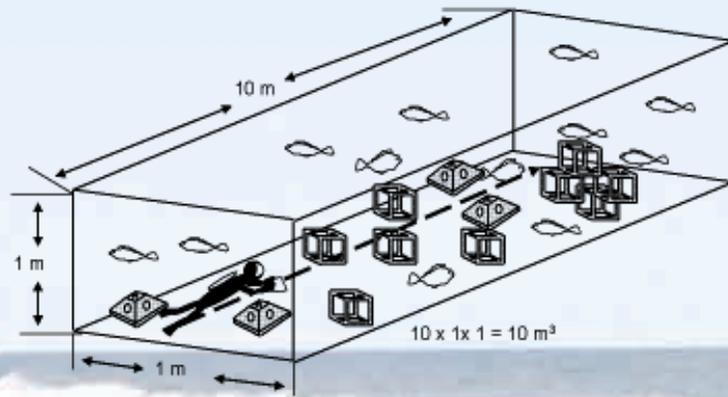


Fig. 10. Arrecife artificial con la marca para diferenciarlo del resto y poder realizar el monitoreo siempre, b) Área de control con el marcador, para medir el nivel de depositación de arena por las corrientes oceánicas.

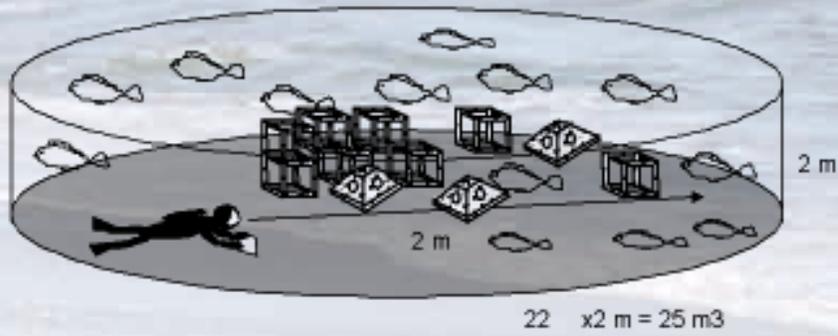
V.6 Monitoreo de peces y langostas.

Los monitoreos de los arrecifes artificiales para conocer la cantidad y diversidad de especies ictiológicas fue desarrollado trimestralmente, mediante inmersiones submarinas por buceo autónomo. En el caso de langostas se contabilizaron todas las observadas dentro del banco artificial. También para desarrollar la estimación de las especies que hacen uso de los arrecifes artificiales, se desarrolló el uso del método de transepto utilizado para peces demersales (Fig. 11) y del método del punto estacionario para peces pelágicos (Terashima et al, 2007).



a) Método del transepto.

b)



c) Método del punto estacionario.

Fig. 11. Métodos utilizados para realizar la estimación de especies en los arrecifes artificiales.

VI. Resultados de la investigación

Mediante equipos de buceo autónomo, se monitorearon los procesos de fijación de ostra en los diferentes arrecifes que fueron colocados en el banco conocido como El Tempisque y se encontró que estadísticamente no existe diferencia significativa entre cada uno de ellos (Fig. 12).

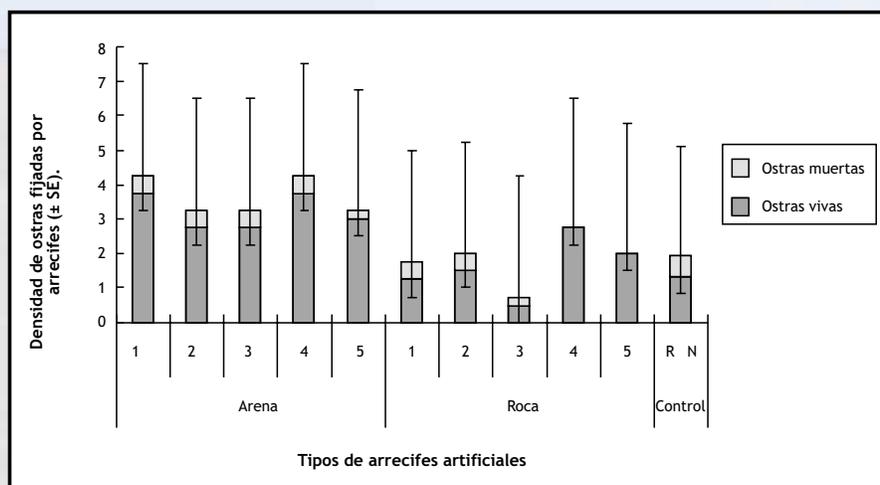


Fig. 12. Muestra de los resultados de fijación de ostra encontrada en los diferentes arrecifes artificiales enero de 2006. 1 Forma de pirámide de cemento, 2. Pirámide con placas de barro, 3. Forma de cono y de cemento, 4. Arrecife de roca natural, 5. Arrecife de lava volcánica.

Después de colocados los arrecifes artificiales se encontró ostras con tamaño promedio de 1.01 ± 0.66 mm y a los 18 meses después de colocados los arrecifes, las ostras habían alcanzado un crecimiento promedio de 6.8 ± 1.86 cm (Fig. 13).

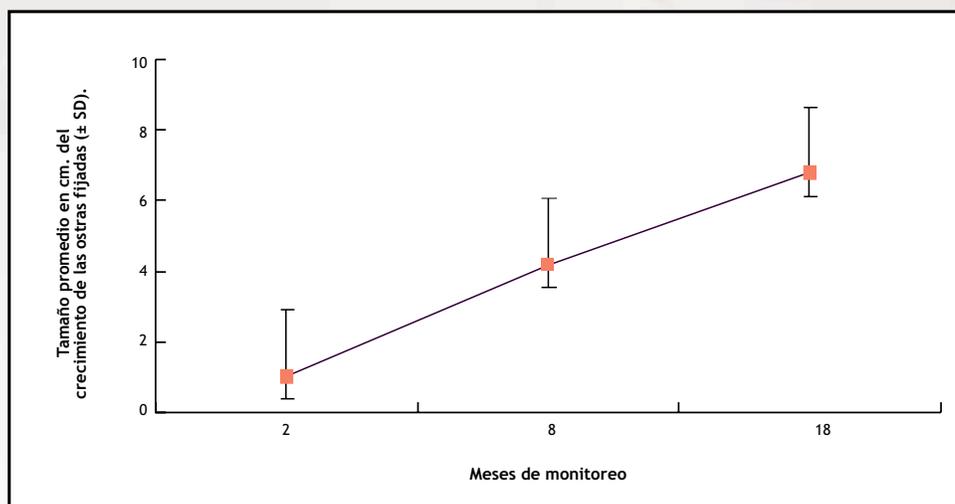


Fig 13. Muestra del crecimiento encontrado para ostra de piedra, fijadas en los arrecifes artificiales. Febrero de 2007.

Con respecto a los arrecifes que se colocaron sobre el banco de roca que se construyó en El Icao se encontró que la fijación de las ostras fue menor que en los otros arrecifes que se colocaron en El Tempisque. En estos arrecifes, las ostras que se fijaron solo llegaron hasta 2 cm de tamaño y luego murieron. Pero con la colocación de éstos arrecifes se incrementó otras especies de manera indirecta como peces y langostas (Tabla 1).

Tabla 1. Especies encontradas en los arrecifes artificiales colocados en El Icao.

Nombre Común	Nombre Científico	2006	2007		
		Nov	Enero	Abril	Julio
Jurel	Caranx caballus	-	2	4	12
Pargeta lunareja	Lutjanus guttatus	2	21	50	40
Angel de Cortez	Pomacanthus zonipectus	4	12	25	17
Jirafa	Chaetodipteus zonatus	-	1	3	3
Pintado	Abudefduf troschelii	-	-	4	4
Mariposa	Chaetodon humeralis	1	7	12	8
Roncador frijol	Haemulon steindachneri	2	2	6	3
Pargo amarillo	Lutjanus argentiventris	3	-	5	6
Pargo rabirubia	Lutjanus inermis	-	-	2	3
Roncador	Microlepidotus brevipinnis	-	1	6	7
Castañeta	Stegastes acapulcoensis	-	-	2	-
Langosta	Panulirus sp	21	61	50	-

- El primer monitoreo se realizó una semana después de finalizada la construcción y colocación de los arrecifes artificiales.
- El mes de noviembre no se realizó monitoreo por que las condiciones de visibilidad imposibilitaban desarrollar el trabajo de manera satisfactoria.

Durante un año se desarrolló monitoreo a los marcadores que se colocaron en el banco artificial y en los marcadores colocados en las áreas de control, para conocer el movimiento de arena y determinar el impacto que se puede ocasionar en los bancos naturales, por el cambio en la dirección de las corrientes, con la construcción de bancos artificiales. En el caso de los marcadores del banco artificial, se encontró que existen meses en donde los niveles de depositación de arena aumentan, mientras que en otros disminuye o se mantiene constante como efecto del cambio de las corrientes (Fig 14).

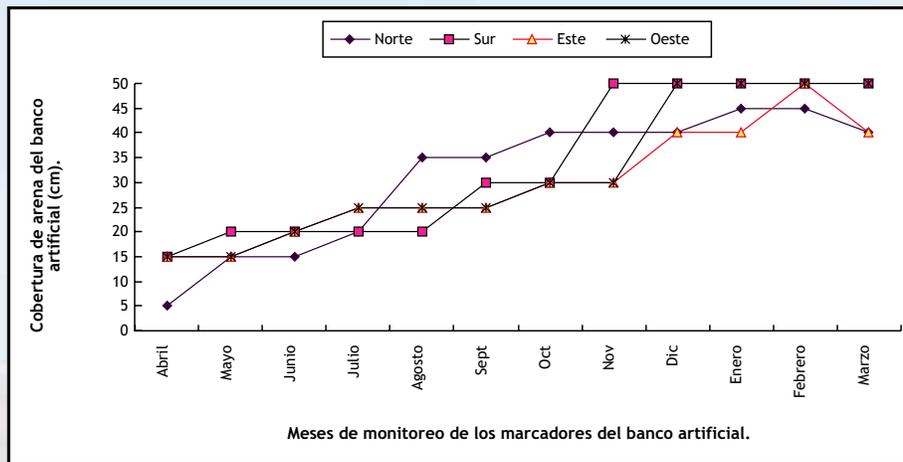


Fig. 14. Indicadores de los niveles de depositación de arena, en los diferentes puntos cardinales del banco artificial, marzo 2007.

En el caso de los marcadores que se colocaron en las áreas de control, se encontró que durante ciertos meses, los bancos de ostras se cubren de arena pero con el paso de los meses la arena es arrastrada por la corriente (Fig 15).

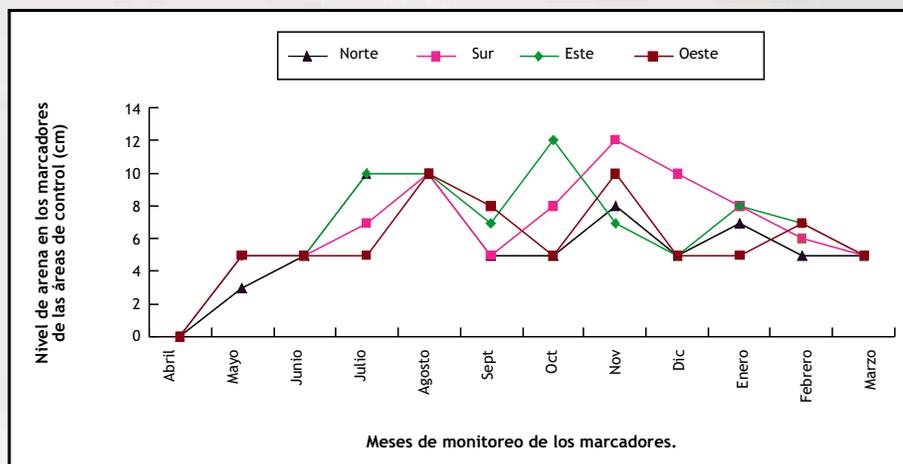


Fig. 15. Muestra el nivel de arena depositada por las corrientes en los bancos naturales de ostras, marzo 2007.

De los arrecifes de placas que se colocaron para conocer la distribución de fijación de larvas de ostras de piedra, se perdieron los colocados en Playas Blancas. Los de El Tempisque y el que fue colocado en El Flor, a 10 mt de profundidad, estos arrecifes fueron cubiertos por arena como resultado del efecto de las corrientes oceánicas, pero se le dio monitoreo al que se colocó a 5 mt de profundidad en El Flor y se encontró hasta 150 ostras fijadas por m² (Fig. 16).

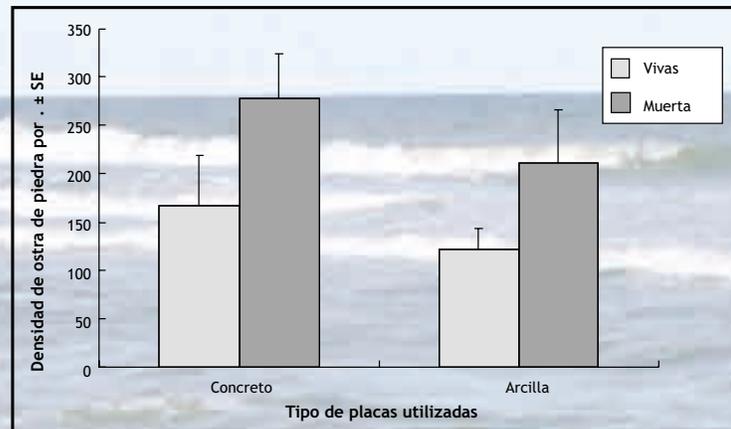


Fig. 16. Número de ostras fijadas en diferentes placas (m² ±SE) colocadas a 5 m de profundidad en El Flor. Julio - Noviembre de 2005.



VII. Discusión

Dentro de las medidas de restauración y rehabilitación de ecosistemas costeros, los arrecifes artificiales son utilizados como herramientas de ordenación y protección desde una perspectiva ecológica. Hay numerosos ejemplos a nivel mundial donde estas estructuras se han usado para realizar funciones importantes como: protección física de ecosistemas sensibles y frágiles, la adición o reposición de la complejidad de hábitats, creación de nuevos sustratos, o la sustitución de un recurso socioeconómico. Uno de los rasgos importantes de los arrecifes artificiales es la protección y/o restauración de los hábitats naturales marinos, por lo que representan un gran potencial para la mejora de hábitat y contribuyen en tres factores importantes como son: i) la restauración, que consiste en devolver un hábitat a su condición original; ii) rehabilitación, devolver un hábitat a otro estado; iii) mejora, mediante la adición de algo diferente al hábitat (Bohnsack y Sutherland, 1985; Grove y Wilson, 1994; Pickering *et al.* 1998).

Un arrecife artificial instalado en un lugar estratégico, puede contribuir al aumento de las poblaciones de organismos marinos porque ellos necesitan zonas que les provean alimento y seguridad para poder crecer alimentarse y desarrollarse. Por otra parte, los arrecifes artificiales se pueden utilizar para rehabilitar áreas degradadas por disturbios naturales y los impactos antropogénicos. Varios estudios han demostrado que los arrecifes artificiales promueven el reclutamiento y crecimiento de peces juveniles de una manera similar a los arrecifes naturales (Terashima *et al.*, 2007). Algunos estudios de comportamiento explican la atracción de los peces hacia los arrecifes artificiales, como en el caso de los cardúmenes de ciertas especies, que tienden a formar grupos uniespecíficos según tallas. Los peces suelen moverse hacia zonas de sombra, porque se supone que así pueden ver mejor las zonas circundantes iluminadas. Algunas especies además, utilizan estructuras con el fin de orientarse o navegar, sin obtener directamente alimento o refugio (Sempere B, Esplá A, A Palazon. 2000).

Con los arrecifes artificiales que se colocaron, se pudo comprobar que con éstos; además de aumentar el sustrato para la fijación de larvas de ostra de piedra, también crean refugios para peces y langostas que les permite protegerse y alimentarse. Los peces son los primeros que habitan los arrecifes artificiales, los juveniles son los primeros en llegar y poco a poco se van incorporando otros de mayor tamaño hasta llegar a ser colonizados por individuos adultos. Con el transcurso del tiempo se van agregando más individuos, volviendo el ecosistema artificial mas dinámico y contribuye a la productividad de la zona, no sólo desde el punto de vista ecológico, sino también desde el punto de vista económico para las comunidades costeras. En el caso de arrecifes artificiales utilizados para ostras, no existe información sobre el por qué estos en su mayoría son utilizados para la recuperación de las pesquerías y no se reporta la utilización de arrecifes artificiales para recursos bentónicos. Por los resultados encontrados con los diferentes ensayos realizados, éstos pueden ser una buena alternativa para el aumento de sustrato, para incrementar la fijación de larvas de ostra de piedra y para contribuir en la recuperación del recurso y aumentar la disponibilidad de ésta especie en el transcurso del tiempo.



En el transcurso de los monitoreos se pudo observar que el número de peces varia en los arrecifes artificiales, probablemente como respuestas a los cambios en las corrientes y pequeñas variaciones de temperatura. Con respecto a esto Terashima *et al.* 2007, menciona que la estacionalidad es un factor importante porque condiciona la distribución de las especies en los arrecifes artificiales y que dependiendo de las condiciones de temperatura, cambia el número de especies que hacen uso de este tipo de ecosistema.

En cuanto al crecimiento de ostra de piedra aún no está muy claro. Se desarrollaron monitoreos para conocer el crecimiento de ésta especie y según los datos recopilados se obtuvo que en 18 meses, las ostras que se fijaron en los arrecifes artificiales alcanzaron una talla promedio de 68 mm; es decir, que tuvieron un crecimiento promedio de 3.8 mm por mes. Estos valores de crecimiento seguramente pueden variar dependiendo del sitio en que son colocados los arrecifes artificiales o el crecimiento de ostra de piedra es más rápido durante los primeros meses de vida. Vásquez 2004, reporta que ostras fijadas en arrecifes artificiales colocados en Las Tunas, alcanzaron un crecimiento promedio de 62 mm en 13 meses de monitoreo, es decir 4.7 por mes.

En el caso del movimiento de arena en los bancos artificiales y naturales, se observa que estos varían de acuerdo a las épocas del año; en los meses de época lluviosa la fuerza de la corriente aumenta depositando más arena. Después que pasa la época lluviosa, el nivel de depositación de arena se reduce como respuesta a la reducción de la fuerza e intensidad de las corrientes, pero no se observa que el efecto de las corrientes ejerza una depositación inversa; es decir, que la arena que fue depositada en la época lluviosa sea removida de las zonas donde fue llevada por las corrientes. La arena que es depositada sobre los bancos de ostras se queda ahí causando la muerte de las ostras. Otro de los factores que contribuye a la depositación de sedimentos sobre los bancos naturales, es la acción de las mareas y los ríos que transportan materiales que son erosionados y llevados hasta el mar, en donde pueden llegar a formar playas fangosas o bancos de arena.



VIII. Conclusiones

- En ésta investigación se desarrollaron ensayos con arrecifes artificiales para conocer si éstos son una buena alternativa para aumentar el sustrato e incrementar la fijación de ostra de piedra. Con los resultados encontrados se puede concluir que éstos pueden ser una buena alternativa para la recuperación del recurso a través del aumento del sustrato disponible para fijación de larvas de esta especie; además, de crear otros hábitats que son utilizados por otras especies de importancia comercial, por las personas que viven cerca de la línea costera, como es el caso de peces y langostas.
- La forma y los materiales utilizados para la construcción de los arrecifes artificiales estadísticamente no representa diferencias significativas, por lo que éstos no interfieren en los procesos de fijación de ésta especie en arrecifes artificiales. Por cuestiones de manejo y colocación, es importante considerar el tamaño y forma de los arrecifes artificiales que se colocarán.
- Es importante considerar la ubicación donde se colocarán los arrecifes artificiales, para facilitar los procesos de fijación de ostra de piedra; además, el tipo de sustrato sobre el cual se colocarán es importante, para reducir los efectos de la depositación de arena por las corrientes oceánicas.
- Después de desarrollar monitoreos a los marcadores que se colocaron en los bancos naturales de ostras, no se encontró que los bancos artificiales creen un efecto de cambio en la dirección de las corrientes, contribuyendo al incremento de la depositación de arena en los bancos naturales.
- El grado de colonización de los arrecifes artificiales por ostra de piedra, pareciera que está condicionada por la ubicación de éstos con respecto a la proximidad o lejanía de los bancos naturales. Esto puede ser explicado, porque ésta especie posee comportamiento gregario y probablemente desarrolla algún tipo de estímulo a la fijación de los sitios donde existe o donde existieron ostras de piedra.
- Es difícil poder desarrollar monitoreo de manera constante, a los arrecifes artificiales, por problemas de visibilidad y de fuerza de las corrientes oceánicas, por lo que es importante considerar los arrecifes de placas, para conocer detalladamente las épocas de mayor fijación y el crecimiento por mes de las ostras de piedra fijadas. Con éstos arrecifes se pueden sacar las placas de los arrecifes y realizar el monitoreo sobre la lancha, solucionado los problemas de visibilidad, pero es importante colocarles una boya que sea fuerte y duradera para que resista la fuerza de las corrientes.
- A través de los monitoreos realizados a los arrecifes artificiales, después de colocados, se observa que los peces y langostas son los primeros en colonizarlos y posteriormente las algas y pequeños organismos como moluscos y crustáceos.
- Es importante desarrollar e implementar un plan de manejo del banco artificial y los arrecifes artificiales, como una herramienta para el manejo de las pesquerías desde el punto de vista comercial y deportiva.



IX. Bibliografía citada

Beets, J. and M. Hixon. 1994. Distribution, persistence, and growth of groupers (Pisces: Serranidae) on artificial and natural patch reefs in the Virgin Islands. *Bulletin of marine Science* 55(2-3):470-483.

Bohnsack, J. A., A. M. Ecklund y A. M. Szmant. 1997. Artificial reef research: is there more than the attraction production issue? *Fisheries* 22 (4): 14-16.

Bohnsack, J.A. y Sutherland, D.L. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*, 37 (1): 11-39.

Bombace, G. 1989. Artificial reefs in the Mediterranean Sea. *Bulletin of Marine Science* 44: 1023-1032.

Bombace, G. 1997. Protection of biological habitats by artificial reefs. En. *European artificial reef research*. A. C. Jensen J. T. Bayle Sempere, A. A. Ramos Esplá y J. A. Palazón *Efecto producción - atracción de un arrecife artificial Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 17 (1 y 2). 2001: 73-85 83 (ed.): 1-15. Southampton Oceanography Centre. Southampton, Reino Unido.

Bortone, S. A., T. Martin y C. M. Bundrick. 1994. Factors affecting fish assemblage development on a modular artificial reef in a northern Gulf of Mexico estuary. *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 319-332.

Collins, K. J., A. C. Jensen y A. P. M. Lockwood. 1991. Artificial reefs: using coal fired power station wastes constructively for fishery enhancement. *Oceanologica Acta* 11: 225-229.

Fast, D. E. y F. A. PAGAN, Proceedings of an International conference on Artificial Reefs. Comparative observations of an artificial tire reef and natural patch reefs off Southwestern Puerto Rico. In: Colunga, L. and R. Stone (Eds.). 1974. TAMU-SG-74-103.

Grove, R.S. y Wilson, C.A. 1994. Introduction to Aquatic Habitat Enhancement. *Bulletin of Marine Science*, 55(2-3): 265-267.

Harmelin, J. G. y D. Bellan-Santini. 1997. Assessment of biomass and production of artificial reef research. En: *European artificial reef research*. A. C. Jensen (ed.): 305-322. Proc. 1st EARRN conference. Ancona, Italy. Publ. Southampton Oceanography Centre. Southampton, Reino Unido.

Haroun T. 1998. Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguín (gran Canaria) y Lanzarote. Tesis de Doctorado. Universidad Las Palmas, Facultad de Ciencias del Mar. Departamento de Biología, España. 355 pp.

Keough, M. J. y B. J. Downes. 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Ecology* 54: 348-352.

Marenter. s.a. Aplicaciones diversas de arrecifes artificiales a base de elementos de concreto tipo Reefball. Cancún. 17 pp.

Pickering, H., Withmarsh, D. y Jensen, A. 1998. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. Reef Design and materials Workshop, Southampton, 16 pp.



Polovina, J. J. 1994. Function of artificial reefs. *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 1349.

Relini, G., M. Relini, G. Torchia, F. Tixi y C. Nigri. 1995. Coal ash tests in Loano artificial reef. *ECOSSET'95: Proc. Int. Conf. Ecol. Syst. Enhancement Tech. Aquat. Environ.*: 107- 113.

Relini, G., N. Zamboni, F. Tixi y G. Torchia. 1994b. Patterns of sessile macrobenthos community development on an artificial reef in the Gulf of Genova (Northwestern Mediterranean). *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 745-773.

Seaman, W. and A. Jensen. 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation. Pages 1-19 in: W. Seaman, Jr, (ed.) *Artificial Reef Evaluation, with Application to Natural Marine Habitats*, CRC Press, Boca Raton, Florida USA.

Sempere B, Esplá A, A Palazon. 2000. Análisis del efecto producción - atracción sobre la ictiofauna litoral de un arrecife artificial alveolar en la reserva marina de Tabarca (Alicante) 13 pp.

Sherman, R.L., D.S. Gilliam, and R.E. Spieler. 2001a. Site-dependent differences in artificial reef function: implications for coral reef restoration. *Bulletin of marine Science* 69(2):1053-1056.

Sherman, R.L., D.S. Gilliam, and R.E. Spieler. 2001b. Effects of refuge size and complexity on recruitment and fish assemblage formation on small artificial reefs. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 52:455-467.

Spanier, E. 1997. Assessment of habitat selection behavior in macroorganisms on artificial reefs. En: *European artificial reef research*. A. C. Jensen (ed.): 323-336. Southampton Oceanography Centre. Southampton, Reino Unido.

Spieler, R.E., D.S. Gilliam and R.L. Sherman. 2001. Artificial substrate and coral restoration: what do we need to know what we need. *Bulletin of marine Science* 69(2):1013-1030.

Stanley, D.R- and C.A. Wilson. 2000. Variation in the density and species composition of fishes associated with three petroleum platforms using dual beam hydroacoustics. *Fisheries Research* 47:161-172.

Steimle, F. W., Artificial reefs in the New York Bight: 50 years of experience. Marine Environmental Quality Committee. International Council for the Exploration of the Sea 1982. 62. C.M./E:

Terashima H, Sato M, Kawasaki H & D Thiam. 2007. Quantitative Biological Assessment of a Newly Installed Artificial Reefs in Yenne, Senegal. *Zoological Studies* 46(1): 69-82.

Toro R. 2001 Arrecifes Artificiales "Una nueva forma de conservación de ecosistemas marinos" Rev. *Dia logos* pp 57-64.

Vásquez H.E. 2004. Pruebas de fijación de ostra de piedra (*Crassostrea iridescens*) en bloques de cemento en Las Tunas, La Unión. Proyecto de Desarrollo de la Acuicultura en los Estuarios de El Salvador. pp 36-48