



Manual Técnico sobre Acuaponía Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Adaptando en Zonas Áridas



Manual Técnico de Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Adaptado en Zonas Áridas

Supervisado por
Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral
Dr. Ilie Racotta Dimitrov
y
Dr. Satoshi Yamada

Imprenta Fukui
Tottori/Japón



Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida por ningún medio electrónico o mecánico, sin el consentimiento de sus autores.

Manual Técnico de Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Adaptado en Zonas Áridas

Fecha de publicación: El 30 de abril 2020 Primera edición Primer impreso-

Supervisado: Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral, Dr. Ilie Racotta Dimitrov
y Dr. Satoshi Yamada

Diseño de libro: Sra. Mina Yamada

Imprenta • Publicación: Imprenta Fukui S.A. Miyanaga 21-4 Ciudad de Tottori,
Código postal 680-0872, Japón

Tel +81-857-37-4669

ISBN978-4-9907587-9-0

Se usa papel reciclado para este manual.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Prólogo	2
1. Guía para Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Utilizando Agua Salobre.....	5
2. Manual para Operación de Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto ...	19
2-1. Manual Práctico para el Cultivo de Tilapia en el Sistema de Recirculación de la Acuicultura	19
2-2. Manual Técnico de Hidroponia Usando Agua Residual de la Acuicultura	37
2-3. Manual Técnico para Cultivo a Cielo Abierto Usando Agua Residual de Acuaponia.....	65
2-3-1. Manual Técnico para Manejo de Agua y Suelo en Cultivos a Cielo Abierto.....	65
2-3-2. Manual para la Producción de Chiles Picosos.....	91
2-3-3. Manual para la Producción de Cilantro	133
2-3-4. Manual para la Producción de Betabel.....	145
3. Manual para Manejo de Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto...	153
3-1. Manual de Manejo de Higiene	153
3-2. Manual Técnico del Sistema de Suministro de Energía: Mantenimiento y Gestión	173
4. Manual de Manejo del Negocio de Acuaponia Combinada con Cultivos a Cielo Abierto	187
Epilogo	210
Anexos	213

Prólogo

La necesidad de contar con la capacidad de producir alimentos en ambientes con recursos limitados como el agua y suelo, son un reto para cualquier sociedad que demande mejores condiciones de vida en cualquier parte del mundo.

Sistemas de producción intensiva de alimentos que promuevan el uso eficiente de los recursos hídricos, son de vital importancia para desarrollarlos en zonas de clima árido y aun mas, el que se puedan operar con el uso de aguas de salinidad moderada, las cuales son recursos no utilizados para la producción de alimentos en la actualidad. Por tal razón el proyecto de Acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto en zonas áridas, desarrollado por el Gobierno de Japón en conjunto con el Gobierno de México a través de la Universidad de Tottori, La escuela de Ciencias Marinas de la Universidad de Tokio por el Gobierno Japonés y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (Cibnor, S. C.), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)

por el Gobierno Mexicano, se orientó a desarrollar el conocimiento científico y técnico, además de acciones para la difusión de tecnología a productores cooperantes locales, quienes son los beneficiados directos del trabajo científico desarrollado. Con ello, se espera contribuir al bienestar de la sociedad que requiere hacer un uso adecuado de sus recursos de suelo y agua, así como la inserción de sus actividades productivas en los mercados para lograr realizar una acuaponia sustentable en ambientes áridos.

Bajo esta primicia, los resultados alcanzados en nuestros estudios, permitieron la utilización de aguas con contenido de sales moderados para la producción de peces, y vegetales, además de poder dar un uso final al agua en su aplicación al riego en los cultivos establecidos en suelo a cielo abierto.

El sistema acuapónico combinado con cultivo a cielo abierto, fue verificado y su funcionamiento resulto altamente adecuado para su implementación como estrategia en la producción sustentable de alimentos, así como la posibilidad de operación comercial en estos ambientes de aridez.

En el presente manual, están compilados una serie de instrucciones a manera de guías técnicas de cultivo de peces y plantas, así como la operación del suministro de energía y la observancia sobre la sanidad e inocuidad de las cosechas, donde el usuario interesado, podrá seguir las instrucciones para operar un sistema acuapónico de manera adecuada.

Es importante señalar que con base a esta técnica de acuaponia para producir alimentos de manera intensiva se logró: 1) La utilización de agua salobre, 2) Mejorar la eficiencia del uso de agua, 3) Potenciar el uso de aguas salobres en la producción de alimentos, 4) Cosechar alimentos de origen animal

y vegetal en zonas áridas, y finalmente, 5) Prevención de salinización en el suelo. Además, con el sistema acuapónico, se logró tener cero emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera a través del uso de paneles fotovoltaicos para el suministro de energía como alternativa para establecer estos sistemas donde no hay abastecimiento de electricidad comercial. Es importante destacar que el sistema requiere monitoreo microbiológicamente para garantizar inocuidad de productos y con ello, la factibilidad de proceder a una certificación de sistemas en la producción orgánica de alimentos.

Los resultados alcanzados a través del periodo de investigación, nos llevó a: establecer el cultivo de peces, con alta densidad por metro cúbico de agua, disminución de tiempo para alcanzar talla comercial en tilapia, capacidad de ofrecer tilapias de alta calidad a los mercados y la factibilidad de crianza de robalo. Para el caso de cultivo hidropónico, podemos decir que es el primer caso con el propósito de remover sales sodio en la solución del cultivo hidropónico y con ello, para disminuir el impacto ambiental cuando el agua es transferida para riego al cultivo en suelo a cielo abierto. Este manejo en particular es de alta importancia en el propósito de mitigación de salinidad a través del cultivo de plantas con afinidad a la remoción de sodio y de interés comercial para su venta en mercados. Este caso particular de la remoción de sal de en la sección hidropónica, se considera como las primeras experiencias realizadas a nivel mundial.

Tenemos la confianza de que las técnicas de producción de acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto tienen posibilidad de ser implementadas en Baja California Sur en una primera fase a través de una serie de ensayos de verificación en la población de Los Planes, BCS como sitio de modelo. Esta acción sin duda será un resultado positivo del proyecto. Si se divulgan y se desarrolla la acuaponía en el Estado de BCS, podrá contribuir al desarrollo económico de la región, así como a la capacitación competitiva de productores con énfasis en demandas de calidad de cosechas por los mercados. Además, el Sistema de acuaponía desarrollado contribuirá no solo al aspecto económico sino también al aspecto ambiental.

Esperemos que estos resultados puedan ser apropiados por el mayor número de productores en zonas áridas para mejorar sustancialmente la capacidad de alimentos a través del uso de aguas de baja calidad que no son utilizadas en la producción de alimentos, aportando con ello, un sistema de producción de peces y vegetales una posibilidad para llevar alimentos a las personas que más lo requieren.

Atentamente

Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral
Responsable Técnico por el Grupo de Investigadores Mexicanos.
Investigador, Programa de Agricultura en Zonas Áridas.
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.



1. Guía para Acuaponía Combinada con Cultivo a Cielo Abierto Utilizando Agua Salobre



Gerente de Proyecto:

Dr. Satoshi Yamada¹⁾ y Dr. Ilie Racotta Dimitrov²⁾

Grupo de Acuicultura:

Dr. Francisco Magallón²⁾, Dr. Masato Endo³⁾, Dr. Shigehide Iwata³⁾ y
Dra. Ayako Matsui³⁾

Grupo de Agricultura:

Dr. Bernardo Murillo-Amador²⁾, Dr. Satoshi Yamada¹⁾, Dra. Mina Yamada¹⁾, Dra. Emi
Kaburagi¹⁾ y Dr. Hideyasu Fujiyama¹⁾

Grupo de Técnicas Combinadas:

Dr. Enrique Troyo Diéguez²⁾, Dr. Koji Inosako¹⁾ y Dr. Tadaomi Saito¹⁾

Grupo de Inocuidad:

Dr. Ramon Jaime Holguín Peña²⁾ y Dr. Takashi Baba¹⁾

Grupo de Suministro de Electricidad:

Dr. Joaquín Gutiérrez²⁾, Dr. Miguel Ángel Porta Gándara²⁾ y
Dr. Kotaro Tagawa¹⁾

Grupo de Implementación Social:

Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral²⁾, Dr. Takayuki Ando¹⁾ y
Dr. Hajime Kobayashi¹⁾

¹⁾ Universidad de Tottori, ²⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR) y

³⁾ Universidad de Tokio de Ciencia y Tecnología Marinas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. EXPLICACIÓN DE RESUMEN	7
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO ACOPLADO A CULTIVO EN SUELO A CIELO ABIERTO	8
3. IMPACTO	9
3-1 ACUICULTURA.....	9
3-1-1 Éxito de Cría de Tilapia con Alta Densidad.....	9
3-1-2 Alto Crecimiento de Tilapia y Alta Eficiencia de Alimentación Usando Agua Salobre de Temperatura Alta.....	9
3-1-3 Éxito de Cría de Robalo con Agua de Baja Salinidad y Ras, Primer Caso del Mundo	9
3-1-4 Ofrecimiento de Pescados de Alta Frescura y Sabor a Nivel Japonés	10
3-2 HIDROPONÍA.....	11
3-2-1 Primer Caso del Mundo. Cultivo Hidropónico con Remoción de Sal	11
3-2-2 Alta Utilización de Agua	11
3-3 CULTIVO A CIELO ABIERTO.....	11
3-3-1 Uso de Agua con Emisión Cero	11
3-3-2 Nueva Propuesta sobre Eficiencia de Uso de Agua con Rentabilidad Económica ...	11
3-4 MANEJO DE ACUAPONIA POR ELECTRICIDAD DE FOTOVOLTAICO	12
3-4-1 Ahorro de Costo de Electricidad.....	12
3-4-2 Conservación de Combustible Fósil.....	12
3-4-3 Emisión Cero de Dióxido de Carbono	12
3-5 GARANTÍA DE SALUD Y SEGURIDAD; MONITOREO RÁPIDO Y PRECISO PARA MICRORGANISMOS PATÓGENOS.....	12
4. COSTO.....	13
4-1 COSTO PARA CONSTRUCCIÓN	13
4-2 COSTO DE MANTENIMIENTO	13
5. RENTABILIDAD EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA.....	13
6. CONDICIONES PARA LA DIVULGACIÓN	15
6-1 REALIZACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO APLICANDO TÉCNICAS ALTAS DE PRODUCCIÓN.....	15
6-2 PROMOCIÓN DE DESARROLLAR TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN CON DIVERSIDAD	16
6-3 ÍNDICES IMPORTANTES DE TÉCNICAS Y ADMINISTRACIÓN EN ACUAPONIA COMBINADA CON CULTIVO A CIELO ABIERTO.....	16
6-4 FORMACIÓN DE EJECUTORES DE ACUAPONIA	17
6-5 VALOR AGREGADO DE MANEJO DE ACUAPONIA POR LA CADENA DE VALOR.....	17
6-6 ARREGLO DE PROGRAMAS DE APOYO Y FINANCIAMIENTO PARA DIVULGAR ACUAPONIA COMBINADA CON CULTIVO A CIELO ABIERTO	17
6-7 FORMACIÓN DE SISTEMA DE APOYO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA DIVULGACIÓN	18
7. COLABORADORES	18

1. EXPLICACIÓN DE RESUMEN

Con el uso de aguas de contenido salino moderado, la posibilidad de elevar la densidad de la sal en agua subterránea puede suceder por el exceso de riego y la fertilización. Si se utiliza agua salobre para riego como en nuestro sistema, uno de los primeros efectos en las plantas es el detrimento en el crecimiento de plantas por el daño salino y la consecuente acumulación de sales en el suelo en la sección de cultivo a campo abierto. En este sistema de producción intensiva de alimentos, un sistema acuaponico combinado con cultivo a cielo abierto, se cultiva peces y camarones que tienen resistencia a la sal al principio, utilizando el agua subterránea con contenidos moderados de salinidad (Figura 1) El agua usada en el acuicultura al final de cultivo de peces, contiene sustancias derivadas de alimentos y excremento, la cual las plantas pueden absorber como beneficiándose de los nutrientes aportados para su nutrición. en la segunda etapa del sistema, se lleva a cabo el cultivo de plantas con técnica de hidroponía utilizando el efluente de la sección de cultivo de peces, con las características descritas en nutrientes y sales del agua usada. En este etapa por su naturaleza del agua salobre, se cultiva plantas halófilas, que tienen características de tolerancia y además de promover el crecimiento, absorber las sales en solución, principalmente sales de sodio, con resultados de eliminación de sales y minerales nutritivos en el agua. Finalmente en el sistema acuapónico acoplado a cultivo en suelo a cielo abierto, el agua de salida de la sección hidropónica, se lleva a cabo cultivo a cielo abierto. Bajo este sistema de cultivo acuaponico, es importante señalar que con base a esta actividad de cultivo de alimentos de manera intensiva se logra que: 1) Es factible la utilización de agua salobre 2) Lograr una mejor eficiencia del uso de agua, 3) cosechar alimentos de origen animal y vegetal en la producción agrícola y pesquera en zonas áridas, y finalmente, 4) Prevención de salinización en el suelo. Además logramos no solo cero emisión de dióxido de carbono sino también posibilidad de instalar el sistema de producción de acuaponia de manera autónoma a través del uso del suministro de energía limpia fotovoltaica donde no hay electricidad comercial por suministrar la electricidad. Es importante destacar que el sistema es monitoreado microbiológicamente para garantizar inocuidad de productos y con ello, la factibilidad de proceder a una certificación de sistemas en la producción orgánica de alimentos.



Figura 1. Resumen sobre acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO ACOPLADO A CULTIVO EN SUELO A CIELO ABIERTO

Imagen total de acuaponía del proyecto se indica en Figura 2. Al principio se almacena el agua subterránea en el tanque. Normalmente se utiliza el agua subterránea para el riego directamente, pero esta manera provoca daño salino.

En la sección de acuicultura se crían peces usando agua subterránea. En el tanque de biofiltro se convierte amoníaco a nitrato por la función de microbios, luego esta agua se manda a los tanques de cría. Después de usar el agua, se manda al tanque de sedimentación para quitar sedimentos. Al último se llega el agua a tanque de biofiltro de nuevo.

Se crían peces hasta alcanzar al tamaño comercial.

En la sección de hidroponía se instalan camas de hidroponía. Se pasa el agua usada de acuicultura a cama de hidroponía con la cantidad adecuada. Periódicamente el agua de hidroponía se pasa al tanque de almacenamiento para cultivo a cielo abierto y se reabastece agua pasada con la pérdida por evaporación por envío de agua de acuicultura.

En la sección de cultivo a cielo abierto, se ajusta el agua para riego de conductividad baja mezclando el agua almacenado con agua dulce ue deshumidificadores recojan de aire ambiental. Se lleva a cabo cultivo a cielo abierto usando esta agua.

3. IMPACTO

Este sistema de acuaponia es nuevo en la producción de alimentos con armonía ambiental. Se apuntan impactos a mencionar especialmente a los siguientes.

3-1 ACUICULTURA

3-1-1 Éxito de Cría de Tilapia con Alta Densidad

En el sistema de acuicultura de recirculación (RAS) La cantidad máxima de cosecha era 5 a10% de la cantidad de agua de tanque, En este proyecto también hemos logrado cría de alta densidad. La cantidad de cosecha era 7.5%

3-1-2 Alto Crecimiento de Tilapia y Alta Eficiencia de Alimentación Usando Agua Salobre de Temperatura Alta

En caso de cría de tilapia con agua dulce, la tasa de crecimiento comparativo es aproximadamente 1.4%. En este proyecto logramos mejoramiento de productividad usando variedad GIFT que muestra crecimiento rápido y utilizándola efecto de promover crecimiento por salinidad y temperatura alta de agua.

3-1-3 Éxito de Cría de Robalo con Agua de Baja Salinidad y Ras, Primer Caso del Mundo

La cría de robalo se realiza normalmente dentro de jaula en el mar o en acuicultura con el agua reciclada que tiene mismacantidad de sal de agua del mar.pero nosotros intentamos la cría con el agua de baja salinidad y aclaramos crecimiento constante de robalo.

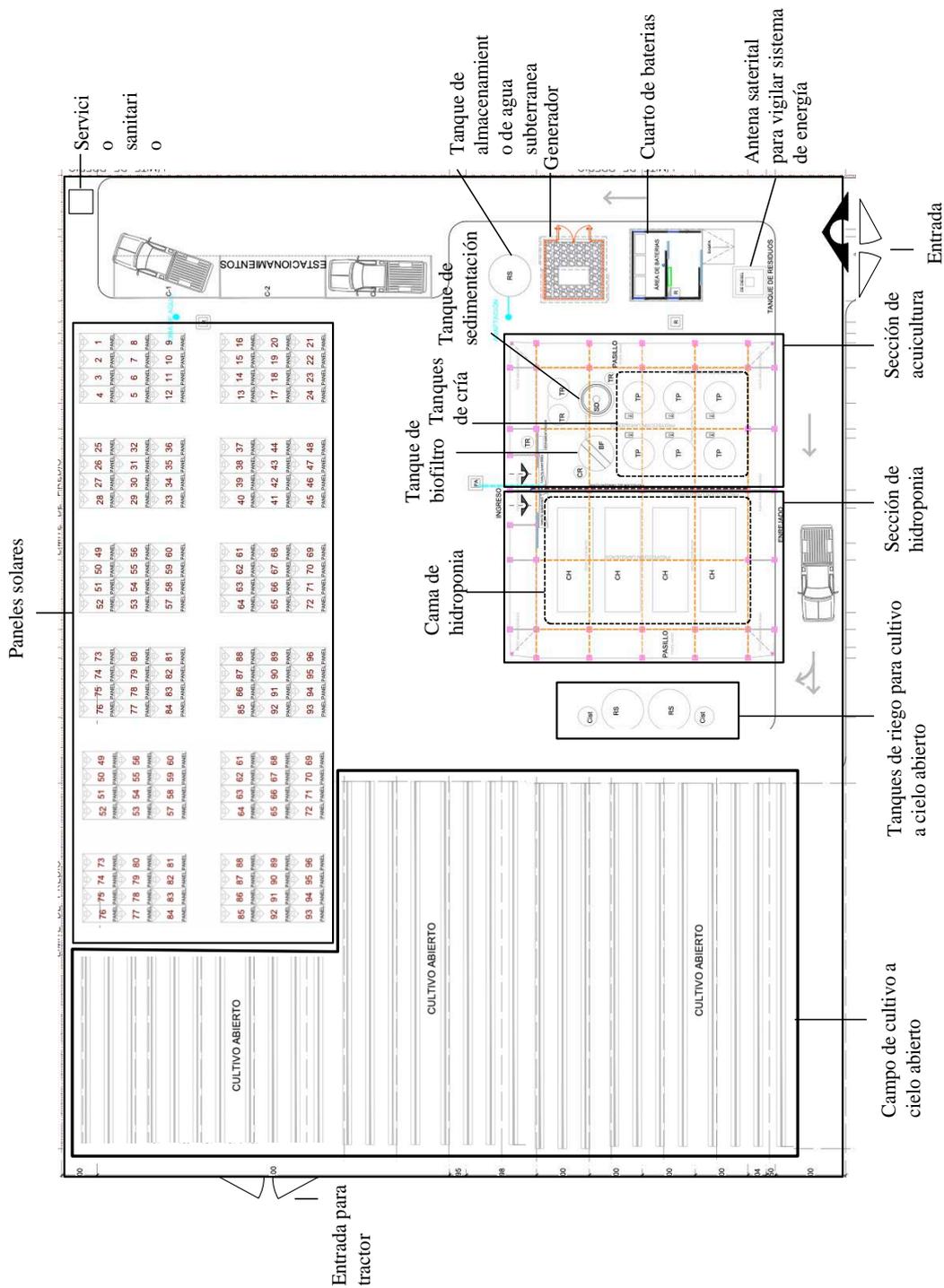


Figura 2. Imagen total de acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto.

3-1-4 Ofrecimiento de Pescados de Alta Frescura y Sabor a Nivel Japonés

Logramos mejoramiento de sabor y inocuidad por las técnicas de sacrificio japonés tales como parada de alimentación en el agua fresca,

extracción de sangre utilizando anestesia por la temperatura baja, técnica de mantenimiento de frescura. Detectamos que ingredientes de sabor alcanzan 1 a 2 días después de sacrificio por medir valor K como índice de frescura. En el mercado de La Paz la calidad de tilapia está baja por olor y mala frescura por eso la venden a un precio bajo. Consideramos que mercado de La Paz aceptaría técnicas japonesas.

3-2 HIDROPONÍA.

3-2-1 Primer Caso del Mundo. Cultivo Hidropónico con Remoción de Sal

Con base al conocimiento de la remoción de sales en el suelo por cultivo de vegetación halófila que pueda promover crecimiento absorbiendo la sal., en este proyecto se utilizaron especies de vegetales que permiten remover contenido de sales de sodio en solución del efluente del cultivo acuícola, funcionando como un bio-filtro en el sistema para utilizar el agua en la sección de cultivo en suelo a cielo abierto. Este caso particular de la remoción de sal de en la sección hidropónica, se considera como la primera experiencias realizadas en el mundo.

3-2-2 Alta Utilización de Agua

La eficiencia de uso de agua, que se presenta peso seco por 1 litro, mostró el valor alto como 124 a 164 (Acelga, Modelo de acuaponia en CIBNOR, Uso de residuos líquidos de cría de tilapia, 2016), 60.8 a 82.9 (Suaeda, Univ. Tottori, Uso de agua salada, 2016), 23 (Verdoraga Modelo de acuaponia en CIBNOR, uso de residuos líquidos de cría de tilapia, 2017), 6.5 (Epazote Modelo de acuaponia en Los Planes, uso de residuos líquidos de cría de tilapia, 2019)

3-3 CULTIVO A CIELO ABIERTO

3-3-1 Uso de Agua con Emisión Cero

En acuaponia convencional el agua se utiliza circulando entre acuicultura e hidroponía, después de empeorar la calidad de agua se desecha. Pero en este sistema de acuaponia es lo contrario, el agua se utiliza mezclándola con el agua colectada de ambiente (invernadero) en la sección de cultivo de peces, de esta manera, hemos logrado mejorar el uso de agua con emisión cero.

3-3-2 Nueva Propuesta sobre Eficiencia de Uso de Agua con Rentabilidad Económica

En este acuaponia se usa el agua no solo acuicultura e hidroponía convencionalmente, sino también cultivo a cielo abierto. No hay correlación clara entre la cantidad de agua usada y la cantidad de pescado producido. En la sección hidropónica, se necesita el agua para mantener sistema aparte de agua que las plantas consumen. En otro lado, en cultivo a cielo abierto la cantidad de agua usada tiene relación con la cantidad de producto directamente, pero si el producto es fruta, no podemos usar la cantidad de producto como indicador, ya que la calidad también es un elemento muy considerable. Así es difícil evaluar cómo utilizar el agua eficientemente en acuaponia total, ya que en cada sección de producción objetivo y método de uso de agua son diferentes. Por eso proponemos “Eficiencia de uso de agua con rentabilidad económica”

como una evaluación por precio de producto (ganancia) y eficiencia de uso de agua. Esto puede ser un indicador de evaluar nivel de ahorro del agua

3-4 MANEJO DE ACUAPONIA POR ELECTRICIDAD DE FOTOVOLTAICO

3-4-1 Ahorro de Costo de Electricidad

La cantidad de electricidad gastada para funcionar este acyuaponia es 24,559 kwh por año. La tarifa de electricidad en hogar estandar de La Paz es 1.9 pesos por kwh, quiere decir que se ahorra 46,662 pesos por año, ya que se suministra toda la electricidad por sistema de fotovoltaico.

3-4-2 Conservación de Combustible Fósil

La cantidad de electricidad gastada en este acyuaponia es aproximadamente 24,559 kwh por año, la cual equivale a 88.4GJ por año (= 24,559kwh por año x 3,600 kj por kwh) como la cantidad de energía calorífica. Si se suministra la electricidad por la planta de energía térmica con 40% de eficiencia térmica^{*1)}, se necesita 221.0GJ por año (=88.4Gj/ año x 1/0.4) como energía térmica. Esto equivale a 5.3 toneladas de combustible fósil (petroleo) por año por que la tonelada de petroleo equivalente es 41.87Gj/toe (tonelada de petroleo equivalente)^{*2)}

*1) Proporción de convertir energía térmica (Valor calorífico) a energía eléctrica (Cantidad de electricidad generada)

*2) Cantidad de energía térmica generada por una tonelada de petroleo

3-4-3 Emisión Cero de Dióxido de Carbono

Si se genera la cantidad de electricidad 24,559kwh / año por la planta de energía térmica, se descarga 14.4 toneladas de CO₂ (=24,559 kwh / año x 0.5867kg CO₂/ kwh) El sistema de energía fotovoltaico del proyecto es emisión cero de CO₂ y se reduce 14.4 toneladas de CO₂ de emisión por año Basado en el método de conversión del comercio de carbono descargado y asumiendo un precio de oferta de \$ 12.10 / CO₂ tonelada^{*4)} en el sistema de comercio de California en Estados Unidos de América, refiriendo Sistema de Emisión y Negocio de California System como una de las medidas a controlar la cantidad de dióxido de carbono descargado.

*3) CO₂ se refiere el factor de emisión.

*4) Citado del sitio web del Ministerio del Medio Ambiente de gobierno del Japón <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/det/os-info/mats/jokyo.pdf>

3-5 GARANTÍA DE SALUD Y SEGURIDAD; MONITOREO RÁPIDO Y PRECISO PARA MICRORGANISMOS PATÓGENOS

Dentro de este sistema de acyuaponia el monitoreo de las condiciones biológicas, es fundamental para evitar las causas de un brote de microorganismos patógenos en el cultivo de peces, cultivos de vegetales y que por consecuencia afecten la salud humana. Para ello, uno de los resultados importantes fue la optimizamos de un nuevo método de detección rápida y de alta precisión para detectar microorganismos patógenos.

4. COSTO

4-1 COSTO PARA CONSTRUCCIÓN

Una lista de las maquinarias y las instalaciones instaladas en el sistema de acuapónia en Los Planes y los costos de cada uno de ellos se muestran en la tabla 1 como “Precio de adquisición”. El costo total de este sistema fue \$ 6.57 millones pesos mexicanos (40.20 millones de yenes), consiste en que el 43% fue para los sistemas de generación de energía solar, el 32% fue para los edificios y el 7% fue para los equipos y materiales para la acuicultura, la hidroponía y el cultivo abierto.

4-2 COSTO DE MANTENIMIENTO

Tabla 1. Maquinaria e instalaciones utilizadas en el ensayo de verificación del sistema de acuaponia combinada con cultivo abierto en Los Planes.

Contenidos		Precio de adquisición (peso)	Vida útil de los equipos (año)	Depreciación anual (peso) (A)	Costo de reparación anual (peso) (B)	Referencia [Costo de mantenimiento anual] (A)+(B)
Para Acuaponia	Componentes de acuicultura	179,294	10	17,929	8,965	26,894
	Componentes de hidroponía	129,316	10	12,932	6,466	19,397
	Componentes de cultivo abierto	173,321	10	17,332	8,666	25,998
	Instalación de generación de energía solar	2,800,249	10	280,025	140,012	420,037
	Instalación de la construcción	2,132,241	10	213,224	106,612	319,836
	Otros artículos comunes	39,116	10	3,912	1,956	5,867
Equipo común con el sector de cultivo existente	Tractor	720,000	10	72,000	36,000	108,000
	Camioneta	400,000	5	40,000	20,000	60,000
Total: peso		6,573,537	—	657,354	328,677	986,031
Referencia	Total: US\$	349,656	—	34,966	17,482	52,448
	Total: yen japones	40,197,179	—	4,019,718	2,009,859	6,029,577

Nota 1) La vida útil de los maquinaria y el equipo esta basado en los estándares de gobierno mexicano.

Nota 2) La depreciación se calcularon utilizando el método de línea recta.

Nota 3) Los costos anuales de reparación se calcularon aplicando un valor del 5% del precio de adquisición con referencia al "Manual de Agricultura de Nueva Edición de la Asociación de Investigación Agrícola de Japón", Asociación de Estadísticas de Agricultura y Silvicultura de Japón, 1985.

Nota 4) El tasa de cambio del peso fue de 6.11816 yenes/peso y 18.8pesos/US\$.

El costo de mantenimiento anual del sistema de acuapónia se muestran en la fila derecha en la Tabla 1. El costo de mantenimiento anual se muestra como la suma de dos elementos: depreciación anual (calculado utilizando el método lineal) y costo de reparación anual. El costo de mantenimiento anual es aproximadamente 990 mil pesos (6.03 millones de yenes) para todo el sistema. La sistemas de generación de energía solar fue 43% del costo total, los edificios fueron 32% y los equipos para la acuicultura, la hidroponía y el cultivo abierto fueron 7%, al igual que el costo para construcción.

5. RENTABILIDAD EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

La Rentabilidad eficiencia del uso del agua se definió como la eficiencia del uso del agua utilizando el precio de venta de los productos (Tabla 2). Dado que la misma agua se usa tres veces para la producción de acuicultura,

hidroponía y cultivos abierto, se muestra una alta eficiencia en el uso del agua. En siguiente, introduciremos nuevos productos de alto valor, nuevos métodos y mejoramiento del cultivo para aumentar más este valor.

Tabla 2. Rentabilidad eficiencia del uso del agua utilizando el precio de venta de los productos en el acuapónica combinada con cultivo abierto.

Pescado para acuacultura, cultivo para hidroponía, cultivo para cultivo abierto	Duración (mes)	Producción de Acuaponia (kgFW/6 tanque)	Producción de hidroponía (kgFW/4tanque)	Producción de cultivo abierto (kgFW/0.03ha)
Tilapia+acelga+chile (habanero)	5	422	427	196
Tilapia+epazote+chile (habanero)	5	422	168	196
Tilapia+acelga+chile (morron)	5	422	427	323
Tilapia+epazote+chile (morron)	5	422	168	323
Tilapia+acelga+chile (serrano)	5	422	427	639
Tilapia+epazote+chile (serrano)	5	422	168	639

Pescado para acuacultura, cultivo para hidroponía, cultivo para cultivo abierto	Total de cosechas (A) (kgFW/sistema)	Cantidad de agua para área de acuicultura (B) L	Eficiencia del uso del agua (C); (C) = (A) ÷ (B) FW kg/agua L
Tilapia+acelga+chile (habanero)	1,045	76,685	0.0136
Tilapia+epazote+chile (habanero)	785	76,685	0.0102
Tilapia+acelga+chile (morron)	1,173	76,685	0.0153
Tilapia+epazote+chile (morron)	913	76,685	0.0119
Tilapia+acelga+chile (serrano)	1,488	76,685	0.0194
Tilapia+epazote+chile (serrano)	1,229	76,685	0.0160

Pescado para acuacultura, cultivo para hidroponía, cultivo para cultivo abierto	Venta				Eficiencia del uso del agua utilizando índice de rentabilidad (E); (E) = (D) ÷ (B) (peso/aguas L)
	Producción de Acuaponia (Peso/6tanque)	Producción de hidroponía (Peso/4tanque)	Producción de cultivo abierto (Peso/0.03ha)	Total de cosechas (D) (Peso/systema)	
Tilapia+acelga+chile (habanero)	21,864	10,314	18,347	50,525	0.659
Tilapia+epazote+chile (habanero)	21,864	72,144	18,347	112,356	1.465
Tilapia+acelga+chile (morron)	21,864	10,314	13,704	45,882	0.598
Tilapia+epazote+chile (morron)	21,864	72,144	13,704	107,712	1.405
Tilapia+acelga+chile (serrano)	21,864	10,314	15,903	48,081	0.627
Tilapia+epazote+chile (serrano)	21,864	72,144	15,903	109,911	1.433

La eficiencia del agua utilizando el índice de rentabilidad (venta) en el módulo del ensayo verificación en Los Planes. En acuaponia con cultivo a cielo abierto nosotros no llevamos a cabo la cría de tilapias para obtener maximo producto, sino priorizamos suministro de acua residual con la conductividad y la nutrición adecuada de acuicultura a hidroponia. Las cifras relacionadas con tilapia son en base a datos obtenidos de diciembre 2018 a noviembre 2019. Se refiere la producción de hidroponia en el Manual Capitulo 2, la producción de cultivo a cielo abierto en Manual capitulo 5-2 respectivamente. Se cultivaron chiles en el sitio de modelo de octubre 2018 a febrero 2020 y se estimó la eficiencia de uso del agua utilizando índice de rentabilidad con asumpción a la operación de modulo de otoño a invierno por 5 meses.

6. CONDICIONES PARA LA DIVULGACIÓN

Se indican 7 puntos para introducir el sistema de acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto en Baja California Sur.

1. Realización de alto rendimiento aplicando técnicas altas de producción
2. Promoción de desarrollar técnicas de producción con diversidad
3. Índices importantes de técnicas y administración en acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto
4. Formación de ejecutores de acuaponia
5. Valor agregado de manejo de acuaponia por la cadena de valor
6. Arreglo de programas de apoyo y financiamiento para divulgar acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto
7. Formación de sistema de apoyo técnico administrativo para la divulgación

6-1 REALIZACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO APLICANDO TÉCNICAS ALTAS DE PRODUCCIÓN

Acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto es un sistema de producir pescados y verduras combinando un proceso de producción de acuicultura, hidrocultura y cultivo a cielo abierto, utilizando agua salobre.. Para eso se combinaron los equipos tales como tanque de acuicultura, camas de hidrocultura, instalación de riego, motores de distribución de agua, sistema de fotovoltaico y se desarrollaron alta tecnología de producción controlando nutrición en el agua en cada sección de la producción.

En cada sección se desarrollaron técnicas necesarias y se sistematizaron acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto.

En el campo actual hay que lograr alta productividad de pescados y verduras, aplicando técnicas precisas desarrolladas. Para eso es importante enseñar las técnicas de producción a los productores y empleados, y utilizar técnicas eficientemente con la consideración de características de cada etapa de producción. Hay que llevar a cabo las actividades de producción manejando equipos eficientemente, respondiendo a las características naturales por la estación y considerando etapa de crecimiento de peces y verduras.

Los siguientes son puntos en que hemos esforzado para desarrollar como técnicas importantes en el proceso de producción.

Acuicultura: Selección de especies adecuadas de acuicultura, Definición de condiciones óptimas de cría.

Hidrocultura: Selección de especies adecuadas de hidrocultura, Definición de condiciones óptimas de hidrocultura

Cultivo a cielo abierto: Selección de especies adecuadas de cultivo, Definición de condiciones óptimas de cultivo.

Suministro de energía eléctrica: Diseño de sistema de fuente de electricidad apropiada al sistema combinada con acuicultura y agricultura, Método de manejo y mantenimiento de sistema

Evaluación de inocuidad: Método de monitoreo microbiológico con la manera precisa y rápida

Tecnología de combinación: Descubrimiento de ingresos y gastos de agua en el sistema combinada de acuicultura y agricultura, Evaluación de eficiencia de uso de agua, Tecnologías para prevenir salinización en el suelo de cultivo a cielo abierto

Implementación social: Retroalimentación a ensayos de verificación de técnicas desarrolladas, Descubrimiento de condiciones de divulgación

6-2 PROMOCIÓN DE DESARROLLAR TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN CON DIVERSIDAD

Entendemos que técnicas de producción de acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto tienen posibilidad de establecer en Baja California Sur a través de una serie de ensayos de verificación en Los Planes como sitio de modelo. Hay muchas zonas difíciles a aprovechar electricidad comercial donde se indica alta salinidad en el agua subterránea. Aunque sea la zona deficiente de condiciones ambientales de producción, se podía verificar que acuaponía pueda establecerse. Esto es un resultado positivo del proyecto. Si se divulgan y se desarrolla la acuaponía en el Estado de BCS, contribuiría al desarrollo económico de la región por la nueva formación de empleo y aumento de producción industrial etc. Además, el Sistema de acuaponía desarrollado contribuirá no solo al aspecto económico sino también al aspecto ambiental. Se verificó que las técnicas desarrolladas por el proyecto, contribuyeron a prevención de salinización en el suelo, moderación de dióxido de carbono al ambiente, etc. Para aparecer los beneficios mencionados anteriormente, hay que aumentar la utilización de especies de peces y verduras en el sistema de acuaponía y desarrollar técnicas de producción diversas que puedan aplicar en diferentes condiciones naturales. Ahora en adelante para divulgar acuaponía en Baja California Sur hemos detectados siguientes especies como los productos prometedores.

Acuicultura: Tilapia, Camaron, Robalo

Hidroponía: varias especies de hierbas aromáticas, como epazote, romero, albahaca, menta

Cultivo a cielo abierto: chiles habaneros, menta, hierbas aromáticas, cilantro

6-3 ÍNDICES IMPORTANTES DE TÉCNICAS Y ADMINISTRACIÓN EN ACUAPONIA COMBINADA CON CULTIVO A CIELO ABIERTO

Se llevó a cabo análisis de negocios utilizando métodos de análisis de productividad, análisis de rendimiento, análisis de costo de producción, análisis de punto de equilibrio etc como un objeto de manejo de acuaponía en el sitio de verificación y se organizaron los indicadores técnico y de manejo como estándares en acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto.

Los productores que deseen introducir acuaponia, podrán aprovechar estos estándares e indicadores como referencia de manejo y administración de acuaponia.

6-4 FORMACIÓN DE EJECUTORES DE ACUAPONIA

Se necesita mucha inversión y técnicas precisas de producción para introducir acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto. Además para tener éxito de manejar acuaponia a los productores se requiere la capacidad y habilidad para una excelente administración. Sobre todo, al iniciar el manejo de la acuaponia, es indispensable que el productor tenga capacidad adecuada de la administración. Considerando dicha característica, asumimos que el objetivo de divulgar acuaponia en Baja California Sur puede ser de tipo organización individual con características de gestión empresarial y organización dirigida a la administración en el personal del Ejido y grupo arbitrario. Es importante formar ejecutores obteniendo características mencionadas anteriormente para divulgar y establecer acuaponia en el Estado.

6-5 VALOR AGREGADO DE MANEJO DE ACUAPONIA POR LA CADENA DE VALOR

El objetivo manejar acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto es combinar acuicultura y agricultura utilizando el agua salobre y obtener el manejo de alto valor agregado utilizando los recursos eficientemente. El valor agregado es un indicador de valor generado por actividades de producción. Para obtener más valor agregado dentro de la entidad de producción. Productores tienen que participar positivamente en una serie de actividades productivas tales como obtención de bienes y materiales de producción, empleo de mano de obra, producción, venta de productos, oferta de servicios usando su propio producto etc. Esto significa que productor mismo forma la cadena de valor adecuada en su acuaponia. La cadena de valor es descomponer actividades empresariales en las piezas estratégicas, aumentar productividad por reforzamiento de relación de cada pieza, disminuir costo, diferenciar productos y aumentar competitividad empresarial por fin. Para formar y reforzar la cadena de valor administrativa, productor no debe depender de otras personas en suministro de materiales, venta de productos fácilmente, sino llevar a cabo desarrollo de mercado por si mismo. Además tratar de buscar innovación tales como lograr productos procesados utilizando su producción primaria y la venta en mercados de alto valor.

6-6 ARREGLO DE PROGRAMAS DE APOYO Y FINANCIAMIENTO PARA DIVULGAR ACUAPONIA COMBINADA CON CULTIVO A CIELO ABIERTO

Para operar este tipo de sistemas acuapónicos, se necesita mucha inversión tal como instalaciones acuícola, como hidropónica, sistema de distribución de agua, sistema de energía fotovoltaica etc. Esta capacidad de inversión está fuera de la capacidad personal del agricultor y pescador en Baja California Sur, por eso es indispensable establecer el programa de

financiamiento para la inversión. Hay que formar el programa desde el punto de una visión política de crecimiento del campo en la producción de alimentos con uso de recursos para la sustentabilidad juntando el desarrollo industrial, mejoramiento de alimentación de pobladores, protección de ambiente natura, etc. El gobierno federal ha aplicado apoyos financieros en programa de instalación infraestructura acuapónica en BCS, sin embargo, se detecta que la mayor parte de las instalaciones para su operación y producción es la falta de fondo y la asistencia técnicas. Es recomendable que la organizaciones para promover la acuaponia debe tener programa de acompañamiento para asegurar la continuidad de la actividad después de construcción de los sistemas acuapónicos para su operación e inserción en los mercados.

6-7 FORMACIÓN DE SISTEMA DE APOYO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA DIVULGACIÓN

Introducir la acuaponia combinada con cultivo de cielo abierto dentro de actividades productivas significa administrar y manejar de manera empresarial con alta inversión y alta producción. Antes de iniciar los negocios un gerente tiene que hacer muchas preparaciones tales como adquisición de fondo para inversión, aprendizaje de tecnicas de producción, obtención de mercados, coordinación con las personas que viven cerca de la instalación. Después de inciar negocio también hay que hacer expansión de producción por renovación técnica y inversión a las instalaciones, desarrollo de mercado por ventas aceptables, etc, solidez de gestión financiera con el objetivo de establecer gestión empresarial lo más acertado posible. La industria primaria es diferente que la industria secundaria, demanda mayores retos de organización y dirección gerencial. Por eso es indispensable establecer el sistema de apoyo y divulgación para tecnicas y gestión empresarial etc , para que los gerentes manejen la entidad empresarial adecuadamente. Se requiere que gobierno central y estatal establezca dicho sistema junto con promoción de programa de acuaponia.

7. COLABORADORES

Sr. Sergio Manuel Sevilla Unda, CIBNOR

Sr. Toru Umehara, Universidad de Tottori

Sr. Daisuke Fukui, Universidad de Tottori

Sra. Ikumi Morito, Universidad de Tottori

Sr. Nobuhiko Miura, Universidad de Tottori

Sr. So Matsuura, Universidad de Tottori

Sr. Yusuke Ikemoto , Universidad de Tottori

Sra. Edika Whitney Rosas, CIBNOR

Sra. Asuka Matsumoto, Universidad de Tottori

Sr. Hiroki Hashimoto, Universidad de Tottori

Sr. Hideki Koriki, Universidad de Tottori

Sr. Shunta Kobayashi, Universidad de Tottori

Sra. Yasuna Sawaguchi, Universidad de Tottori

2. Manual para Operación de Acuaponía Combinada con Cultivo a Cielo Abierto

2-1. Manual Práctico para el Cultivo de Tilapia en el Sistema de Recirculación de la Acuicultura



Dr. Francisco Javier Magallón Barajas¹⁾

Dra. Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo¹⁾

Dr. Rodolfo Garza Torres¹⁾

Dr. Shigehide Iwata²⁾

Dr. Masato Endo²⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

²⁾ Universidad de Tokio de Ciencia y Tecnología Marinas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RUTINA DIARIA DEL CONTROL	21
1-1 RECIRCULACIÓN	21
1-2 AIREACIÓN.....	21
1-3 TOMAR PARÁMETROS DOS VECES AL DÍA (8:00 AM Y 5:00 PM).....	21
1-4 ALIMENTACIÓN	21
1-5 LIMPIAR BIONITRIFICADORES	21
1-6 LIMPIAR TANQUES.....	21
1-7 LIMPIAR SEDIMENTADOR.....	21
1-8 OBSERVACIÓN DE MOVIMIENTO DE PECES	21
2. MEDIDAS SANITARIAS EN EL LABORATORIO	22
2-1 DESINFECIÓN DEL MATERIAL	22
2-2 LAVADO DEL MATERIAL	22
3. BITÁCORA.....	23
4. PARÁMETROS DEL SISTEMA	24
4-1 OXIGENACIÓN DE LOS SISTEMAS	24
4-2 HIDRÓXIDO DE POTASIO (KOH)	25
4-3 ANALISIS DE NITRITOS, NITRATOS, AMONIO Y DUREZA	25
5. ALIMENTACIÓN	26
6. BIOMETRÍA	27
7. REVISIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	29
7-1 RECIRCULACIÓN	29
8. LIMPIEZA DEL SISTEMA	30
8-1 LIMPIEZA DE LOS TANQUES.....	30
8-2 LIMPIEZA DE LOS SEDIMENTADORES Y COSECHA DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	31
8-3 PASOS PARA LA LIMPIEZA DE LOS SEDIMENTADORES	31
9. COSECHA DE AGUA.....	32
9-1 EL SUMINISTRO DE AGUA	32
9-2 NIVELES ALTOS DE AMONIO, NITRITOS O NITRATOS.....	32
9-3 DESAGUE DEL TANQUE	32
10. MEDIDAS DE EMERGENCIA PARA FALLAS EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELECTRICA	32
11. TRATAMIENTO ANTES DE LA VENTA.....	33
11-1 CAPTURA, SACRIFICIO Y PREPARACIÓN DE LOS ORGANISMOS	33
12. VACIADO Y LIMPIEZA DE LOS SISTEMAS UNA VEZ REALIZADA LA COSECHA	34
13. NOTAS.....	35
14. BIBLIOGRAFÍA	35
15. COLABORADORES	35
16. FOTOGRAFÍAS A CARGO DE.....	35
17. AGRADECIMIENTOS	36

1. RUTINA DIARIA DEL CONTROL

Antes de iniciar la rutina es necesario revisar los sistemas de aireación y recirculación

1-1 RECIRCULACIÓN

Revisar la recirculación y la fuga de agua de cada tanque, revisar las bombas de recirculación, en caso de que el agua no recircula entre los sistemas revisar las bombas y cantidad de agua de cada tanque.

1-2 AIREACIÓN

Revisar la aireación de todos los sistemas, en caso de no observar aireación, revisar blower.

1-3 TOMAR PARÁMETROS DOS VECES AL DÍA (8:00 AM Y 5:00 PM)

Se utiliza un multiparámetros para tomar la temperatura, OD, pH, salinidad, conductividad. Anotar los valores en hoja de registro.

1-4 ALIMENTACIÓN

Se alimenta, se da la porción completa del frasco por ración. Pesar raciones durante el día, registrar la cantidad de alimento que se les brinda a los organismos.

5 veces al día hasta 60 gramos

8:00	12:00	14:00	17:00	20:00
------	-------	-------	-------	-------

3 veces al día más de 60 gramos

8:00	12:00	16:00
------	-------	-------

1-5 LIMPIAR BIONITRIFICADORES

Retirar la materia orgánica del biofiltro, con una toalla magitel húmeda. Enjuagarla antes de cambiar de biofiltro.

Limpio el bionitrificador rellenar el agua, mediante la bomba sumergible del reservorio.

1-6 LIMPIAR TANQUES

Limpiar la orilla interna de los tanques, esto se puede hacer con un cepillo o una toalla magitel.

1-7 LIMPIAR SEDIMENTADOR

Limpiar con una toalla magitel la fracción particulada acumulada en el reservorio, botarla en el sitio definido de la basura.

1-8 OBSERVACIÓN DE MOVIMIENTO DE PECES

Se apuntan movimientos extraordinarios y sus causas a los siguientes. Es muy importante entender signos de precaución y tomar las medidas necesarias antes de que los peces mueran.

- a) Fenómenos: Los peces nadan cerca de superficie, concentran en la aireación y no comen bien alimentos.
Causas: Falta de oxígeno y/o toxico de nitritos
Medidas: Medir DO y revisar cómo funciona la aireación.
En caso de la función anormal, ajustar aireación.
En caso de la función normal, hay mucha posibilidad de toxico de nitritos. Informar a expertos.
- b) Fenómenos: Los peces nadan cerrando sus aletas, se frotan contra tubos y paredes y no comen bien los alimentos
Causas: Posibilidad de parasitosis
Medidas: Informar a expertos
- c) Fenómenos: Los peces cierran sus aletas, se derriten los puntos de aletas, se muestra la hemorragia en la parte del cuerpo.
Causas: Posibilidad de infección bacterial
Medidas: Informar a expertos
- d) Fenómenos: Se cambia el color de peces, Se muestra el movimiento irregular, Se choca contra paredes y se muere.
Causas: Posibilidad de toxico de anmonia
Medidas: Cambiar el agua inmediatamente, Informar a expertos

Esta rutina se hará diariamente durante todo el periodo de cultivo.

NOTA: El comportamiento normal de los peces es estar en la ventana, generalmente en grupo, son muy voraces por lo que rara vez dejan alimento, en caso de un comportamiento distinto revisar aireación y recirculación. Revisar pH.

Anotar en bitácora todo lo realizado

2. MEDIDAS SANITARIAS EN EL LABORATORIO

Los tapetes sanitarios se colocarán en la entrara del laboratorio, se cambiarán diariamente. Es importante hacer esto al iniciar las labores, para mantener buen control a la entrada. Antes del trabajo, se desinfectan manos y botas con spray de alcohol etílico.

2-1 DESINFECICÓN DEL MATERIAL

Cada tanque tendrá su red y material de limpieza (cepillo, magitel), los materiales no se mezclarán entre tanques.

2-2 LAVADO DEL MATERIAL

****El material debe ser lavada cada vez que sea utilizado. Secar al sol no dejar material expuesto al sol por tiempo prolongado.**

- a) El lavado de material se hará cada vez que se utilice.
- b) Las redes, los cepillos y las se lavarán con jabón, vinagre y se dejarán secar.
- c) Mantener el material limpio y en buen estado.

3. BITÁCORA

La bitácora es la herramienta más importante para conocer el funcionamiento del invernadero y para tomar decisiones en caso de imprevistos.

La bitácora se llena diariamente, se llenará con pluma, en ella se registran todas las actividades que se realizaron durante el día.

La toma de parámetros se debe de hacer todos los días, dos veces por día a las 8:00 am y 5:00 pm. Antes de alimentar.

Es importante llevar registro del clima, movimientos de peces y todo lo que se haga en el día a día.

Fecha – Nombre					
Parámetros					
Tanque	Temperatura (°C)	OD mg/L	pH	Conductividad mS	Salinidad (ppt)
1					
2					
3					
4					
Se anotará en la bitácora los parámetros obtenidos de cada tanque a las 8:00 am y 5:00 pm.					
Anotar los parámetros de los tanques a las 8:00 am y 5:00 pm					
Alimentaciones – raciones					
Alimentación					
Tanques	8:00 am	11:00 am	2:00 pm	5:00 pm	8:00 pm
1					
2					
3					
4					
Se anotará cualquier observación, clima, actividades en los peces, comportamiento del sistema y de los organismos.					

Figura 1. Ejemplificación de los datos que debe de contener una bitácora, datos mínimos que debe contener por día.

4. PARÁMETROS DEL SISTEMA

Es importante mantener el sistema dentro de estos parámetros. En caso de notar alguna anomalía. Buscar en el manual el proceso para restablecer los parámetros.

Tabla 1. Parámetros óptimos para el cultivo de tilapia, revisar que los parámetros de los tanques estén dentro de los valores óptimos presentados en esta tabla.

Parámetro	Unidad de medida	Equipo de medición	Valor óptimo	Valores críticos Realizar acciones correctivas
Oxígeno	mg/L	Portátil YSI	> 4.5	< 4.0 mg/L
Temperatura	°C	Portátil YSI	28 - 32	< 24 °C y > 34 °C
pH	N/A	Potenciómetro portátil	6.5 - 9	≤ 5
Amonio	ppm	Prueba con Kit	0.01 - 1	≥ 2
Nitritos	ppm	Prueba con Kit	< 0.1	> 0.1
Conductividad	umhos	Portatil YSI	200-500	>500

Cualquier parámetro dentro de los valores críticos debe ser atendido a la brevedad, ya que ocasiona estrés en cultivo lo que reduce el metabolismo y tasa de crecimiento, los peces pueden enfermarse por patógenos oportunistas, o bien sufrir asfixia, intoxicación u otros síntomas que comprometan en bioensayo y no permitan concluirlo de manera exitosa. Se necesita el mantenimiento periódico de equipos, con tal razón pedir ajuste de equipos una vez semanal a expertos.

EN CASO DE QUE LOS PARAMETROS NO ESTÉN DE ACUERDO A LA TABLA TOMAR LAS SIGUIENTES MEDIDAS.

4-1 OXIGENACIÓN DE LOS SISTEMAS

En caso de valores menores a < 3 mg/L en el oxígeno disuelto, revisar la salida de aireación en el sistema, regular las válvulas de aireación. Revisar blower. En caso de pérdida total del oxígeno será necesario, introducir oxígeno externo (tanque de oxígeno, o implementar aireación a través de una bomba de recirculación con caída de agua de cascada. Estar alerta al comportamiento de los organismos si los peces respiran en el superficie concentrando en la aireación.

4-2 HIDRÓXIDO DE POTASIO (KOH)

Objetivo: Se convierte amonio a nitrato en el biofiltro. En ese momento se baja pH, por eso hay que agregar KOH para recuperar pH como lo anterior.

Medidas: Medir 300ml de 1 mol KOH (Hidróxido de potasio) y echarla en el biofiltro. Luego repetir este trabajo en cada tanque. Después de esperar 2 horas medir pH y observar movimientos de peces en cada tanque. Repetir este trabajo hasta que se recupere pH como lo anterior.

Se utiliza el KOH para aumentar la alcalinidad del tanque (subir el pH).

El KOH está contenido en un frasco de sigma.

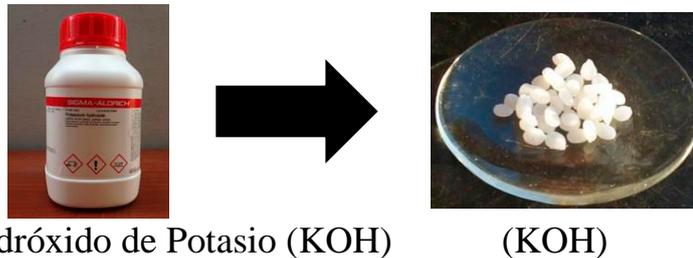


Figura 2. Ejemplificación del Hidróxido de potasio, la marca puede variar.

Para preparar un litro

Utilizar guantes (solución alcalina)

*Para poder colocar el KOH es necesario preparar 4 litros de la solución. En este caso de pesarían 225 gramos.

4-3 ANALISIS DE NITRITOS, NITRATOS, AMONIO Y DUREZA

AMONIO

- Remover sedimentos
- Ajustar aireación
- Colorar sustrato (superficies de contacto) para retener los sólidos suspendidos
- Añadir bacterias nitrificantes, probióticos y biofiltros
- Recambio de agua

NITRITOS

- Recambio de agua
- Ajustar la ración alimenticia

NITRATOS

La concentración a la que se llevarán los nitratos será a 150 mg/L, en caso de detectar niveles más altos, se hará recambio de agua hacia las camas hidropónicas.

5. ALIMENTACIÓN

Alimentación (Tamaño adecuado de alimentos, Medir la cantidad de alimentos, Método de alimentación y condición de peces).

Tabla 2. Ración de los organismos de acuerdo a su talla, pronosticado desde los 60 hasta los 500 g.

PESO	RD _P %	ORG	RD _P	BIOMASA	PROTEÍNA	ALIMENTO (g)	RACIÓN SFR INDIVIDUAL (5 por día)	ALIMENTO SEMANA (Kg)
60.0	120	180	17.43	10.8	188.3	427.9	4.0	2.99
70.0	120	180	16.72	12.6	210.7	478.9	3.8	3.35
80.0	120	180	16.11	14.4	232.0	527.3	3.7	3.69
90.0	120	180	15.57	16.2	252.3	573.4	3.5	4.01
100.0	120	180	15.09	18.0	271.6	617.3	3.4	4.32
110.0	120	180	14.65	19.8	290.1	659.4	3.3	4.62
120.0	120	180	14.26	21.6	307.9	699.8	3.2	4.90
130.0	120	180	13.89	23.4	325.0	738.6	3.2	5.17
140.0	120	180	13.55	25.2	341.4	776.0	3.1	5.43
150.0	120	180	13.23	27.0	357.3	812.0	3.0	5.68
160.0	120	180	12.94	28.8	372.6	846.8	2.9	5.93
170.0	120	180	12.66	30.6	387.4	880.4	2.9	6.16
180.0	120	180	12.40	32.4	401.7	912.9	2.8	6.39
190.0	120	180	12.15	34.2	415.5	944.4	2.8	6.61
200.0	120	180	11.91	36.0	428.9	974.8	2.7	6.82
210.0	120	180	11.69	37.8	441.9	1004.4	2.7	7.03
220.0	120	180	11.48	39.6	454.5	1033.0	2.6	7.23
230.0	120	180	11.27	41.4	466.8	1060.8	2.6	7.43
240.0	120	180	11.08	43.2	478.6	1087.8	2.5	7.61
250.0	120	180	10.89	45.0	490.2	1114.0	2.5	7.80
260.0	120	180	10.71	46.8	501.4	1139.5	2.4	7.98
270.0	120	180	10.54	48.6	512.2	1164.2	2.4	8.15
280.0	120	180	10.37	50.4	522.8	1188.2	2.4	8.32
290.0	120	180	10.21	52.2	533.1	1211.6	2.3	8.48
300.0	120	180	10.06	54.0	543.1	1234.3	2.3	8.64
310.0	120	180	9.91	55.8	552.8	1256.4	2.3	8.79
320.0	120	180	9.76	57.6	562.3	1277.9	2.2	8.95
330.0	120	180	9.62	59.4	571.5	1298.8	2.2	9.09
340.0	120	180	9.48	61.2	580.4	1319.1	2.2	9.23
350.0	120	180	9.35	63.0	589.1	1338.9	2.1	9.37
360.0	120	180	9.22	64.8	597.6	1358.1	2.1	9.51
370.0	120	180	9.10	66.6	605.8	1376.8	2.1	9.64
380.0	120	180	8.97	68.4	613.8	1395.1	2.0	9.77
390.0	120	180	8.86	70.2	621.6	1412.8	2.0	9.89
400.0	120	180	8.74	72.0	629.2	1430.0	2.0	10.01
410.0	120	180	8.63	73.8	636.6	1446.8	2.0	10.13
420.0	120	180	8.52	75.6	643.8	1463.1	1.9	10.24
430.0	120	180	8.41	77.4	650.8	1479.0	1.9	10.35
440.0	120	180	8.30	79.2	657.6	1494.4	1.9	10.46
450.0	120	180	8.20	81.0	664.2	1509.4	1.9	10.57
460.0	120	180	8.10	82.8	670.6	1524.0	1.8	10.67
470.0	120	180	8.00	84.6	676.8	1538.2	1.8	10.77
480.0	120	180	7.90	86.4	682.9	1552.0	1.8	10.86
490.0	120	180	7.81	88.2	688.8	1565.4	1.8	10.96
500.0	120	180	7.72	90.0	694.5	1578.4	1.8	11.05
510.0	120	180	7.63	91.8	700.1	1591.1	1.7	11.14
520.0	120	180	7.54	93.6	705.5	1603.3	1.7	11.22
530.0	120	180	7.45	95.4	710.7	1615.2	1.7	11.31
540.0	120	180	7.36	97.2	715.8	1626.8	1.7	11.39
550.0	120	180	7.28	99.0	720.7	1638.0	1.7	11.47

En la tabla II se presenta el peso de los organismos, y la ración correspondiente por día y por ración. La alimentación se dará 3 veces por día. Para elegir la ración correspondiente es necesario efectuar la biometría y obtener el peso promedio de los organismos de cada tanque. La talla promedio obtenida se buscará en la tabla, esta arrojará la ración total por día y en la columna se encuentra la ración individual.



Figura 3. Pesaje de las raciones diarias dada a los organismos de cultivo.

6. BIOMETRÍA

Tabla 3. Material requerido para llevar a cabo la biometría.

Balanza	Taras (8)	Redes
Ictiometro	Toallas magitel	Mertiolate
Aceite de clavo	Guantes	Bitácora para biometria

- Control de calidad de agua (por temperatura, pH y KOH)

No alimentar a los organismos antes de la biometría.

Preparar todo el material, limpiar con área de preferencia una mesa grande para la biometría, limpiar el ictiometro, la balanza y las charolas donde serán pesados y medidos los organismos. Es importante utilizar guantes durante la biometría. Este procedimiento, se recomienda hacerlo con cuidado evitando estresar a los organismos en exceso.



Figura 4. Material requerido para llevar a cabo la biometría de los organismos.

PROCEDIMIENTO

- 1) Se preparan las taras con aireación.
- 2) 2 taras grandes para recibir a los peces.
- 3) Preparar un recipiente con el agua encima de la balanza.
- 4) Ajustar la balanza con medida de 0 gramo.
- 5) Preparar los peces en la tara grande y luego medir peso de peces uno cada uno.
- 6) Anotar los datos en la bitácora. Repetir este procedimiento con los 15 peces.
- 7) Una vez recuperado los peces, regresar los peces al tanque correspondiente.
- 8) Iniciar todo el proceso con el siguiente tanque.

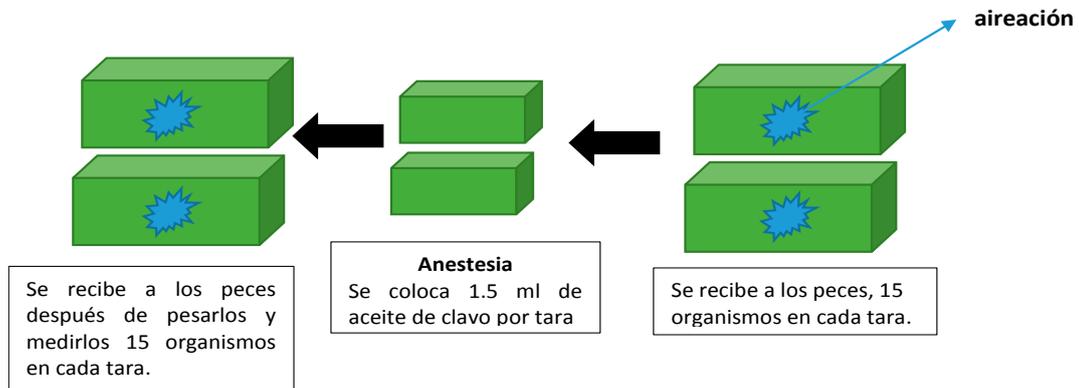


Figura 5. Diagrama para ejemplificar la biometría y los pasos que se llevan a cabo, el dibujo indica el acomodo de las taras y los pasos para la anestesia y recuperación de los organismos.

7. REVISIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

7-1 RECIRCULACIÓN

La recirculación del sistema se da por una bomba conectada al biofertilizador.

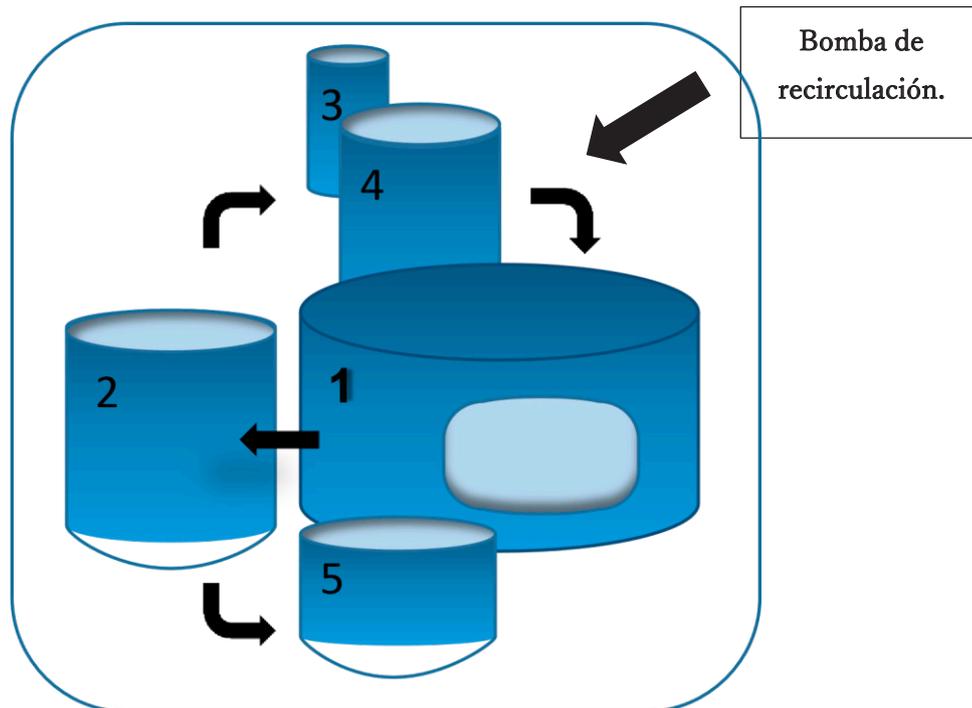


Figura 6. Diagrama del flujo en SAR. (1), tanque de peces, (2), sedimentador, (3), fraccionador, (4), biofiltro, (5), mineralizador.

En caso de que falle la bomba de recirculación se puede cambiar por otra.

- 1) Revisar la conexión de la bomba (base de metal con conectores).
- 2) Revisar la bomba, que esta no tenga materia orgánica o algún objeto atorado. En caso negativo se cambia la bomba.

PASOS

- 1) Antes de cambiar, se cierra la llave de paso de agua del sedimentador al biofiltro.
- 2) Se saca la bomba, se cambia por una nueva, se abre la llave de paso de agua del sedimentador al biofiltro.
- 3) Se prende la bomba.
- 4) El agua debe de pasar por la flauta que está adentro del tanque.

8. LIMPIEZA DEL SISTEMA

Para el funcionamiento óptimo del sistema es importante mantener limpio los componentes del sistema. Dentro de la limpieza se incluye los tanques y la pared de los tanques, el sedimentador, el bionitrificador La limpieza de los tanques y del bionitrificador se recomienda que se haga una vez a la semana.

8-1 LIMPIEZA DE LOS TANQUES

La limpieza de los tanques se debe de hacer una vez al día. Se tallará con un cepillo la orilla de los tanques. Quitando la materia orgánica que este pegada.

Cada tercer día se sifonará, el piso del tanque, se trabajará con un sifón de $\frac{3}{4}$ de punta comprimida. Se sifoneará todo el piso de manera uniforme, con la finalidad de retirar la materia orgánica que pudiera quedar retenida en el piso de los tanques.

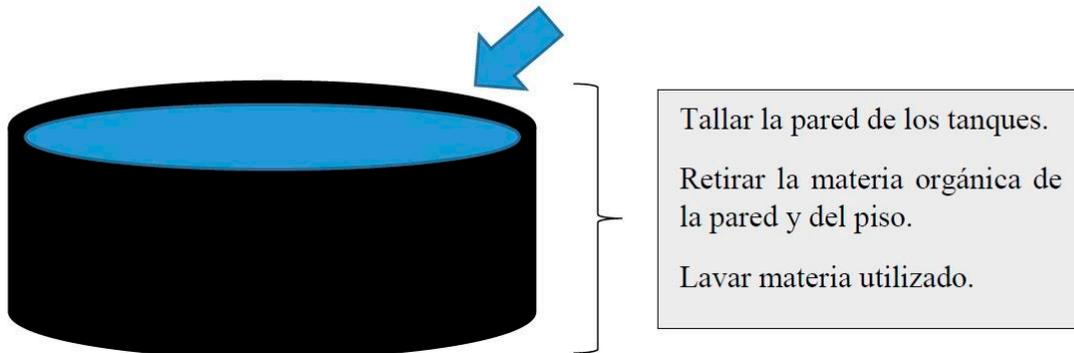


Figura 7. Ejemplificación de la limpieza de los tanques y de los pasos a seguir para realizarla.

8-2 LIMPIEZA DE LOS SEDIMENTADORES Y COSECHA DE LA MATERIA ORGÁNICA

Tabla 4. Material necesario para la cosecha de materia orgánica, el cual tiene que estar listo antes de la cosecha.

Sifón	Cepillo
Cubetas	Jarra
Magitel	Guantes

*Una vez a la semana se debe de retirar los sólidos retenidos del sedimentador, es importante retirar toda la materia orgánica, y colocarla en el mineralizador.

8-3 PASOS PARA LA LIMPIEZA DE LOS SEDIMENTADORES

Colocarse guantes

- 1) Se apaga la bomba de recirculación y la bomba del fraccionador.
- 2) Se cierra la llave de paso de agua del sedimentador al biofiltro.
- 3) Se talla el sedimentador, se espera media hora para que toda la materia orgánica se vaya al fondo.
- 4) Pasada la media hora se abre la llave para el vaciado del sedimentador.
- 5) Lo que se retire se coloca en cubetas, recolectar 5 cubetas por tanque. Es importante retirar la mayor cantidad de lodos.
- 6) Una vez vacío el sedimentador, se agrega agua limpia y se talla las paredes del sedimentador.
- 7) Se enjuaga todo el material, se le retira toda la fracción particulada.

- 8) Una vez limpio, se abre la llave de paso del sedimentador al biofiltro.
- 9) Se prende la bomba de recirculación.
- 10) Se llena con agua limpia el nivel de agua perdido.
- 11) Se revisa que la recirculación funcione correctamente.

Es importante evitar la acumulación de materia orgánica en el sistema, ya que la acumulación de materia orgánica puede intervenir y afectar la calidad del agua del cultivo.

9. COSECHA DE AGUA

9-1 EL SUMINISTRO DE AGUA

Se utiliza el agua limpia de poso. Hay que observar el nivel de agua de biofiltro. Si se baja el nivel, suministrar el agua inmediatamente..

En caso contrario tomar las siguientes medidas:

9-2 NIVELES ALTOS DE AMONIO, NITRITOS O NITRATOS

Los niveles altos de amonio se deben a un problema en el ciclo del nitrógeno, esto puede ser ocasionado por acumulación de materia orgánica, alimentación en exceso, exceso de biomasa. Por lo que, si se llega a detectar altos niveles de amonio o nitritos, es importante hacer un recambio de agua, limpiar los tanques, retirar sedimentos y airear el sistema.

9-3 DESAGUE DEL TANQUE

Para la acumulación de nitratos, en caso de presentar una cantidad mayor a 150ml/L se realizará una cosecha para hidroponía.

En caso de requerir pasar agua a los sistemas de hidroponía.

Tabla 5. - Material necesario para la cosecha de agua.

Bomba	Manguera
Tinacos	

- 1) Cerrar la válvula de suministro de agua en el tanque de cría.
- 2) Colocar una bomba sumergible en el tanque y pasar el agua a la cama de hidroponía. La cantidad de agua es 1.8 kL.
- 3) Luego limpiar el tanque y llevar a cabo tratamiento antes de la venta en el mismo tanque.

10. MEDIDAS DE EMERGENCIA PARA FALLAS EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELECTRICA

Es importante tener reserva de combustible para el generador de energía, este tiene que estar en buen estado.

Nota: cada tres meses hacer pruebas de su funcionamiento, capacidad y utilización, con la finalidad de que varias personas sean.

Es importante que se capacite a los miembros de la granja sobre la utilización, funcionamiento del generador de energía, con la finalidad de que cualquiera pueda ponerla en marcha en caso de ser requerida.

11. TRATAMIENTO ANTES DE LA VENTA

La cosecha se hará mensual una vez arrancando el sistema de cultivo, se cosechará toda la producción de un tanque. Para lo cual se seguirá los siguientes pasos.

- 1) Establecer la fecha de cosecha.
- 2) Después de decidir la fecha, se inicia el periodo de ayuno de los organismos en el agua limpia, el cual durará 5 días.
- 3) Se para la circulación de agua y se cambia el agua a la limpia (aproximadamente 95%). Luego se crían los peces sin alimento y solo con aireación y se continua la limpieza de tanques.
- 4) Durante estos cinco días solo se monitoreará el sistema, de tomaran los parámetros dos veces al día, se continuará con la rutina de limpieza.

11-1 CAPTURA, SACRIFICIO Y PREPARACIÓN DE LOS ORGANISMOS

- 1) Limpiar y desinfectar mesa con cloro, limpiar toda el área donde se procesarán a los organismos, tener suficiente agua, y hielo, preparar las áreas para el sacrificio de los organismos y la desvicera.
- 2) Se capturarán a los organismos, se colocarán en contenedores de 1 m³ con hielo mezclada con agua, para alcanzar bajas temperaturas.
- 3) Se esperará hasta que los organismos mueran por hipotermia.
- 4) Una vez dormido el animal se sacará del hielo, se le colocara el cuchillo en la parte posterior de agalla o se corta la arteria entre el corazón y agalla. Luego se recupera la temperatura del cuerpo como la ambiental.
- 5) Después de despertarse de hipotermia, se sangra moviéndose su corazón nuevamente. Una vez desangrado, se desvicera y se colocara en hieleras con suficiente hielo, las cuales se sellarán y serán colocadas en la camioneta para su transporte.
- 6) Se sellarán las hieleras con los peces y se llevarán a su destino, el mismo día de la cosecha.
- 7) Este procedimiento tiene que ser seguido con meticulosidad, ya que este proceso es muy importante y necesario para mantener la alta calidad del producto. Se cosechará todo el tanque.
- 8) Una vez terminada la cosecha, es importante desinfectar el área, lavara todo el material utilizada con jabón y cloro. Secar toda el área de trabajo.
- 9) Las vísceras acumuladas serán incineradas.



Figura 8. Imágenes sobre el procesamiento de los organismos cosechados.

12. VACIADO Y LIMPIEZA DE LOS SISTEMAS UNA VEZ REALIZADA LA COSECHA

Una vez realizada la cosecha de los organismos. Se retirará y lavará los sedimentadores, los bionitrificadores y fraccionadores, toda la materia orgánica recuperada se colocará en el mineralizador.

Una vez retirada la materia orgánica, se vaciará el tanque, el agua se llevará para el sistema de hidroponía.

Se limpiará la pared del tanque, el piso, se tallará con cepillo todas las áreas para retirar todos los residuos, una vez limpio el tanque se colocará 250 L de agua limpia y 250 ml de cloro y/o cal, el cual se mezclará con el agua del tanque, se abrirá la palanca para que libere el agua retenida y se lleve todo los residuales acumulados.

Una vez limpio y vacío el tanque se dejará secar por una semana, antes de la nueva siembra. En este periodo de seca se revisará tuberías, conexiones, desagües y componentes del sistema para darle mantenimiento o en caso de ser necesario reparar la zona afectada.

13. NOTAS

Una vez se detecta anomalía, tenga contacto con expertos inmediatamente y consulte las medidas a tomar. En caso de la cría de peces, es muy importante tomar las medidas rápidas. Si se retrasa su acción, usted va a perder mucho dinero.

14. BIBLIOGRAFÍA

Dr. Armando Morales Diaz

1) Biología, cultivo y comercialización de la tilapia

http://www.rgslibros.com/libro/biologia-cultivo-y-comercializacion-de-la-tilapia-_1455

2) La tilapia en México.

http://www.rgslibros.com/libro/la-tilapia-en-mexico-_1467

15. COLABORADORES

Dr. Alfonso Maeda Martínez, CIBNOR

Dr. Juan Carlos Pérez, CIBNOR

Dra. Emi Kaburagui, Universidad de Tottori

Dra. Paola Magallon Servin, CIBNOR

Dra. Melissa Lopez Vela, CIBNOR

Dra. Rosalia Servin, CIBNOR

Sr. Itsuo Kuzasa, JICA

M.C. Lucina Ledesma Lopez, CIBNOR

M.C. Maria Sofia Ramos Galvan, CIBNOR

Lic. Luis Enrique Murillo Moreno, CIBNOR

Ing. Gilberto Colado, CIBNOR

Ing. Milton Fimbres Coffey

Lic. Elizabeth Acedo Carrillo

16. FOTOGRAFÍAS A CARGO DE

Sr. Aldo Joaquín Vargas Mendencia

17. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. José Ángel Rodríguez Casas por otorgar las facilidades para construir el Modulo de verificación en su parcela y participar en la operación de Acuaponia, al Sr. Carlos León de BOFISH por construir Modulo de verificación, al Dr. Bernardo Murillo Amador, Tec. Pedro Luna Garcia del CIBNOR y la Dra. Masako Hishida, por operar equipos y recopilar datos, al M.C. Luis Landa Hernández por los apoyos para comercialización estratégica de productos y estudio de mercado. Mucho se agradece a Dr. Ilie Racotta Dimitrov, Dr. Satoshi Yamada y Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral, líderes del Proyecto, a Dr. Pedro Hernández Cruz y Dr. Héctor Salmon Acosta por su gran apoyo. Así mismo a todo el colectivo del CIBNOR, JICA, JST relacionados con actividades del Proyecto.

2-2. Manual Técnico de Hidroponía Usando Agua Residual de la Acuicultura



Dr. Bernardo Murillo-Amador¹⁾

Dra. Mína Yamada²⁾

Dra. Emi Kaburagi²⁾

Dr. Satoshi Yamada²⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR),

²⁾ Universidad de Tottori

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN BAJA CALIFORNIA SUR (LOS PLANES Y EL CIBNOR COMO EJEMPLOS)	39
2. RESPUESTA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD	40
3. SELECCIÓN DE ESPECIES DE CULTIVO.....	42
4. SEMILLAS	43
5. CULTIVO DEL SUELO	44
6. SIEMBRA.....	44
7. SEMILLERO	45
8. PREPARACIÓN PARA EL TRASPLANTE AL TANQUE HIDROPÓNICO	47
8-1 TRANSFERENCIA DE AGUAS RESIDUALES DE ACUICULTURA	47
8-2 TRASPLANTE UTILIZANDO SUSTRATO.....	47
8-3 PREPARACIÓN DE CAMA FLOTANTE	48
8-4 TRASPLANTE CON ESPONJA	49
9. INTERCAMBIO DE AGUAS RESIDUALES	51
9-1 TRANSFERENCIA HIDROPÓNICA DE AGUAS RESIDUALES AL CULTIVO EN CAMPO ABIERTO.....	51
9-2 PREPARACIÓN DE AGUAS RESIDUALES HIDROPÓNICAS PARA EL RIEGO EN CAMPO ABIERTO	51
9-3 TRANSFERENCIA DE AGUAS RESIDUALES A LECHOS HIDROPÓNICOS...	51
10. TRABAJO DIARIO	54
10-1 VERIFIQUE LA AIREACIÓN	54
10-2 CONTROL PARA LA PREVENCIÓN DE PLAGAS.....	57
10-2-1 Manejo Preventivo de Plagas	57
10-2-2 Manejo Después de Establecida la Plaga	57
11. COSECHA	58
11-1 ACELGA.....	58
11-2 VERDOLAGA.....	59
11-3 SUAEDA.....	59
11-4 EPAZOTE	59
12. REGENERACIÓN DESPUÉS DE LA PRIMERA COSECHA	59
13. LIMPIEZA.....	60
14. QUÉ HACER SI LOS CULTIVOS NO CRECEN BIEN.....	61
15. BIBLIOGRAFÍA	61
16. COLABORADORES	62
17. AGRADECIMIENTOS	62

Este manual resume las técnicas para la hidroponía utilizando aguas residuales de la acuicultura (2-1) que a su vez utiliza agua subterránea salina. La información, los valores numéricos y las fotografías, se obtuvieron de las pruebas de verificación de cultivos hidropónicos con aguas residuales de la acuicultura realizadas con agua salina desarrollada en el módulo del sitio denominado Centro de Investigación Biológica en el norte de México, B.C.S. (en lo sucesivo, CIBNOR), en el Ejido San Juan de Los Planes (en adelante, Los Planes) (Consulte el Apéndice, p. 217 para conocer sus ubicaciones) y en el Centro de Ciencias del Campo de la Facultad de Agricultura, Universidad de Tottori. Los contenidos descritos son: 1) composición química y seguridad del agua subterránea y aguas residuales de la acuicultura, 2) concentración de sales aceptables en la solución para el enraizamiento de cada cultivo, 3) procedimiento para recibir agua de la acuicultura y descargar agua al cultivo abierto, 4) métodos de cultivo, cosecha y regeneración, 5) resolución de problemas.

1. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN BAJA CALIFORNIA SUR (LOS PLANES Y EL CIBNOR COMO EJEMPLOS)

La conductividad eléctrica (CE) es un indicador para conocer la cantidad de nutrientes contenidos en una solución. En otras palabras, cuanto mayor es el valor de la CE, mayor es la concentración de nutrientes.

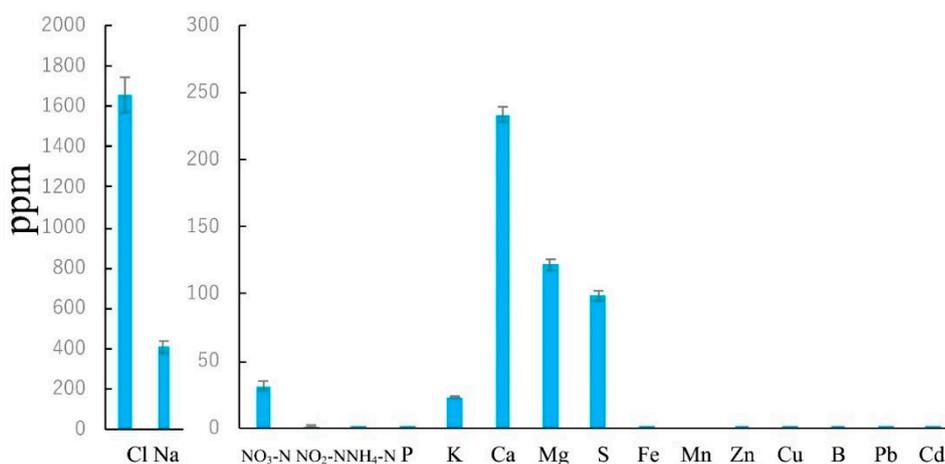


Figura 1. Concentración de minerales en el agua subterránea de Los Planes (Nov. 2018-Jul.2019) Las barras indican E. S..

Como se muestra en la figura 1, el agua subterránea de Los Planes contiene una cantidad excesiva de Cl y Na, podemos considerar que el valor de la CE indica la cantidad de Cl y Na. En comparación con el agua del grifo, la CE de Los Planes es muy alta durante toda la temporada (Figura 2). Como referencia, la CE del agua del grifo en la ciudad de La Paz es de alrededor de 1.0. Además,

las concentraciones de nutrientes en el agua subterránea pueden no ser constantes porque los valores de CE varían mucho según la estación. El promedio anual de metales pesados nocivos como el Cd y el Pb fue inferior al límite superior de la OMS, en aguas subterráneas y también en aguas residuales de acuicultura (Figura 1). La concentración de NO₃-N en las aguas residuales de la acuicultura fue extremadamente alta, pero la concentración de NO₃ en las hojas fue menor que el valor regulado del límite superior (3500 ppm) en la espinaca, que pertenece a la misma familia (*Amaranthaceae*) que la acelga, reportada por el Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido (Red Tractor Farm Assurance, 2016) (Kaburagi et al. 2020).

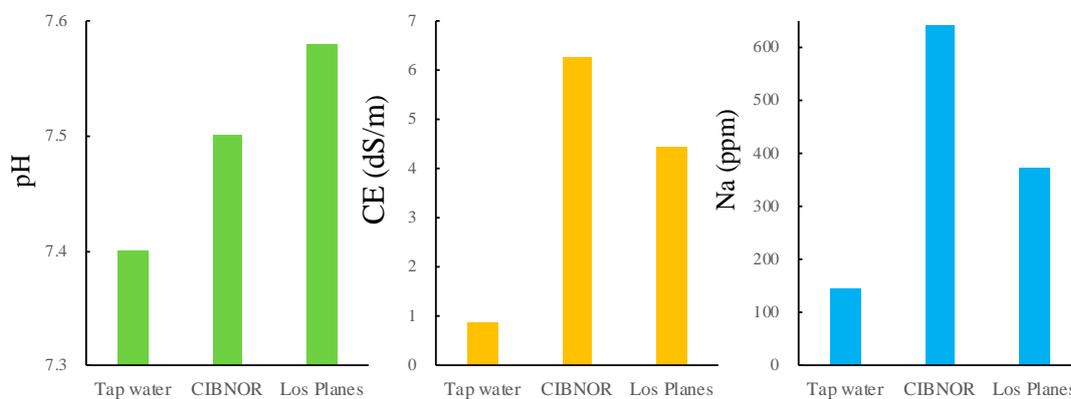


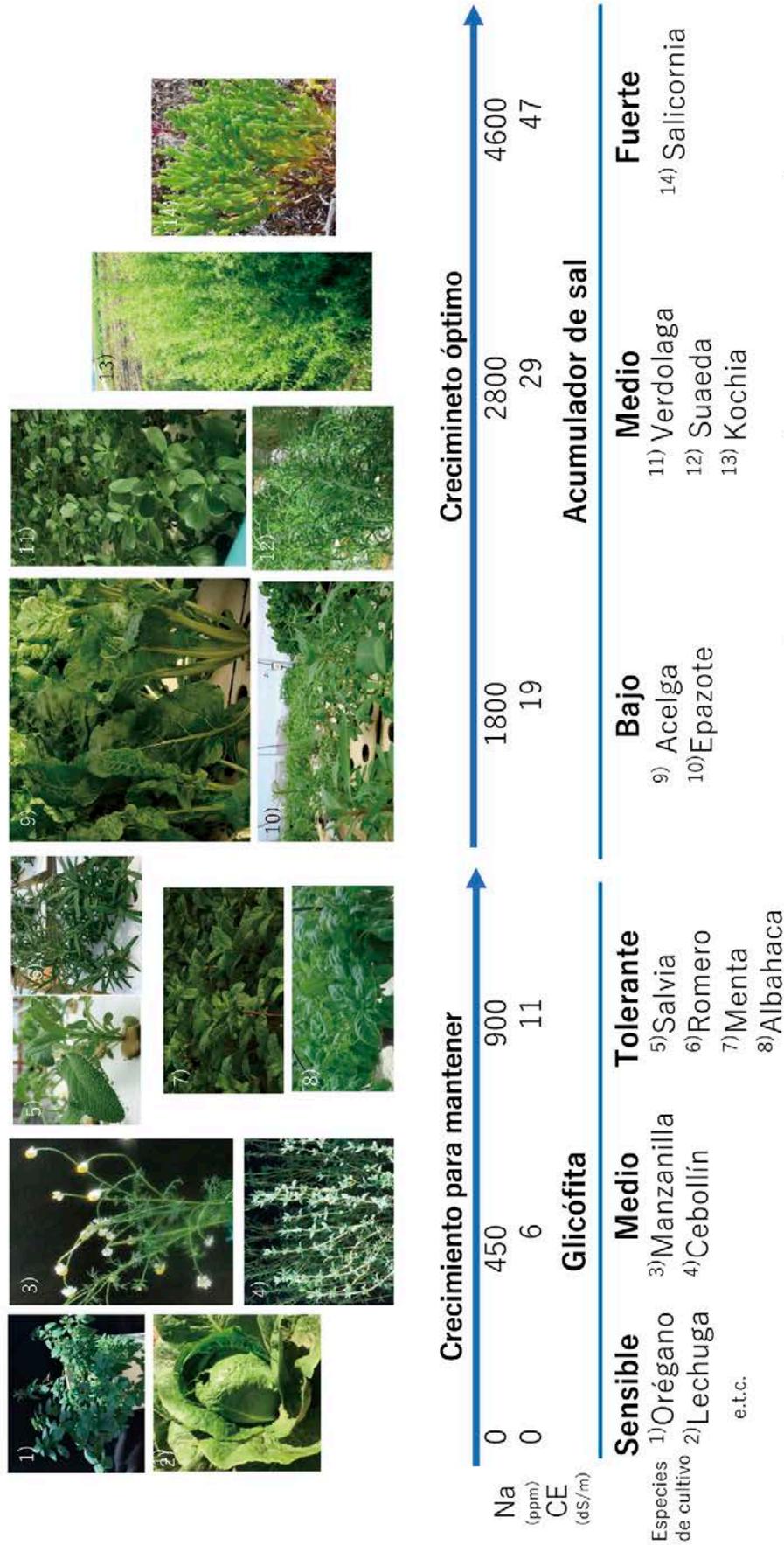
Figura 2. Concentración de pH, CE y Na del agua del grifo, el agua subterránea en el CIBNOR y Los Planes. Los valores son promedios de 2015 a 2019.

Tabla 1. Cambios estacionales en el pH y conductividad eléctrica (CE) del agua subterránea en Los Planes.

	2018		2019									
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
pH	7.63	6.21	6.47	7.85	7.31	6.82	6.42	7.00	7.41	7.36	7.28	7.62
CE (dS m ⁻¹)	4.73	7.00	5.69	4.80	4.47	4.53	4.30	4.34	4.40	4.41	4.35	4.22

2. RESPUESTA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD

Los cultivos que acumulan sal son usados para la producción de productos agrícolas utilizando agua con alta concentración de sal. La figura 3 muestra la tolerancia a la sal y la halofilia de cada especie de cultivo. A partir de la respuesta diferencial a la salinidad, se pueden seleccionar las especies de cultivo de acuerdo con una diferencia en la concentración de Na.



Esta figura fue hecha en base a resultados de tomatillo, orégano, salvia y albahaca (Tanaka *et al.* 2018), manzanilla y cebollín (Yokoyama dato no publicado), romero (Mercado-Guido *et al.* 2019), acelga y epazote (M. Yamada *et al.* 2016), Suaeda (Sakata, dato no publicado), verdolaga y menta (Kaburagi, dato no publicado), Kochia (S. Yamada *et al.* 2016) y Salicornia (Ohori y Fujiyama, 2011).

Los valores de Na y CE se basaron en mediciones reales de hidroponia realizada entre octubre 2018 y agosto 2019 en Los Planes.

3. SELECCIÓN DE ESPECIES DE CULTIVO

Para el cultivo hidropónico, se seleccionaron especies de cultivos con las tres características mencionadas a continuación: 1) especies de cultivos con alta capacidad de absorber sal; 2) crecer bien en aguas subterráneas con alta concentración de sal, como la de Los Planes; 3) especies de cultivo con buen valor de mercado.

En el proceso de cultivo hidropónico, estas especies de cultivo seleccionadas eliminan la sal del agua. Este proceso proporciona agua con menos sal para el cultivo en campo abierto y, como resultado, evita la acumulación de sal en el suelo (Tabla 2 y Fotografía 1).



Fotografía 1. Acelgas, verdolaga, Suaeda y epazote (desde la izquierda).

Seleccionamos acelgas (*Beta vulgaris* var. Cicla (L.)), verdolaga (*Portulaca oleracea*), Suaeda (*Suaeda edulis*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides*). El calendario que indica la temporada apropiada de los cultivos se muestra en la tabla 3. Existen variedades agrícolas y variedades silvestres de Suaeda que se usan como alimento. El epazote se usa como un medicamento.

Tabla 2. Comparación del período de cultivo, tasa de producción, eficiencia del uso del agua, capacidad de absorción de sodio y precio de mercado de las especies de plantas seleccionadas.

	Periodo del cultivo	Producción (PFt/ha)	Uso eficiente del agua	Absorción de sodio	Precio de mercado en México (6.12 yen = 1peso)	
	(días)		PFkg H ₂ O/L	(g/kg)	(Yen/kg)	(Peso/kg)
Acelgas	78	38~46	0.1237~0.1640	28~80	147	24
Suaeda	25	7.3~19	0.0608~0.0829	30~140	Autoconsumo	Autoconsumo
Verdolaga	36	36	0.0230	46~57	147	24
Epazote	72	17	0.0065	18~62	2631	430

Con respecto a la producción y el uso eficiente del agua (Tabla 2), los resultados de acelga y verdolaga fueron obtenidos en el CIBNOR (2016-2017), utilizando aguas residuales de acuicultura de tilapia (Kaburagi: datos no publicados). Los resultados de epazote se obtuvieron en Los Planes en 2019 utilizando aguas residuales de acuicultura de tilapia (M. Yamada: datos no publicados). En cuanto a la absorción de sodio (Tabla 2), los resultados se obtuvieron cultivados en condiciones salinas, para acelga y epazote de 460 a 4600 ppm (Na), según Yamada *et al.*, (2016), y para verdolaga a 1150 ppm (Na) (Koma: datos no publicados). Los resultados de los parámetros de Suaeda se obtuvieron cuando se cultivaron a 1150 ppm de sodio (Sakata 2016). Y los datos del precio de mercado en México se anotaron en el capítulo 4 de este manual (Kobayashi *et. al.* 2020).

Tabla 3. Temporada de los cultivos.

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acelga	Siembra	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
	Trasplante	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
	Cosecha	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○
Suaeda	Siembra	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
	Trasplante	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
	Cosecha	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○
Verdolaga	Siembra	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Trasplante	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Cosecha	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Epazote	Siembra	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Trasplante	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Cosecha	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

4. SEMILLAS

Prepare semillas frescas. Luego verifique la tasa de germinación. Entre las variedades de acelgas, la tolerancia a la salinidad es más fuerte en el orden de Fordhook Giant > Ruby Red > Calico (Fotografía 2). Las semillas de verdolaga y suaeda son muy pequeñas (Fotografía 3).



Fotografía 2. Bolsas de semillas de diferentes variedades de acelgas (desde la izquierda). *Fordhook Giant*, *Ruby Red* y *Calico*.



Fotografía 3. Semillas de acelga (izquierda) y verdolaga (derecha).

5. CULTIVO DEL SUELO

Use sustrato para la siembra. Prepare suelo fresco (sustrato comercial). Es conveniente un sustrato mezclado con nutrientes para que ayude en la etapa de crecimiento temprano de las plántulas, use sustrato como el de la fotografía 4. Llene las celdas las bandejas con el sustrato, luego nivele el suelo y riegue bien.



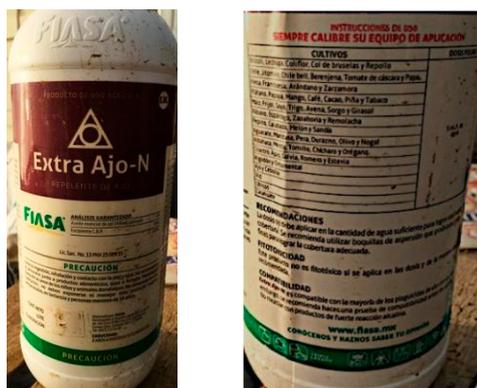
Fotografía 4. SOGEMIX (izquierda), VERMILITA + nutrientes (centro), mezcla 1: 1 de SOGEMIX y VERMILITA (derecha).

6. SIEMBRA

Para la siembra de acelga, use palitos o el dedo, haga un agujero dos veces más profundo que el tamaño de la semilla, y siembre una por una. Luego, cubra los agujeros con el sustrato, presione con la mano para que se adhiera firmemente a la tierra e irrigue con abundante agua. Como la acelga es fotoblásticas, no se requiere cobertura. Para la siembra de verdolaga y suaeda, debido al tamaño muy pequeño de las semillas, espolvoree las semillas y cubra el sustrato, comprimiendo ligeramente y riéguelo cuidadosamente. Es bueno cubrirlo con papel de periódico, etc. Hay que mantener la temperatura adecuada para la germinación, y regarlo para que no se seque hasta que germine.

7. SEMILLERO

Las semillas germinarán de 10 a 14 días. Las plántulas se cultivarán en bandejas de celdas hasta que aparecen las hojas verdaderas. Riegue fertilizante líquido como Hyponex según sea necesario (Fotografía 5). Riegue ligeramente para evitar daños en las hojas al aplicar el fertilizante líquido. Para evitar daños por las aves, es conveniente cubrir el espacio del semillero con una red. En Japón, las plántulas se cultivarán cuidadosamente "Una vez que las plántulas se cuidan bien, significa que la mitad de la cosecha se realizó con éxito" (Fotografía 6).



Fotografía 5. Fertilizante comercial, se diluyen 5 ml un 1 L de agua.

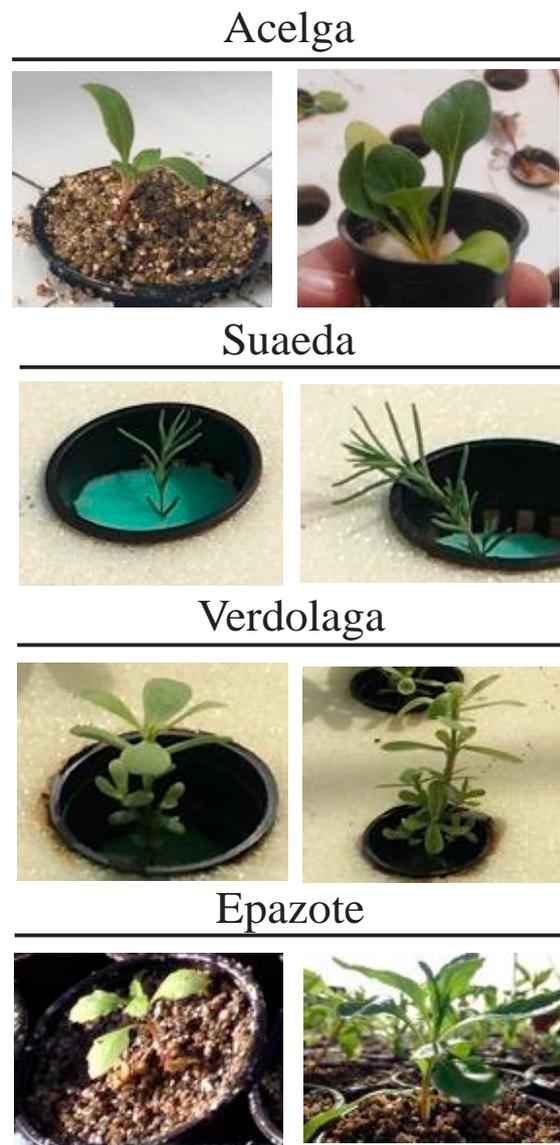


Fotografía 6. Acelgas germinadas. Alta tasa de germinación (izquierda), baja tasa de germinación (derecha).

Tabla 4. Periodo de cultivo de las especies de plantas seleccionadas.

	Tiempo de semillero (bandeja de celdas)	Periodo desde el trasplante hasta la primera cosecha	Tiempos de cosecha
Acelga	4 semanas	6~8 semanas	8 veces
Suaeda	6 semanas	8 semanas	5 veces
Verdolaga	3 semanas	6~8 semanas	8 veces
Epazote	8 semanas	4~6 semanas	5 veces

La tabla. 4 muestra el período para el cultivo de plántulas en las charolas para la germinación, el período que las plántulas presentan características adecuadas para el trasplante y los tiempos posibles de cosecha. En cuanto al momento óptimo para el trasplante, cuando emergen las primeras hojas verdaderas para la acelga, cuando la altura de la planta presenta 5 cm para Suaeda, 7 cm para la verdolaga y cuando se observa la tercera hoja verdadera para el epazote (fotos a la izquierda). El tamaño de la planta que se muestra a la derecha en la fotografía. 7 es el máximo para el trasplante.



Fotografía 7.

Tamaño de plantas para trasplante
El tamaño de las plantas que se indican en el lado izquierdo son adecuados.
Máximo tamaño de plantas que puedan aguantar trasplante como lo que se indica en el lado derecho de fotos.

8. PREPARACIÓN PARA EL TRASPLANTE AL TANQUE HIDROPÓNICO

8-1 TRANSFERENCIA DE AGUAS RESIDUALES DE ACUICULTURA

Las aguas residuales de la acuicultura con $\text{NO}_3\text{-N}$ de 56 a 150 ppm se transfieren a los lechos hidropónicos (Fotografía 8). Las aguas residuales en los tanques de acuicultura se transfieren a los lechos hidropónicos abriendo la válvula. Si la temperatura del agua es baja en invierno, transfiera las aguas residuales y déjelas durante un día antes del trasplante.



Fotografía 8. Suministro de aguas residuales a lechos hidropónicos.

8-2 TRASPLANTE UTILIZANDO SUSTRATO

Coloque previamente un papel absorbente de agua en un vaso de plástico perforado, usándolo como soporte (Fotografía 9). Como las raíces son demasiado cortas para absorber directamente el agua, para mantener la humedad del suelo de cultivo, es importante usar papel absorbente de agua. Luego, se llena un vaso de plástico perforado con sustrato que se ha humedecido por adelantado. Retire con cuidado las plántulas de la bandeja de celdas con una espátula de madera, para no dañar las raíces. En el medio en el que se desarrollaron las plántulas se colocan en macetas con sustrato y se deja que se adhiera bien al suelo (Fotografía 10). Los vasos con plántulas se colocan en un lecho flotante (Fotografía 11), sobre las aguas residuales. Los vasos de plástico perforados se colocan en el orificio de la cama flotante. Durante este proceso, tenga mucho cuidado de no dañar la raíz. Las raíces dañadas pueden causar un pobre crecimiento de las plantas. Finalmente, verifique la aireación, la cantidad de aire y la posición de los tubos de aireación, etc.



Fotografía 9. Vaso de plástico perforado con papel absorbente de agua.



Fotografía 10. Trasplante las plántulas en vasos de plástico (sustrato).



Fotografía 11. Camas flotantes.

Se llevó a cabo el trasplante considerando la densidad de plantas (Izquierda). Agujeros taladrados en la cama flotante (Derecha).

8-3 PREPARACIÓN DE CAMA FLOTANTE

La separación entre camas flotantes debe ser lo más pequeño posible para evitar la evaporación. Los materiales de la cama flotante deben ajustarse de acuerdo con el tamaño de la cama para minimizar la separación. Considere el tamaño del agujero para sostener las canastillas para hidroponía. La distancia de siembra entre plantas es de 20 cm para acelgas y entre 15 y 20 cm para verdolaga, epazote y Suaeda. Como densidad de plantación, se recomiendan 16, 22, 36 y 36 plantas m^2 para acelga, epazote, verdolaga y Suaeda, respectivamente. Los agujeros sin planta deben cubrirse con materiales como esponjas para minimizar la evapotranspiración.

8-4 TRASPLANTE CON ESPONJA

Corte previamente la esponja para el trasplante. Corte con un tamaño de aproximadamente $3.5 \times 3.5 \times 2.5$ (cm) (no necesariamente exacto). Haga un corte en el centro (Fotografía 12). Retire con cuidado las plántulas de la bandeja de celdas para no dañar las raíces. La raíz se intercala entre el corte de la esponja para que salga debajo de la esponja y las hojas salgan por arriba. (está bien si las raíces pueden haberse adherido al medio). Antes de que las raíces se sequen, deben transferirse a un lecho de cultivo (Fotografía 13).



Fotografía 12.
Esponja con un corte en el centro.

Coloque la esponja intercalada en el vaso de plástico e inserte el vaso de plástico en el orificio de la cama flotante (Fotografía 12). Durante este proceso, tenga mucho cuidado de no dañar la raíz. Las raíces dañadas pueden causar un pobre crecimiento de las plantas. Finalmente, verifique la aireación, como la cantidad de aire y la posición de los tubos de aireación, etc. La fotografía 13 muestra la escena del trasplante. Las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de trasplante (sustrato o esponja) se resumen en la Tabla 5. Elija uno de estos métodos adecuados para su sistema acuapónico.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de trasplante (sustrato o esponja).

	Ventajas	Desventajas
Sustrato	Menos riesgos de dañar las raíces cuando se trasplanta Hay nutrientes en el suelo de cultivo. Crecen rápido en la etapa temprana de crecimiento Hidratado	Cuesta más que la esponja Humedad excesiva, especialmente en verano. Es probable que ataquen hormigas, pulgones, enfermedades Más trabajo para limpiar Muchos desperdicios El sustrato cae en el lecho hidropónico. Puede ser necesario lavar la tasa de plástico
Esponja	Barata Limpia Se puede disminuir la aparición de insectos y enfermedades Trasplante más fácil y rápido No está excesivamente humedecido Fácil de limpiar No es necesario lavar los vasos de plástico	Alto riesgo de dañar las raíces cuando se trasplanta No hay nutrientes en la esponja. Espacio crecimiento en la primera etapa
También puedes considerar lana de roca		



Fotografía 13. Trasplante con esponja. 6)-1. Verdolaga, 6)-2. Acelgas, 6)-3. Suaeda y 6)-4. Epazote.

9. INTERCAMBIO DE AGUAS RESIDUALES

9-1 TRANSFERENCIA HIDROPÓNICA DE AGUAS RESIDUALES AL CULTIVO EN CAMPO ABIERTO

Para el proceso de intercambio de aguas residuales, en primer lugar, el agua de los lechos hidropónicos se transfiere a un tanque de riego a campo abierto. La cantidad de agua a transferir desde cada lecho de cultivo es preferiblemente de 1/3 a 1/4 de la cantidad total del lecho.

9-2 PREPARACIÓN DE AGUAS RESIDUALES HIDROPÓNICAS PARA EL RIEGO EN CAMPO ABIERTO

Mediante el trabajo de 9-1, las aguas residuales de los lechos hidropónicos se almacenan periódicamente en el tanque de riego a campo abierto. En el proceso de hidroponía, el agua en el lecho hidropónico se pierde debido a la evapotranspiración. Además, dependiendo del tipo de nutrientes contenidos en el efluente hidropónico, su concentración también aumenta por evapotranspiración. Luego, estas aguas perdidas por evapotranspiración se recogen como agua dulce mediante un deshumidificador. Esta agua dulce recolectada se mezcla con las aguas residuales hidropónicas para reducir los nutrientes concentrados. Luego, esta agua con menor concentración de nutrientes se utiliza para el cultivo en campo abierto. Un dato importante para la relación de mezcla de aguas residuales y agua dulce es ajustar estas aguas residuales mixtas a un valor inferior a la CE del agua subterránea. Por ejemplo, para suministrar agua con una CE de 4 dS/m o menor al campo abierto cuando el valor CE inicial del agua residual hidropónica es 8 dS/m, la relación de mezcla del agua residual hidropónica y el agua dulce comprada (EC 0 dS/m) fue aproximadamente 1: 1 (Fotografía 14).



Fotografía 14.

Ajuste de la CE en el tanque de riego para el suministro de agua al cultivo en campo abierto.

9-3 TRANSFERENCIA DE AGUAS RESIDUALES A LECHOS HIDROPÓNICOS

1. Transfiera las aguas residuales hidropónicas a un tanque de riego de campo abierto. 2. Suministre agua residual de acuicultura a camas hidropónicas) varias veces durante el período de cultivo y cosecha. Este proceso de intercambio de aguas residuales es importante para suministrar los nutrientes necesarios para el cultivo (Tabla 6).

Tabla 6. Ejemplo de la concentración de los componentes en las aguas.

	CE (dS/m)	pH	
Aguas residuales de acuicultura en Los Planes			
Máximo	6.77	6.91	
Mínimo	4.74	4.97	
Promedio	5.47	5.70	

	Na (ppm)	Cl (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Aguas residuales de acuicultura en Los Planes									
Máximo	625	3280	288	3.59	32.9	23.7	89.9	471	223
Mínimo	306	1581	60	0.06	0.2	0.3	13.1	220	125
Promedio	406	1887	115	1.37	10.5	10.4	47.3	302	152
Medio hidropónico para cultivos que gustan del ácido nítrico (Universidad Tottori)									
			56.0			12.4	78.2	40.1	48.6
Medio hidropónico para albahaca (CIBNOR)									
			36.3		13.4	12.4	78.2	40.1	48.6

	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
Aguas residuales de acuicultura en Los Planes					
Máximo	0.095	0.384	0.951	0.099	1.427
Mínimo	0.005	0.028	0.104	0.003	0.453
Promedio	0.051	0.201	0.395	0.034	0.748
Medio hidropónico para cultivos que gustan del ácido nítrico (Universidad Tottori)					
	2.000	0.500	0.100	0.010	0.814
Medio hidropónico para albahaca (CIBNOR)					
	2.000	0.500	0.100	0.010	0.814

Las aguas residuales de la acuicultura contienen elementos esenciales para las plantas de cultivo, como NO₃-N, P y K además del Na y Cl proveniente del agua subterránea. El agua residual contiene alto contenido de NO₃-N, Ca, Mg, B y muy poco P, Fe, Mn, Zn y Cu (especialmente Fe). Existe una correlación entre estos elementos y la CE, esto nos permite estimar que elemento tiene déficit o exceso (Figura 4). Así podemos saber si agregar algún elemento dependiendo de las especies de plantas de cultivo.

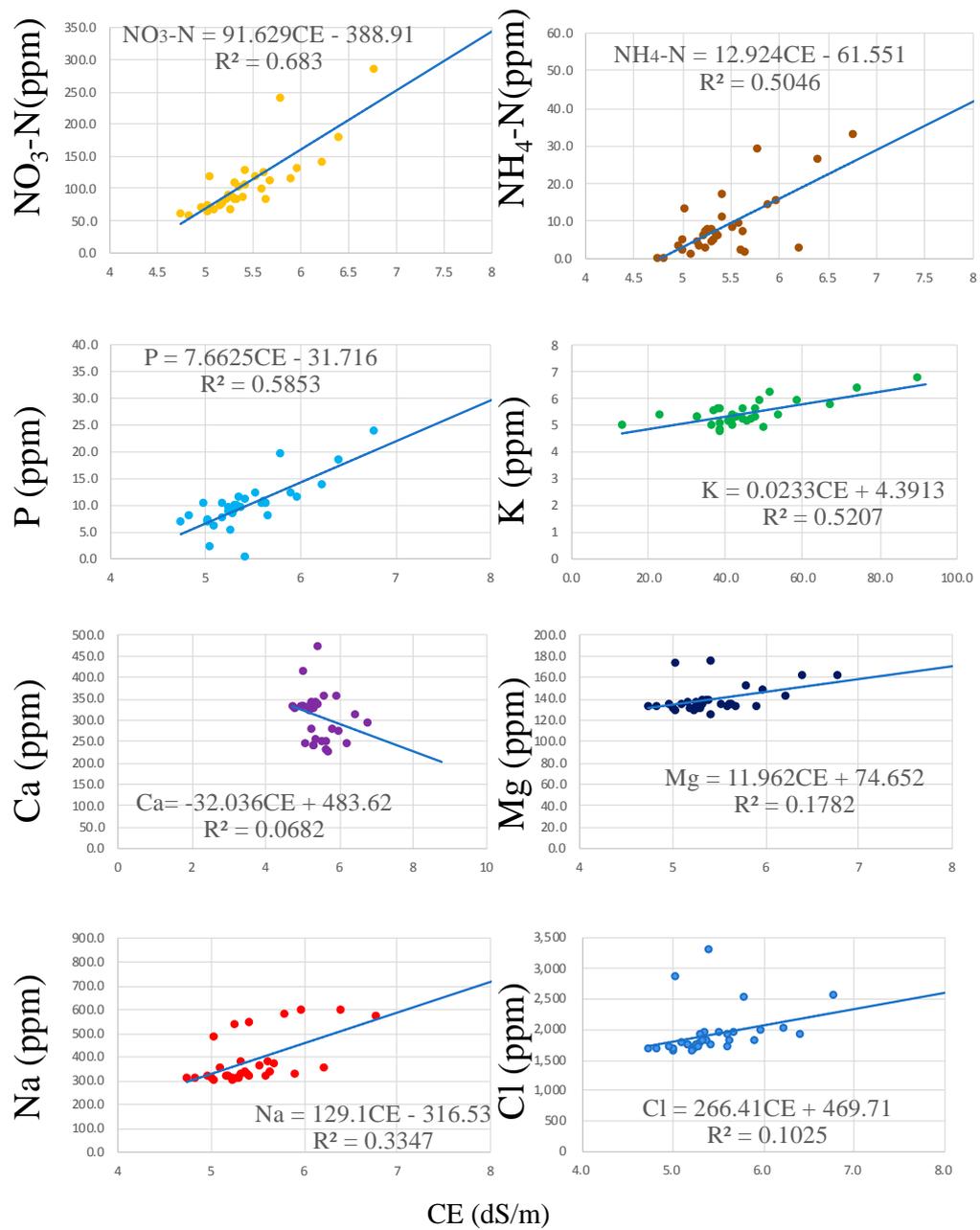


Figura 4-1. Relación entre la CE (dS/m) y la concentración de minerales (ppm) en las aguas residuales de acuicultura en Los Planes.

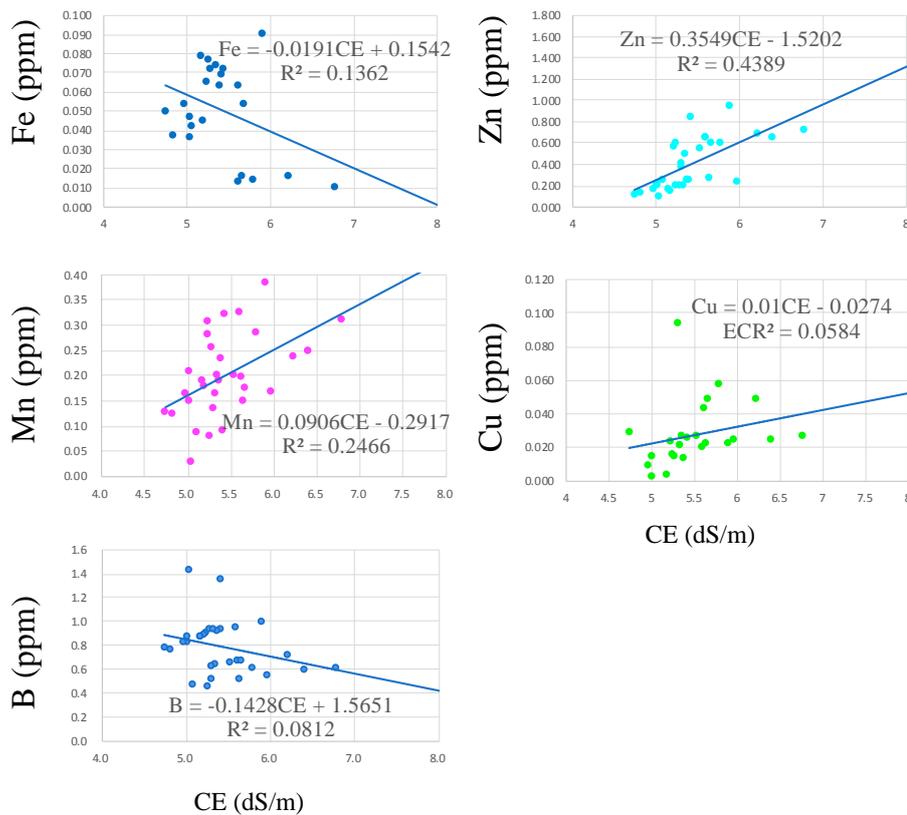


Figura 4-2. Relación entre la CE (dS/m) y la concentración de minerales (ppm) en las aguas residuales de acuicultura en Los Planes.

10. TRABAJO DIARIO

10-1 VERIFIQUE LA AIREACIÓN

Es necesario observar diariamente si el aire se suministra correctamente desde los tubos de aireación. Verifique todos los días para asegurarse de escuchar el sonido del compresor. Si no oye ningún sonido, compruebe el compresor. Puede decir que una aireación está en buenas condiciones si sale aire fino (Fotografía 16, izquierda). Cuando el equipo se instala nuevamente, verifique si sale este aire fino. Sin embargo, cuando comienza el cultivo y a medida que crecen las plantas, a veces la aireación puede ser demasiado alta ya que el nivel del agua se vuelve poco profundo por evapotranspiración. Por lo tanto, se requiere un ajuste frecuente de la aireación. Si salen grandes burbujas de agua durante el trabajo (Fotografía 16, derecha), es necesario verificar si los tubos no están obstruidos o deteriorados. La cantidad deseable de oxígeno disuelto (OD) es 6 mg/L o más para la mejor condición de aireación. Sin embargo, incluso cuando el valor de OD es deseable, si el lecho flotante está soplando espuma blanca (Fotografía 17, izquierda), el flujo de aire es demasiado fuerte, por lo que se requiere un ajuste. Un dato importante es que esta espuma contiene aceite derivado del alimento para peces y las plantas morirán si se adhiere a las hojas (Fotografía 17, derecha).



Fotografía 15.
Epazote en que se ocurre la deficiencia de potasio. En la etapa inicial (izquierda), en la etapa terminal (derecha).



Fotografía 16.
Buena aireación (izquierda) y mala aireación (derecha).



Fotografía 17. Las burbujas están saliendo debido a la aireación excesiva (izquierda). Mancha de aceite en las hojas inferiores debido a la espuma (derecha).



Fotografía 18. Raíz saludable de acelga (izquierda), raíz enferma de acelga (derecha).

Cuando la OD es 6 mg/L o menos, debe verificar la condición de la raíz, si las raíces están en buenas condiciones, su color es blanco (Fotografía 18). Cuando la aireación es pobre, o la temperatura es alta, o la concentración de nutrientes es demasiado alta, los colores de las raíces pueden volverse marrones (Fotografía 18).

Cuando el compresor se detiene, los daños a los cultivos son muy pequeños si se dejan sin aireación solo por uno o dos días, por lo tanto, repare el compresor en uno o dos días. En la fotografía 19, 20, 21 y 22 se muestran las acelgas, la verdolaga, suaeda y el epazote que crecen bien.



Fotografía 19. Acelgas en crecimiento.



Fotografía 20.
Verdolaga creciendo bien.



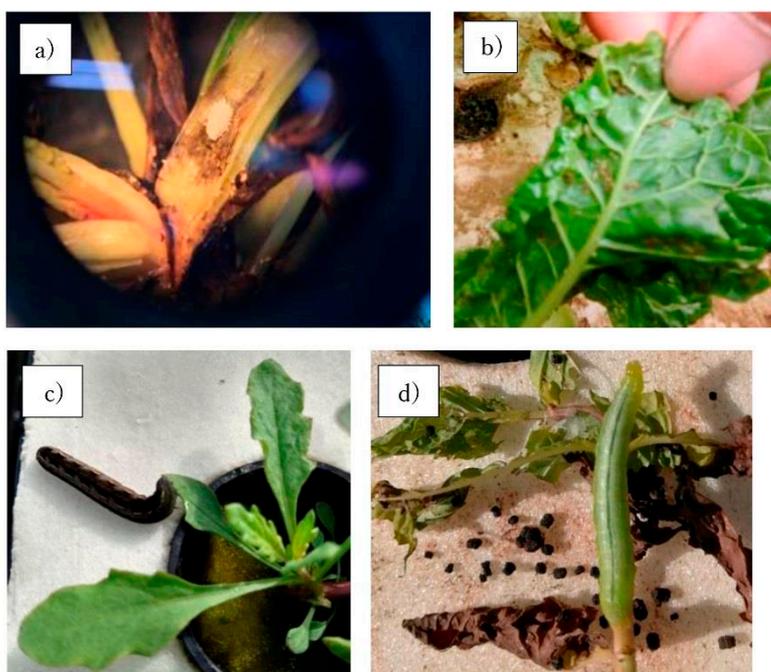
Fotografía 21. Suaeda creciendo bien.



Fotografía 22. Epazote creciendo bien.

10-2 CONTROL PARA LA PREVENCIÓN DE PLAGAS

Controlar los daños de plagas. Hay muchos tipos de insectos plagas, tales como insectos escamosos y larvas de oruga. Encontramos también larvas de *Spodoptera litura*, pulgones y moscas blancas de invernadero (Fotografía 23). Si el número de plagas es pequeño se puede controlar manualmente. Si el número de plagas es grande, use pesticidas orgánicos (como una solución concentrada de ajo). Reemplazar cultivos con nuevas plántulas también es otra opción. Básicamente, es lo mismo que las contramedidas para el cultivo normal en campo abierto.



Fotografía 23.

a) Larva de oruga en el tallo de la acelga, b) Pulgón en el dorso de las hojas de acelga. c) Larva de *Spodoptera litura* comiendo epazote, d) Palomilla dorso de diamante

10-2-1 Manejo Preventivo de Plagas

Antes del trasplante, sumerja las plántulas en una solución, como el extracto de ajo. Intente que sea lo más orgánica posible. Como es importante controlar los insectos plaga antes de que ataquen, evite que invadan, tanto como sea posible, abriendo y cerrando las puertas del invernadero con cuidado y colocando redes en la puerta, por ejemplo.

10-2-2 Manejo Después de Establecida la Plaga

Use papel adhesivo amarillo para atrapar insectos (Fotografía 24). La aplicación de pesticidas no solo perjudica la salud de los agricultores, sino que también es perjudicial para los consumidores. Además, es necesario prestar atención al tipo y la cantidad de insectos que atacan según las estaciones.



Fotografía 24. Moscas blancas de invernadero en el atrapa insectos amarillo. Las moscas blancas deben evitarse desde las primeras etapas.

11. COSECHA

11-1 ACELGA

Cuando el limbo llegue a unos 40 cm, deje 2-3 hojas nuevas y corte 2-3 hojas externas restantes de la raíz del pecíolo con una cuchilla limpia. Las hojas cortadas se colocan en una bolsa de plástico, se etiquetan y se envían ese día o al día siguiente (Fotografía 25-26).

Este es el momento, en el que las hojas que crecen mal se cortan de manera similar con la cuchilla y se desechan para que las hojas nuevas puedan absorber más nutrientes. Después de la cosecha, mientras continúa intercambiando las aguas residuales de la acuicultura, repita la cosecha del cultivo aproximadamente 8 veces. Coseche las hojas externas mientras deja nuevas hojas cada vez. Junta varias piezas con una banda de goma. Cada paquete pesa aproximadamente 250-300 g (aproximadamente 13-15 piezas).



Fotografía 25. Cosecha de acelgas.



Fotografía 26. Paquete de acelga.

11-2 VERDOLAGA

Cuando las plantas crezcan al tamaño del mercado, deje 2-3 tallos jóvenes y coseche los tallos restantes. Repita la cosecha del cultivo aproximadamente 5 veces. Junte un manojo de tallos con una banda elástica y envíalo el mismo día (Fotografía 27). Cada paquete pesa unos 100 g.



Fotografía 27.
Paquete de verdolaga.

11-3 SUAEDA

Coseche de la misma manera que la verdolaga. Repita la cosecha del cultivo aproximadamente 8 veces. Junte un manojo de tallos con una banda elástica y envíalo el mismo día. Cada paquete pesa alrededor de 100 g.

11-4 EPAZOTE

Coseche de la misma manera que la verdolaga. Repita la cosecha del cultivo aproximadamente 5 veces. Junta un manojo de tallos con una banda elástica y envíalo el mismo día. Cada paquete pesa unos 100 g.

12. REGENERACIÓN DESPUÉS DE LA PRIMERA COSECHA

Después de la cosecha, se volverán a reproducir (Fotografía 28), así que regrese al Capítulo 9 y repita el cultivo mientras reemplaza los desechos de la acuicultura.



Fotografía 28. Regeneración de acelgas (izquierda) y epazote (derecha).

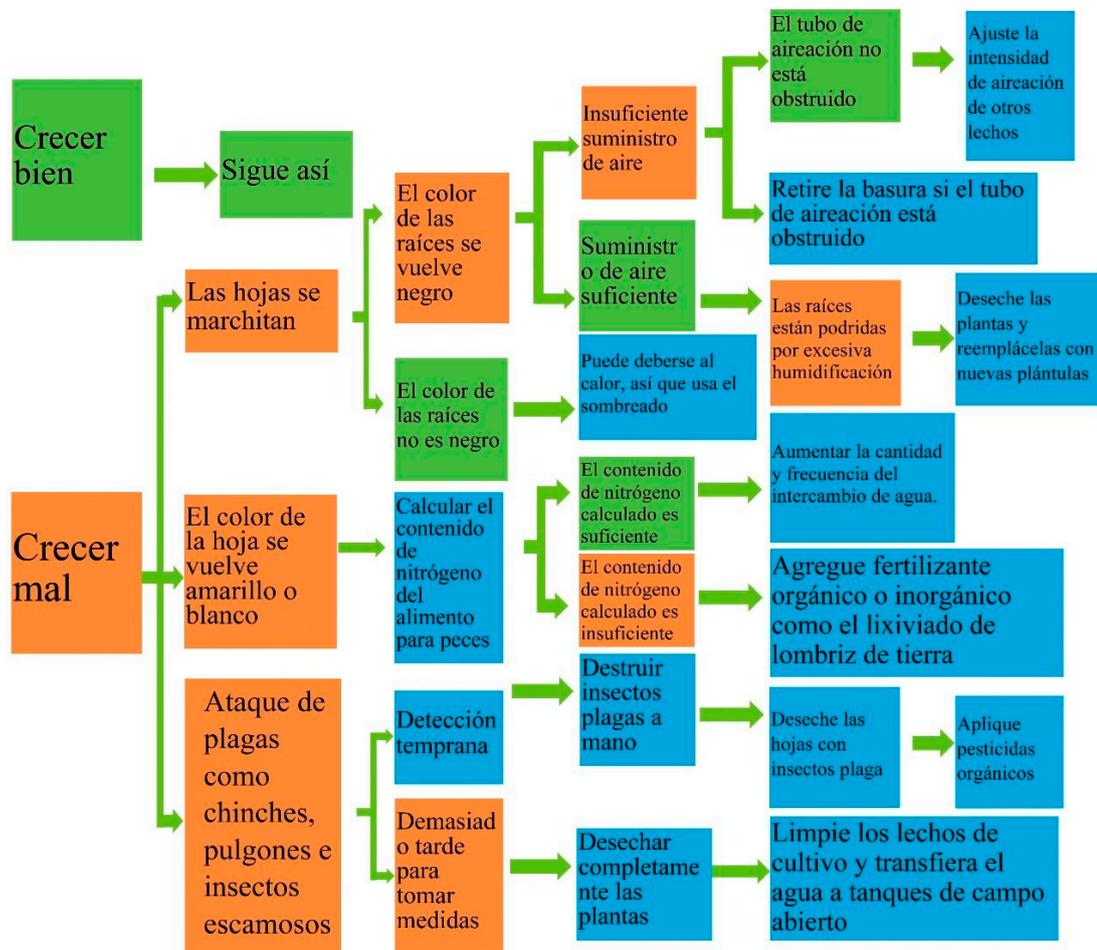
13. LIMPIEZA

Una vez concluido el cultivo, las aguas residuales hidropónicas se transfieren a un tanque, para su uso en el cultivo a campo abierto, abriendo una válvula. No es necesario vaciar completamente el lecho de cultivo cuando se continúa con un nuevo cultivo hidropónico. Para tal caso, no se requiere limpieza (Tabla 7).

Tabla 7. Cómo limpiar según el método de trasplante.

Método de Residuos trasplante	Métodos de limpieza y necesidad de limpieza	
Sustrato	Desechos de plantas	Compost
	Suelo de cultivo	Compost
	Papel absorbente	Desechar
	Vaso de plástico	Es necesario lavar
Esponja	Desechos de plantas	Compost
	Esponja	Desechar
	Vaso de plástico	No es necesario lavar

14. QUÉ HACER SI LOS CULTIVOS NO CRECEN BIEN



15. BIBLIOGRAFÍA

- Ohori, T., Fujiyama, H. 2011. Water deficit and abscisic acid production of *Salicornia bigelovii* under salinity stress. *Soil Science and Plant Nutrition* **57**, 566-572. doi: 10.1080/00380768.2011.597036. <https://doi.org/10.1080/00380768.2011.597036>
- Kaburagi, E., Yamada, M., Baba, T., Fujiyama, H., Murillo-Amador, B., Yamada, S. 2020. Aquaponics using saline groundwater: Effect of adding microelements to fish wastewater on the growth of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. spp. cicla), *Agricultural Water Management* **227**: DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105851
- Mercado-Guido, M. C., Tanaka, H., Yokoyama, K., Yamamoto S., Masunaga, T., Tsuji W., Yamada, S. 2019. Selective absorption and transport of K over Na as a salinity tolerance mechanism in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) plants, *Sand Dune Research* **66**, 1-8: https://doi.org/10.34319/jpssdr.66.1_1

- Red Tractor Farm Assurance, 2016. Crop Module: Spinach, Version 3.2, Fresh Produce Standards. (accessed 15 October 2018).
https://assurance.redtractor.org.uk/contentfiles/Farmers-6575.pdf?_=635971947694929508.
- Tanaka, H., Yamada, S., Masunaga, T., Yamamoto, S., Tsuji, W., Murillo-Amador, B. 2018. Comparison of nutrient uptake and antioxidative response among four Labiatae herb species under salt stress condition. *Soil Science and Plant Nutrition* **64**, 589-597.
<https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1492334>
- Yamada, M., Kuroda, C., Fujiyama, H. 2016. Growth promotion by sodium in amaranthaceous plants. *J. Plant Nutr.* **39**, 1186–1193.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1069341>.
- Yamada, S., Yamaguchi T., López-Aguilar, R., D., Larrinaga-Mayoral, J., Á., Fujiyama, H. 2016. Characteristics of Na, K, Ca, Mg and P absorption in kochia plant (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.) under salinity stress. *Sand Dune Research* **63**, 1-8.
<https://www.researchgate.net/publication/308339346>

16. COLABORADORES

Dr. Hideyasu Fujiyama, Universidad de Tottori
M.C. Luis Landa Hernández, CIBNOR
Sr. Itsuo Kuzasa, JICA
Dra. Masako Hishida, Universidad de Tottori
Téc. Pedro Luna García, CIBNOR
Ing. Saúl Edel Briseño Ruíz, CIBNOR
Téc. José Raymundo Ceseña Núñez, CIBNOR
Téc. Adrián Jordán Castro, CIBNOR
Dra. Carmen Mercado Guido, CIBNOR
Lic. Lidia Hilaes Lucero, CIBNOR
Dra. Daulemys Batista Sánchez, CIBNOR
Ing. Iván Hernández Montiel, CIBNOR

17. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos mucho al Sr. José Ángel Rodríguez Casas y Profesor Cristóbal Rodríguez Pérez por ofrecernos el terreno para construir modulo y participar en ensayos de verificación como productor cooperante, por lo que se podía realizar ensayos valiosos que se escriben en este manual. Agradecemos al Sr. Héctor Rubén Castro Manríquez por labor meticoloso e incansable.

Queremos manifestar mucho respeto y mucho agradecimiento al Dr. Ilie Racotta Dimitrov por realizar coordinación total como gerente de proyecto y al

Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral por llevar a cabo ensayos hasta los puntos minuciosos como líder de estudios. Agradecemos al Ing. Mario Benson Rosas del CIBNOR, Unidad Guerrero Negro, por los análisis de muestras para obtención de datos.

Gracias al Ing. Roberto Noguez Hernández de la Universidad Autónoma Chapingo por proporcionar semillas para las pruebas de cultivo.

Agradecemos al Dr. Hideki Tanaka y otros jóvenes investigadores de Laboratorio de Nutrición Vegetal de la Universidad de Tottori por participar en el proyecto a través de sus propios estudios. Agradecemos mucho a los participantes en el proyecto de la parte de JICA, JST, CIBNOR, Universidad de Tokio de Ciencia y Tecnología Marinas.

Muchísimas gracias. ARIGATOU GOZAIMASHITA.



*2-3. Manual Técnico para Cultivo a Cielo Abierto
Usando Agua Residual de Acuponía*

*2-3-1. Manual Técnico para Manejo de Agua y
Suelo en Cultivos a Cielo Abierto*



Dr. Koji Inosako¹⁾

Dr. Enrique Troyo Diéguez²⁾

Dr. Tadaomi Saito¹⁾

Dr. Gregorio Lucero Vega²⁾

¹⁾ Universidad de Tottori

²⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. PLANIFICACIÓN	67
1-1 PREPARACIÓN	67
1-1-1 Evapotranspiración Máxima Diaria	67
1-1-2 Agua Disponible	72
1-1-3 Investigación del Suelo.....	74
1-2 DISEÑO DEL PLAN DE RIEGO	79
1-2-1 Determinación del Consumo Máximo Diario.....	79
1-2-2 Determinación de la Cantidad de Cada Riego	79
1-2-3 Determinación del Intervalo de Riego	80
1-2-4 Determinación del Área de Riego.....	80
1-2-5 Diseño de Instalaciones de Riego	81
2. PRÁCTICA- GUÍA DE CULTIVO A CIELO ABIERTO.....	83
3. MANTENIMIENTO.....	85
3-1 CONTROL DE SALINIDAD	85
3-1-1 Monitoreo de Salinidad Después de Cada Cultivo	85
3-1-2 Eliminación de Sales.....	85
3-2 GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	87
4. BIBLIOGRAFÍA	88
5. COLABORADORES	89
6. AGRADECIMIENTOS	89

Este manual está escrito para la gestión del cultivo en campo del sistema de Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto (ACOC). Consta de tres partes: planificación, práctica y mantenimiento. En particular, la sección de planificación se describe en detalle comparando otras partes, toda vez que será de utilidad para los agricultores en la gestión del cultivo.

1. PLANIFICACIÓN

1-1 PREPARACIÓN

Es importante conocer la evapotranspiración máxima diaria (ET_{max}) y el agua disponible de las tierras agrícolas, con el objetivo de planificar un esquema de riego racional. Los agricultores o planificadores deben recopilar datos meteorológicos y del suelo.

1-1-1 Evapotranspiración Máxima Diaria

Existen dos métodos para la estimación de ET_{max} . Uno es el método de Tanque de evaporación, otro es un método de evapotranspiración de referencia. El primero es más práctico para los agricultores que el segundo, porque no necesita cálculos complejos. El último requiere procedimientos de cálculo para obtener la evapotranspiración de referencia. Sin embargo, esta última también se explica de manera simplificada en este manual, porque el software de la computadora para el cálculo se encuentra disponible en todo el mundo.

(1) Método De Evaporación

En el método de evaporación de Tanque Clase-A, la evapotranspiración potencial (ET_{PAN} , mm/d) se estima como evaporación de la bandeja, E_o (mm/d), multiplicada por la relación de evapotranspiración (K_p). Aunque el K_p depende de la estación o los cultivos, generalmente oscila de 0.8 a 1.2.

$$ET_{PAN} = K_p E_o \quad (1)$$

El evaporímetro de clase Tanque Clase-A (Fotografía 1.) es estándar. Es un tanque abierto relativamente grande con 120 cm de diámetro y 10 cm de profundidad. Su uso es común en numerosos observatorios meteorológicos que observan y registran evaporación. En términos generales, las personas pueden usar los datos de forma gratuita o relativamente económica porque las organizaciones oficiales como el observatorio meteorológico o las estaciones climatológicas ponen en disposición los datos en la región y el país, y frecuentemente en todo el mundo. Los usuarios pueden medir la evaporación de Tanque por sí mismos usando un depósito cilíndrico pequeño (20 cm de diámetro y 10 cm de profundidad), en caso de que no haya observatorios meteorológicos cerca de las tierras de cultivo de interés (Fotografía 2.). Aunque la precisión del método de bandeja pequeña es más baja que el método de Tanque Clase-A, es de suma utilidad contar con una opción para registrar la evaporación local.



Fotografía 1. Evaporímetro de Tanque Clase-A.



Fotografía 2. Evaporímetro de tanque.

Procedimiento del método de tanque pequeño

[Paso 1] Coloque un depósito cilíndrico abierto pequeño tipo cacerola de manera horizontal y vierta agua a una profundidad de 20 mm.

[Paso 2] Mida la profundidad, h (mm), después de 24 horas.

[Paso 3] E_o (mm) se calcula mediante la ecuación (2) .

$$E_o = 20 - h \quad (2)$$

[Paso 4] Regrese la profundidad del agua a 20 mm.

Consideraciones técnicas:

La profundidad del agua de la condición inicial debe mantenerse constante. El cuerpo de agua en el depósito tipo sartén almacena energía de radiación, la ocasiona que se evapore más rápido el agua del sartén. Por lo tanto, cuando se cambia la condición inicial de la profundidad del agua en la bandeja, la tasa de evaporación también cambia. La hora de medición debe ser constante por dicha razón.

Cuando llueve, el valor de E_o se corrige mediante la siguiente ecuación (3) .

$$E_o = 20 - h + R \quad (3)$$

donde, R : precipitación (mm).

【Ejemplo 1】 Estimación de la evapotranspiración potencial por el método de evaporación de Tanque Clase-A.

Mes	Días	Evaporación (mm)		ET_{PAN} Para $K_p = 0.8$
		Mensual total	Diaria total	
Ene.	31	100.7	3.2	2.6
Feb.	28	121.7	4.3	3.5
Mar.	31	166.5	5.4	4.3
Abr.	30	198	6.6	5.3
May	31	224.7	7.2	5.8
Jun.	30	238.1	7.9	6.3
Jul.	31	248.3	8.0	6.4
Ago.	31	215.8	7.0	5.6
Sep.	30	186.3	6.2	5.0
Oct.	31	167.3	5.4	4.3
Nov.	30	121.1	4.0	3.2
Dic.	31	96	3.1	2.5
Total	365	2084.5	5.7	4.6

Evaporación registrada en la ciudad de La Paz, Baja California Sur.

(2) Método de Referencia de Evapotranspiración

Existen numerosos métodos para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_o). El método Penman-Monteith (PM_{FAO}), el método Priestly-Taylor (PT) y el método Hargreaves (HM) son métodos representativos entre ellos. Los usuarios los seleccionan según el tipo de datos disponibles. PM_{FAO} es el más popular, porque la FAO proporciona un software gratuito para estimar ET_o por este método, Cropwat8.0, en el sitio web

(<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>).

1) Método Penman-Monteith

Es un método convencional que la FAO recomienda utilizar para estimar la evapotranspiración, aunque es necesario recabar numerosos datos de referencia disponibles. Entre ellos, la duración de la luz solar, n (h), temperatura máxima diaria del aire, T_{max} ($^{\circ}C$), temperatura mínima diaria del aire, T_{min} ($^{\circ}C$), velocidad media diaria del viento, U (m/s) y humedad relativa media diaria, Rh (%), al menos son necesarios para estimar ET_o .

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (4)$$

Donde:

ET_o : evapotranspiración estándar (mm / d),

R_n : radiación neta (MJ / m²),

G : flujo de calor del suelo (MJ/m²),

T : temperatura media diaria del aire (°C),

u_2 : velocidad media diaria del viento a 2 m de altura (m/s) ,

e_s, e_a : presión de vapor de saturación y presión de vapor real en T°C ,

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor de saturación en T°C (kPa / °C) ,

γ : constante psicrométrica (kPa / °C) .

El procedimiento de cálculo de ET_o es el siguiente:

[Paso 1] Temperatura media diaria del aire

T se calcula por la ecuación (5) utilizando las temperaturas diarias máximas y mínimas del aire.

$$T = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (5)$$

[Paso 2] Presiones de vapor real y a saturación

En virtud de que la temperatura media diaria del aire es T°C, la saturación y las presiones de vapor reales se determinan mediante las ecuaciones (6) y (7).

$$e_s = 0.611 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \quad (6)$$

$$e_a = \frac{Rh}{100} e_s \quad (7)$$

[Paso 3] Radiación neta

La radiación neta (R_n) está determinada por la radiación solar global (R_s), albedo de la superficie del suelo (α), y la radiación efectiva emitida desde la superficie del suelo (R_L).

$$R_n = (1 - \alpha)R_s - R_L \quad (8)$$

R_s y R_L se estiman mediante las ecuaciones (9) y (10).

$$R_s = \left(0.25 + 0.5 \frac{n}{N}\right) R_a \quad (9)$$

$$R_L = \sigma(T + 273.2)^4 (0.34 - 0.044\sqrt{e_a}) \left(0.1 + 0.9 \frac{n}{N}\right) \quad (10)$$

Donde:

N : horas de luz diurna (h), R_a : radiación extraterrestre (MJ / m²) y σ : constante de Stefan-Boltzmann (4.19×10^{-9} MJ/m² K⁴). R_a se determina la ubicación del sol y la tierra. La declinación solar δ (rad), la distancia relativa inversa Tierra-Sol d_r , la latitud de las tierras de cultivo de interés ϕ (rad) y el

ángulo de la hora del ocaso ω_0 (rad), se estiman mediante las siguientes ecuaciones (11), (12) y (13).

$$\delta = 0.409 \cos\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right) \quad (11)$$

$$\omega_0 = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (12)$$

$$d_r = 1.0 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right) \quad (13)$$

Donde:

J : número del día en el año entre 1 (1 de enero) y 365 (31 de diciembre).

R_a se calcula con la ecuación (14) usando los citados valores.

$$R_a = \frac{1.37 \times 10^{-3} \times 86400}{d_r^2} \times \frac{\pi}{\pi} \times (\omega_0 \sin \phi \sin \delta + \sin \omega_0 \cos \phi \cos \delta) \quad (14)$$

N viene dado por la ecuación. (15).

$$N = \frac{2\omega_0}{15} \quad (15)$$

El valor de ET_0 se estima sustituyendo los datos de n , T_{\max} , T_{\min} , U y Rh (%), y los valores estimados por las ecuaciones (5) - (15) en la ecuación (4). Cuando la unidad de tiempo es 'día', se puede suponer G_0 (MJ/m²).

2) Método de priestly-taylor

La ET según PT puede expresarse como una formulación más simple que PM_{FAO} . Sin embargo, la precisión de la estimación es adecuada en climas áridos.

$$ET_{PT} = A \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{l} \quad (16)$$

Donde:

ET_{PT} : evapotranspiración de referencia de PT (mm/d),

A : constante experimental (ordinariamente, 1.26),

l : calor latente de vaporización de agua (2.439 MJ kg⁻¹).

3) Método hargreaves

Cuando existe una limitación de los datos meteorológicos obtenidos, HM es uno de los más efectivos para estimar la evapotranspiración de referencia.

$$ET_H = 0.0023(T + 17.8)(T_{\max} - T_{\min})^{0.5} \frac{R_a}{l} \quad (17)$$

Donde:

ET_H : evapotranspiración de referencia de HM.

Para estimar la evapotranspiración del cultivo, ET_c , se calcula ET_{\max} que se multiplica por el coeficiente de cultivo, K_c .

$$ET_c = K_c ET_{\max} \quad (18)$$

K_c no es un valor constante simple porque depende de la etapa de crecimiento del cultivo y la velocidad del viento. Sin embargo, podemos adoptar el número máximo para el plan de riego. La Tabla 1 muestra ejemplos de los coeficientes máximos de cultivo, los cuales se citan de la literatura disponible (Allen et al., 1998). Cuando se necesite más información, es necesario consultar la literatura técnica y científica.

Tabla 1. Ejemplos de coeficientes de cultivo.

Cultivo	$K_{c \text{ max}}$	Cultivo	$K_{c \text{ max}}$
Apio	1.0	Betabel	1.05
Lechuga	1.0	Camote	1.10
Rábano	0.90	Frijol yorimón	1.05
Pimiento morrón	1.05	Aguacate	0.85
Tomate	1.15	Chile verde (Capsicum*)	1.15

* Ver Shukla et al. (2016)

1-1-2 Agua Disponible

Una curva de retención de humedad del suelo (SMRC) es esencial para diseñar el plan de riego como información del suelo de la granja objetivo. Al comparar los datos meteorológicos, debemos reconocer que existen escasos datos de SMRC disponibles para el público. En consecuencia, obtener los datos es una tarea ardua y difícil, por lo cual, los usuarios generalmente solicitan la medición o los datos relacionados al instituto de investigación más cercano o a la agencia gubernamental encargada para ello. Además, la medición de SMRC requiere la dedicación de mucho tiempo. Por lo tanto, los usuarios deben solicitar al instituto que mida solamente contenidos de agua necesarios para diseñar el plan de riego. Los datos de los parámetros o constantes del suelo que se requieren son la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente. La capacidad de campo significa el contenido volumétrico de agua del suelo correspondiente a pF 1.5 a 2.0, y se define como la condición de humedad del suelo cuando termina el drenaje gravitacional de la zona de la raíz. El punto de marchitamiento permanente significa el contenido volumétrico de agua del suelo correspondiente a pF 4.0 a 4.2, y se define como la condición de humedad del suelo cuando el cultivo se marchita sin posibilidad de recuperación. Cuando el suelo se seca y alcanza el punto de marchitamiento permanente, los cultivos pueden colapsar y morir. La cantidad total disponible de agua de suelo se define mediante el uso de dichos valores de contenido de agua; se conoce como agua disponible (AW) y es el valor básico para determinar la cantidad de agua de riego.

$$AW = \theta_{fc} - \theta_{wp} \quad (19)$$

Donde:

θ_{fc} : capacidad de campo,

θ_{wp} : punto de marchitamiento permanente (PMP).

Para un control adecuado del agua de riego, se aplica el concepto de agua fácilmente disponible (*RAW*) para el manejo del agua de la zona de la raíz sin estrés hídrico en lugar de *AW*.

$$RAW = \theta_{fc} - \theta_{st} \quad (20)$$

Donde:

θ_{st} : contenido de agua cuando se produce estrés hídrico en un cultivo, correspondiente a pF 3, al cual se le denomina "punto de estrés hídrico" en este manual.

【Ejemplo 2】 Cálculo del agua disponible

Condiciones: textura del suelo = franco arenoso

Capacidad de campo $\theta_{fc} = 0.210$ correspondiente a pF2.0

Punto de marchitamiento permanente $\theta_{wp} = 0.0594$ correspondiente a pF4.2

Punto de estrés hídrico $\theta_{st} = 0.100$ correspondiente a pF3.0

Agua disponible $AW = 0.210 - 0.0594 = 0.1506$

Agua fácilmente disponible $RAW = 0.210 - 0.100 = 0.110$

Ver la Figura 1.

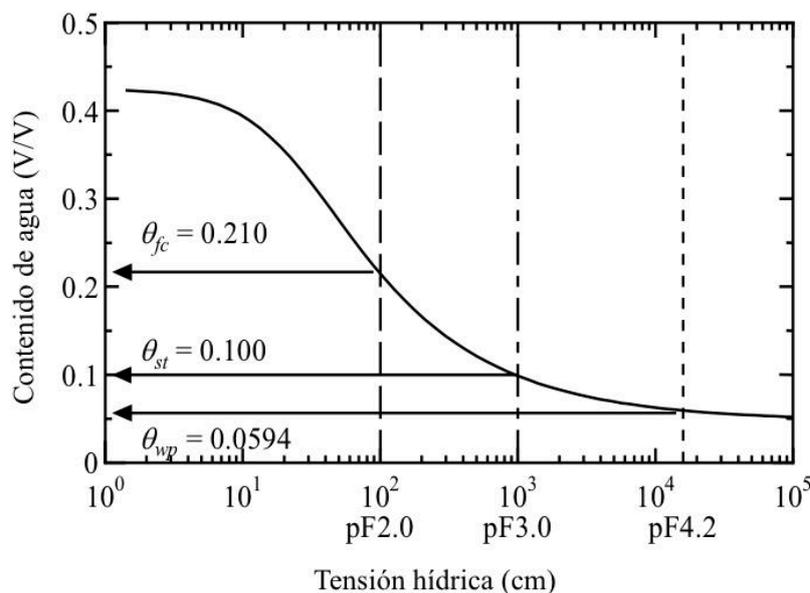


Figura 1. Curva de retención de agua del suelo y contenido de agua del suelo (capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente).

1-1-3 Investigación del Suelo

(1) Salinidad del Suelo

Los usuarios deben prestar atención para que no ocurra una acumulación de sal riesgosa para el cultivo abierto bajo el clima árido. La medición de la salinidad del suelo debe realizarse antes y después del cultivo.

1) Muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo de cada campo se muestra en la Figura 2. Las cantidades de muestreo de suelo en un punto es de aproximadamente 100 g. Cada muestra debe mantenerse en una bolsa cerrada. El muestreo del suelo se realiza a 2 profundidades en la zona de la raíz en cada punto. Es deseable recolectar en todas las parcelas de riego, pero si la mano de obra es difícil, se puede seleccionar e inspeccionar una parcela de riego representativa en la granja de interés.

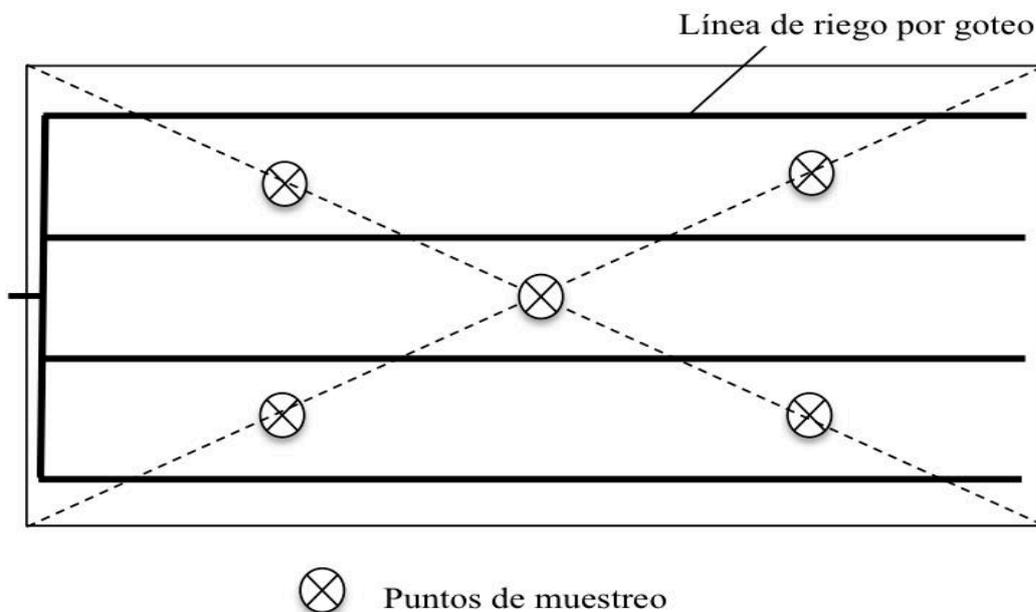


Figura 2. Puntos de muestreo de suelo en cada parcela de riego.

2) Secado del Suelo

El suelo muestreado deberá secarse de manera homogénea en una habitación bien ventilada. El suelo secado al aire se tritura y se pasa a través de un tamiz de 2 mm. El suelo secado al aire se colectó en 5 puntos (Figura 2); es importante mezclarlo adecuadamente y se analiza como muestra de suelo representativo de la parcela.

3) Medición de la salinidad del suelo.

Una amplia gama de sales pueden disolverse en el agua del suelo. Existe una relación estrecha entre la concentración de sólidos disueltos (TDS) y la conductividad eléctrica del agua del suelo (CE). Por lo tanto, la salinidad del suelo generalmente se evalúa utilizando el método de la CE medido con un sensor de conductividad eléctrica (Fotografía 3).

Para medir la CE del agua del suelo, se elabora una pasta de suelo o agua suspendida agregando agua al suelo secado al aire. Según la cantidad de agua añadida, hay algunos métodos de medición, incluyendo el método de extracción saturada, método de extracción 1 : 2, método de extracción 1 : 2.5 y método de extracción 1 : 5. El método de extracción 1 : 2 es el que se explica en este manual.

En el método de extracción 1 : 2, la cantidad de agua destilada añadida es dos veces el peso del suelo.

[Procedimiento de medición del agua del suelo CE]
[Paso 1] Determinar el contenido de agua (kg / kg) de la muestra de suelo

- i) Medir el peso de una pequeña cantidad de suelo (alrededor de 5 g); M_1 (g)
- ii) Secarlo al horno a 105 °C durante 24 horas.
- iii) Enfriar a temperatura ambiente y medir el peso; M_2 (g)
- iv) El contenido de agua, ω (kg / kg) se calcula con la ecuación (21)

$$\omega = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \quad (21)$$

[Paso 2] Recolectar alrededor de 100 g de la muestra de suelo de interés secado al aire

[Paso 3] Medir el peso; M_3 (g)

[Paso 4] Determinar la cantidad de agua agregada

Cuando quede muy poca cantidad de agua en el suelo secado al aire y al tomar en cuenta el agua restante, la cantidad de agua añadida (M_w) se determina por la ecuación (22).

$$M_w = a \frac{1}{1 + \omega} M_3 \quad (22)$$

Donde:

$a = 2$ en el método de extracción 1 : 2.

[Paso 5] Obtener agua en suspensión.

Vertir agua destilada en tierra secada al aire y mezcle bien.



Fotografía 3.
Medidor de conductividad eléctrica.

[Paso 6] Medición de la CE

Insertar la sonda del medidor de CE en el agua suspendida y medir la CE (Fotografía 4). Agitar el agua suspendida con la sonda lentamente y no detenerla durante la medición. Un sensor convencional también mide simultáneamente la temperatura del agua. Registrar la CE y la temperatura del agua.



4) Selección del Cultivo.

El usuario puede seleccionar especies agrícolas que se cultivaron en campo abierto del sistema ACOC. Sin embargo, deben considerar las relaciones entre la CE del suelo y la tolerancia a la sal de los cultivos; consultar la figura de Maas (Figura 3). El eje x de esta figura es la CE del agua del suelo en el método de extracción saturada. Por lo tanto, los resultados obtenidos por el método de extracción 1 : 2 no se pueden aplicar directamente en esta figura. Aunque no es preciso, puede ser posible considerar si el cultivo de interés se puede cultivar utilizando el diagrama de Maas, suponiendo el resultado de la medición del método de extracción 1 : 2 equivale a dos veces la primera aproximación de la CE en la extracción saturada método.

Fotografía 4. Medición de Conductividad eléctrica (CE) de suelo suspendido en agua.

La FAO resumió la categoría de cultivos principales en el diagrama de Maas (Ayers y Westcot, 1985); ver la Tabla 2.

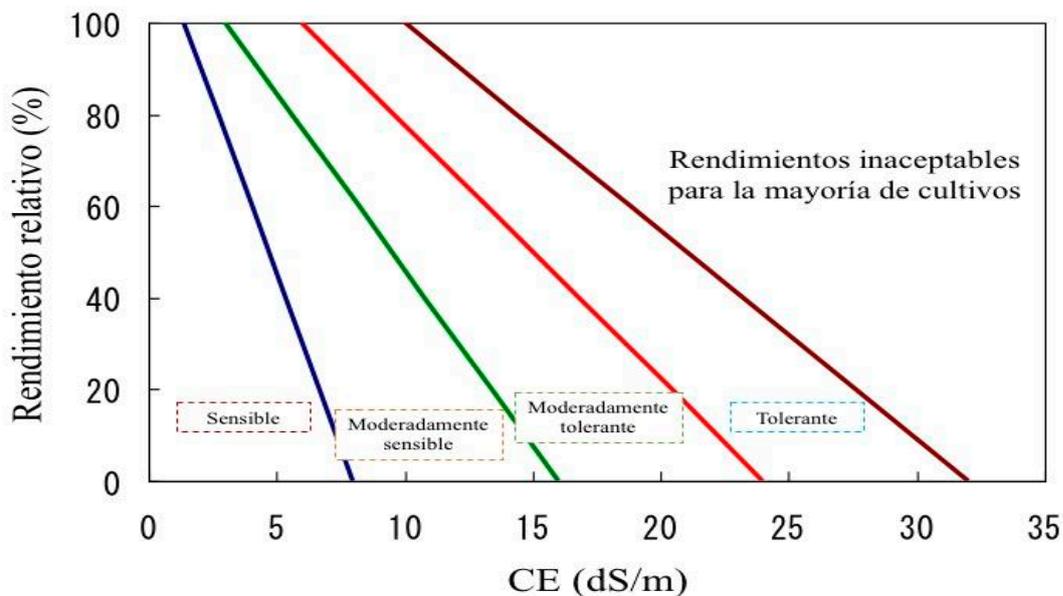


Figura 3. Relaciones entre la tolerancia a la sal de los cultivos y la CE del agua del suelo (Maas 1984).

Tabla 2. Tolerancia relativa a la sal de los cultivos agrícolas (Ayers y Westcot, 1985).

TOLERANT		MODERATELY TOLERANT (cont.)	
<u>Fibre, Seed and Sugar Crops</u>		<u>Grasses and Forage Crops</u>	
Barley	<i>Hordeum vulgare</i>	Ryegrass, Italian	<i>Lolium italicum multiflorum</i>
Cotton	<i>Gossypium hirsutum</i>	Ryegrass, perennial	<i>Lolium perenne</i>
Jajoba	<i>Simmondsia chinensis</i>	Sudan grass	<i>Sorghum sudanense</i>
Sugarbeet	<i>Beta vulgaris</i>	Trefoil, narrowleaf birdsfoot	<i>Lotus corniculatus tenuifolium</i>
<u>Grasses and Forage Crops</u>		Trefoil, broadleaf	<i>L. corniculatus arvensis</i>
Alkali grass	<i>Puccinellia airoides</i>	Wheat (forage)	<i>Triticum aestivum</i>
Alkali sacaton	<i>Sporobolus airoides</i>	Wheatgrass, standard crested	<i>Agropyron sibiricum</i>
Bermuda grass	<i>Cynodon dactylon</i>	Wheatgrass, intermediate	<i>Agropyron intermedium</i>
Kallar grass	<i>Diplachne fusca</i>	Wheatgrass, slender	<i>Agropyron trachycaulum</i>
Saltgrass, desert	<i>Distichlis stricta</i>	Wheatgrass, western	<i>Agropyron smithii</i>
Wheatgrass, fairway crested	<i>Agropyron cristatum</i>	Wildrye, beardless	<i>Elymus triticoides</i>
Wheatgrass, tall	<i>Agropyron elongatum</i>	Wildrye, Canadian	<i>Elymus canadensis</i>
Wildrye, Altai	<i>Elymus angustus</i>	<u>Vegetable Crops</u>	
Wildrye, Russian	<i>Elymus junceus</i>	Artichoke	<i>Helianthus tuberosus</i>
<u>Vegetable Crops</u>		Beet, red	<i>Beta vulgaris</i>
Asparagus	<i>Asparagus officinalis</i>	Squash, zucchini	<i>Cucurbita pepo melopepo</i>
<u>Fruit and Nut Crops</u>		<u>Fruit and Nut Crops</u>	
Date palm	<i>Phoenix dactylifera</i>	Fig	<i>Ficus carica</i>
MODERATELY TOLERANT		Jujube	<i>Ziziphus jujuba</i>
<u>Fibre, Seed and Sugar Crops</u>		Olive	<i>Olea europaea</i>
Cowpea	<i>Vigna unguiculata</i>	Papaya	<i>Carica papaya</i>
Oats	<i>Avena sativa</i>	Pineapple	<i>Ananas comosus</i>
Rye	<i>Secale cereale</i>	Pomegranate	<i>Punica granatum</i>
Safflower	<i>Carthamus tinctorius</i>	MODERATELY SENSITIVE	
Sorghum	<i>Sorghum bicolor</i>	<u>Fibre, Seed and Sugar Crops</u>	
Soybean	<i>Glycine max</i>	Broadbean	<i>Vicia faba</i>
Triticale	<i>X Triticosecale</i>	Castorbean	<i>Ricinus communis</i>
Wheat	<i>Triticum aestivum</i>	Maize	<i>Zea mays</i>
Wheat, Durum	<i>Triticum turgidum</i>	Flax	<i>Linum usitatissimum</i>
<u>Grasses and Forage Crops</u>		Miller, foxtail	<i>Setaria italica</i>
Barley (forage)	<i>Hordeum vulgare</i>	Groundnut/peanut	<i>Arachis hypogaea</i>
Brome, montana	<i>Bromus marginatus</i>	Rice, paddy	<i>Oryza sativa</i>
Canary grass, reed	<i>Phalaris, arundinacea</i>	Sugarcane	<i>Saccharum officinarum</i>
Clover, Hubam	<i>Melilotus alba</i>	Sunflower	<i>Helianthus annuus palustris</i>
Clover, sweet	<i>Melilotus</i>	<u>Grasses and Forage Crops</u>	
Fescue, meadow	<i>Festuca pratensis</i>	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Fescue, tall	<i>Festuca elatior</i>	Bentgrass	<i>Agrostis stolonifera palustris</i>
Harding grass	<i>Phalaris tuberosa</i>	Bluestem, Angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>
Panic grass, blue	<i>Panicum antidotale</i>	Brome, smooth	<i>Bromus inermis</i>
Rape	<i>Brassica napus</i>	Bullegrass	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Rescue grass	<i>Bromus unioloides</i>	Burnet	<i>Poterium sanguisorba</i>
Rhodes grass	<i>Chloris gayana</i>	Clover, alsike	<i>Trifolium hybridum</i>

MODERATELY SENSITIVE (cont.)		MODERATELY SENSITIVE (cont.)	
<u>Grasses and Forage Crops</u>		<u>Fruit and Nut Crops</u>	
Clover, Berseem	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Grape	<i>Vitis sp.</i>
Clover, ladino	<i>Trifolium repens</i>		
Clover, red	<i>Trifolium pratense</i>	SENSITIVE	
Clover, strawberry	<i>Trifolium fragiferum</i>		
Clover, white Dutch	<i>Trifolium repens</i>	<u>Fibre, Seed and Sugar Crops</u>	
Corn (forage) (maize)	<i>Zea mays</i>	Bean	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Cowpea (forage)	<i>Vigna unguiculata</i>	Guayule	<i>Parthenium argentatum</i>
Dallis grass	<i>Paspalum dilatatum</i>	Sesame	<i>Senamun indicum</i>
Foxtail, meadow	<i>Alopecurus pratensis</i>		
Gramma, blue	<i>Bouteloua gracilis</i>		
Lovegrass	<i>Eragrostis sp.</i>	<u>Vegetable Crops</u>	
Milkveteh, Cicer	<i>Astragalus cicer</i>	Bean	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Oatgrass, tall	<i>Arrhenatherum, Danthonia</i>	Carrot	<i>Daucus carota</i>
Oats (forage)	<i>Avena sativa</i>	Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>
Orchard grass	<i>Dactylis glomerata</i>	Onion	<i>Allium cepa</i>
Rye (forage)	<i>Secale cereale</i>	Parsnip	<i>Pastinaca sativa</i>
Sesbania	<i>Sesbania exaltata</i>		
Siratro	<i>Macropitium atropurpureum</i>	<u>Fruit and Nut Crops</u>	
Sphaerophysa	<i>Sphaerophysa salzula</i>	Almond	<i>Prunus dulcis</i>
Timothy	<i>Phleum pratense</i>	Apple	<i>Malus sylvestris</i>
Vetch, common	<i>Vicia angustifolia</i>	Apricot	<i>Prunus armeniaca</i>
		Avocado	<i>Persea americana</i>
<u>Vegetable Crops</u>		Blackberry	<i>Rubus sp.</i>
Broccoli	<i>Brassica oleracea botrytis</i>	Boysenberry	<i>Rubus ursinus</i>
Brussel sprouts	<i>B. oleracea gemmifera</i>	Cherimoya	<i>Annona cherimola</i>
Cabbage	<i>B. oleracea capitata</i>	Cherry, sweet	<i>Prunus avium</i>
Cauliflower	<i>B. oleracea botrytis</i>	Cherry, sand	<i>Prunus besseyi</i>
Celery	<i>Apium graveolens</i>	Currant	<i>Ribes sp.</i>
Corn, sweet	<i>Zea mays</i>	Gooseberry	<i>Ribes sp.</i>
Cucumber	<i>Cucumis sativus</i>	Grapefruit	<i>Citrus paradisi</i>
Eggplant	<i>Solanum melongena esculentum</i>	Lemon	<i>Citrus limon</i>
Kale	<i>Brassica oleracea acephala</i>	Lime	<i>Citrus aurantifolia</i>
Kohlrabi	<i>B. oleracea gongylode</i>	Loquat	<i>Eriobotrya japonica</i>
Lettuce	<i>Lactuca sativa</i>	Mango	<i>Mangifera indica</i>
Muskmelon	<i>Cucumis melon</i>	Orange	<i>Citrus sinensis</i>
Pepper	<i>Capicum annuum</i>	Passion fruit	<i>Passiflora edulis</i>
Potato	<i>Solanum tuberosum</i>	Peach	<i>Prunus persica</i>
Pumpkin	<i>Cucurbita pepo pepo</i>	Pear	<i>Pyrus communis</i>
Radish	<i>Raphanus sativus</i>	Persimmon	<i>Diospyros virginiana</i>
Spinach	<i>Spinacia oleracea</i>	Plum: Prune	<i>Prunus domestica</i>
Squash, scallop	<i>C. pepo melopepo</i>	Pummelo	<i>Citrus maxima</i>
Sweet potato	<i>Ipomoea batatas</i>	Raspberry	<i>Rubus idaeus</i>
Tomato	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	Rose apple	<i>Syzygium jambos</i>
Turnip	<i>Brassica rapa</i>	Sapote, white	<i>Casimiroa edulis</i>
Watermelon	<i>Citrullus lanatus</i>	Strawberry	<i>Fragaria sp.</i>
		Tangerine	<i>Citrus reticulata</i>

(2) pH del Suelo

El pH del suelo es un factor de suma importancia para la producción de cultivos, al igual que la CE del suelo. Cuando el pH del suelo de la tierra programada para cultivo se encuentra fuera del valor adecuado, necesitamos mejorar el pH del suelo usando CaSO_4 o $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

La medición del pH del suelo es casi la misma que la CE del suelo, excepto que se usa un medidor de pH (Fotografía 5). Después de medir la CE del suelo, se puede utilizar la misma agua de la suspensión o mezcla utilizada para medir el pH del suelo.

1-2 DISEÑO DEL PLAN DE RIEGO

1-2-1 Determinación del Consumo Máximo Diario

El uso de consumo (CU), o uso consumptivo, significa la cantidad de agotamiento del agua del suelo en una zona de raíz y se expresa con la ecuación (23).

$$CU = ET - C_w \quad (23)$$

Donde:

C_w : agua capilar elevada de la capa de suelo más baja que la zona de raíz. Aunque C_w debe considerarse en un plan de riego bajo el clima monzónico, se puede suponer $C_w = 0$ para el clima árido.

Por lo anterior, se puede considerar $CU = ET$. En consecuencia, el uso consuntivo máximo diario, CU_{max} , se calcula mediante la ecuación (24).

$$CU_{max} = ET_C \quad (24)$$

1-2-2 Determinación de la Cantidad de Cada Riego

Se cuenta con dos métodos para determinar la cantidad de cada riego. En el primero se asume que el agua del suelo de una zona de raíz se consume de manera uniforme en toda la zona, en el otro método se supone que el CU es diferente en cada capa de suelo a la profundidad de la raíz. La diferencia de CU en cada capa de suelo se llama patrón de extracción de humedad del suelo (SMEP). El primer método se explica en este manual.

Si el riego se realiza cuando el agua del suelo de la zona de la raíz alcanza el punto de marchitamiento, la cantidad de cada riego (i) se determina con la siguiente ecuación (25)

$$i = AW \times D = (\theta_{fc} - \theta_{wp})D \quad (25)$$



Fotografía 5.
Medidor de pH y medición del pH del suelo.

Donde:

D : el grosor de la zona de la raíz (mm).

Si el manejo del agua de la zona de la raíz se realiza sin condiciones de estrés hídrico, el riego se realiza en el momento en que el contenido de agua de la zona de la raíz alcanza el punto de estrés hídrico. En este caso, la cantidad de cada riego se calcula mediante la siguiente ecuación (26).

$$i_s = RAW \times D = (\theta_{fc} - \theta_{st})D \quad (26)$$

【Ejemplo 3】 Bajo la condición del ejemplo 2, el grosor de la zona de la raíz es de 200 mm.

$$i = 0.1506 \times 200 = 30.12 \text{ (mm)}, i_s = 0.110 \times 200 = 22.0 \text{ (mm)}$$

1-2-3 Determinación del Intervalo de Riego

Los intervalos de riego (n_i y n_s) se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$n_i = \frac{i}{CU} \quad (27)$$

$$n_s = \frac{i_s}{CU} \quad (28)$$

【Ejemplo 4】 $ET_C = 6.4$ (mm) del ejemplo 1, y $CU_{\max} = 6.4$ (mm) del ejemplo 3

$$n_i = \frac{30.1}{6.4} = 4.7$$

$$n_s = \frac{22}{6.4} = 3.4$$

El intervalo de riego es de 4 días en el caso de que se consuma toda el agua disponible durante el intervalo y de 3 días en el caso de que la zona a la profundidad de la raíz se controle sin estrés hídrico.

1-2-4 Determinación del Área de Riego

En la planificación convencional del riego en campo, se estima la cantidad de agua requerida y se diseñan las instalaciones de riego, de acuerdo con el área de campo que se planea regar. Sin embargo, debemos seguir el procedimiento inverso para el sistema ACOC, porque la cantidad de recursos hídricos es una limitante en este sistema. Además, es necesario tener en cuenta que hay un intervalo de tiempo cuando el efluente de la zona hidropónica se suministra al tanque de riego para el campo abierto.

Cuando se realiza la gestión del agua en el campo sin estrés hídrico para los cultivos, el área de riego disponible A_{irr} (m^2) se determina mediante la siguiente ecuación, según la cantidad de cada riego

$$A_{irr} = \frac{V}{i_s \times \frac{m}{n_s} \times 10^{-3}} \quad (29)$$

Donde:

V (m^3): cantidad de agua de riego que permite ser suministrada desde la zona hidropónica,

m (d): intervalo de tiempo cuando el agua se suministra al tanque,

i_s (mm): la cantidad de cada riego cuando el estrés hídrico en La cosecha no ocurre.

【Ejemplo 5】 Cuando el agua de riego de $5 m^3$ se prepara cada semana bajo la condición de 22.0 (mm) y n_s de 3 (d), A_{irr} se determina aplicando la siguiente expresión;

$$A_{irr} = \frac{V}{i_s \times \frac{m}{n_s} \times 10^{-3}} = \frac{5}{22 \times \frac{7}{3} \times 10^{-3}} = 97.4 \quad (m^2).$$

1-2-5 Diseño de Instalaciones de Riego

(1) Número de Tubos de Goteo

Un tubo de goteo tiene pequeños orificios llamados emisores a través de los cuales se emiten gotas de agua al suelo (Figura 4). Una manguera de riego por goteo forma áreas húmedas circulares o con bandas de acuerdo con la velocidad de riego y la distancia entre los emisores. El tipo de fuente puntual de las mangueras de goteo forma zonas húmedas circulares. El sistema de riego en línea forma zonas húmedas con bandas. El área húmeda circular cambia a forma de banda, cuando el tiempo de riego es suficientemente prolongado y la tasa de riego es suficientemente grande. Por lo anterior, aquí explicamos el tipo de línea de riego por goteo.

Se determina el número de mangueras de goteo m_D a instalar en el campo por la siguiente ecuación (30), considerando variación de la longitud L_f de surco y ancho W_f de surco.

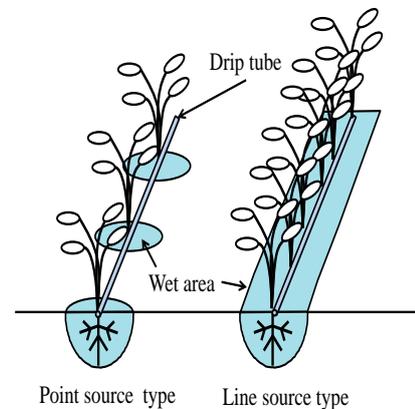


Figura 4.
Tipos de área húmeda formados con el riego por goteo.
(Inosako, 2014)

$$m_D = \frac{L}{L_f} = \frac{A_{irr}}{L_{wet} \times L_f} \quad (30)$$

Donde:

L_{wet} (m): es el ancho del área húmeda formada por un tubo de goteo,

L (m): la longitud total de los tubos de goteo, definida por $L = A_{irr} / L_{wet}$.

La Figura 5 muestra un ejemplo para la ubicación de las instalaciones de riego por goteo. Sin embargo, debe considerarse previamente la realización de varios trabajos agrícolas, por ejemplo, sembrar o plantar, rociar plaguicidas, cosechar, etc., para determinar con mayor precisión la distancia de las mangueras de riego por goteo, así como la cantidad de micro-mangueras (tipo spaghetti) y conectores.

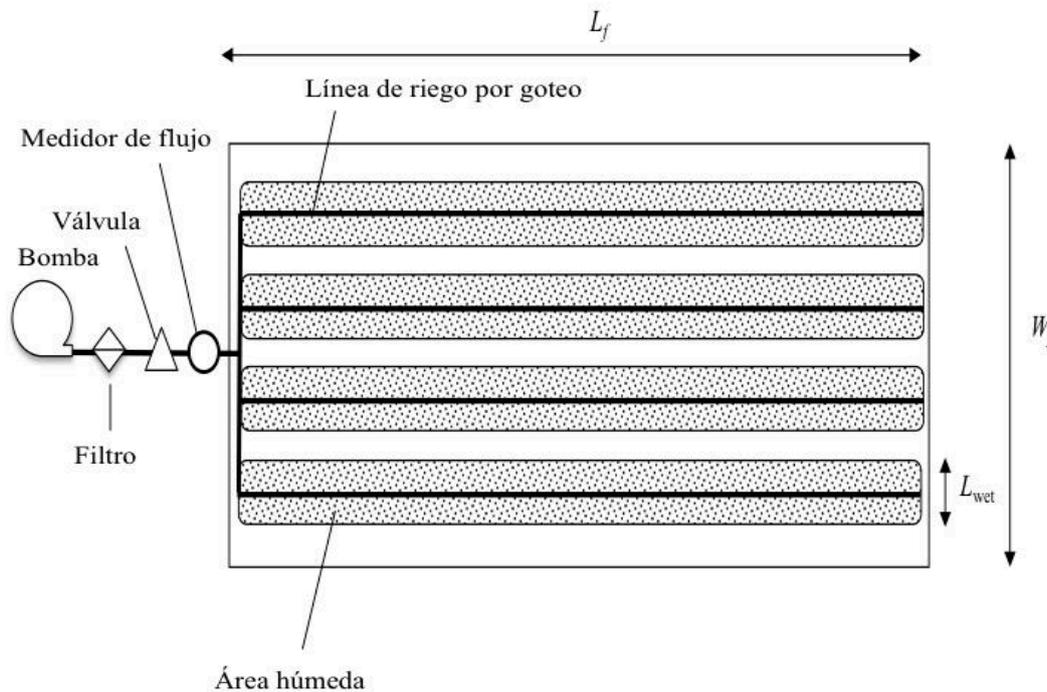


Figura 5. Ejemplo de ubicación de instalaciones de riego.

【Ejemplo 6】 Cuando L_{wet} es 0.4, L_f es 25 m bajo la condición del ejemplo 5,

$$m_D = \frac{A_{irr}}{L_{wet} \times L_f} = \frac{97.4}{0.4 \times 25} = 9.74 \quad .$$

De acuerdo a lo anterior, se pueden colocar 9 líneas de mangueras de goteo en este campo de riego.

(2) Instalaciones de Riego

La figura 5 muestra un ejemplo de la ubicación de las instalaciones de riego del campo abierto en el sistema ACOC. Como una bomba transporta el agua de riego mediante una manguera de goteo desde un tanque de almacenamiento a un campo abierto, es esencial establecer un filtro para

proteger la obstrucción del tubo. Se instala una válvula en el lado aguas abajo del filtro y se cierra para detener el riego si es necesario.

Se puede usar una válvula electromagnética, la cual puede controlar automáticamente el sistema de riego. Si la presión de la bomba que se usa es demasiado grande, se debe instalar un regulador de presión en la línea de riego. El medidor de flujo es esencial para controlar la cantidad de agua de riego y mantener la condición del agua del suelo adecuadamente.

2. PRÁCTICA- GUÍA DE CULTIVO A CIELO ABIERTO

El procedimiento básico para el cultivo abierto es el siguiente:

[Paso 1] Labrar el suelo y trazar surcos con crestas adecuadas para la horticultura.

[Paso 2] Localizar el sistema de riego

Colocar el sistema de riego en el campo siguiendo el plan de riego.

[Paso 3] Prueba de funcionamiento del sistema de riego y determinación del tiempo de riego

Verificar posibles fugas de la línea de riego y la obstrucción de los emisores en la prueba de funcionamiento. Además, determinar el tiempo de riego adecuado para suministrar la cantidad de agua diseñada al campo.

[Paso 4] Siembra o plantación

[Paso 5] Gestión del riego

Según la secuencia antes mencionada, los intervalos de riego, se determinan en días, con la finalidad de establecer el plan de riego. Sin embargo, se pueden aumentar los días de riego (la frecuencia de riego) en lugar de disminuir la cantidad de cada agua de riego. Lo anterior constituye un riego de alta frecuencia con pequeñas cantidades de agua. En un riego por goteo, el aumento de la cantidad de cada riego, en ocasiones causa exceso de humedad en el suelo debajo de los emisores. Como resultado, puede aumentar el agua de riego que se infiltra por debajo de la zona de la raíz. El riego de alta frecuencia con pequeñas cantidades de agua puede evitar esta situación, por lo que es adecuado para un riego que ahorre agua.

Un gerente del campo debe registrar la siguiente información:

- i) La fecha de riego,
- ii) El tiempo de inicio del riego,
- iii) El tiempo en que termina el riego,
- iv) El valor del medidor de flujo en el momento de inicio,
- v) El valor del medidor de flujo en el momento final. Además, es necesario calcular la duración y las cantidades de cada riego en la hoja de datos (consulte la Tabla 3). Tomar imágenes de los medidores de flujo es una medida efectiva para prevenir la lectura errónea de los valores de los medidores de flujo.

3. MANTENIMIENTO

3-1 CONTROL DE SALINIDAD

3-1-1 Monitoreo de Salinidad Después de Cada Cultivo

Siempre se debe prestar atención a la acumulación de sal en cultivos abiertos en regiones áridas / semiáridas. La imagen 6 fue tomada de la superficie del suelo cerca de un emisor en manguera de riego por goteo en campo abierto en el desierto de Takramakan. Una corteza de sal circular aparece claramente en la superficie del suelo y se asocia con un rastro de área húmeda generada por el riego por goteo. Aunque la acumulación de sal como aparece en la figura (Fotografía 6) no aparece durante el período de riego, las sales a menudo se concentran en la superficie del suelo y se acumulan en el borde del área húmeda.

Los contenidos de sales en fertilizantes y varias sales adicionales se disuelven en el agua de riego preparada en el sistema ACOC. Por lo tanto, es importante medir la salinidad del suelo después de la cosecha. El muestreo de suelo en ese caso no necesita realizarse en todo el campo (ver Figura 2). Como se aprecia en la Figura 6, el muestreo del suelo se lleva a cabo en 4 puntos. Las medidas de salinidad se siguen el procedimiento explicado en la Sección 1-1-3.

3-1-2 Eliminación de Sales

El umbral de CE del suelo a la profundidad de la zona radicular debe determinarse para controlar la condición de salinidad del suelo.

Si la medición de la CE del suelo después del cultivo supera el umbral, los administradores de campo deben eliminar las sales de la zona de raíces. El rendimiento relativo del cultivo que se asocia a la tolerancia a la sal de los cultivos en la figura 3 se puede adoptar como uno de los umbrales de referencia. Por ejemplo, cuando la CE del suelo alcanza la CE del rendimiento relativo del 90%, los administradores de campo deben tomar medidas para eliminar las sales de sus campos. Ejemplos se muestran en el sitio web de la FAO, <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E03.htm> o en la literatura (Ayers y Westcot, 1985).



Fotografía 6.

Acumulación de sal cerca en un emisor de un tubo de goteo en el desierto de Taklamakan (Saito T., 2006, 5 de marzo). (Inosako, 2014)

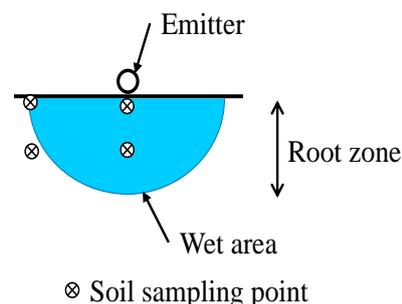


Figura 6.

Punto de muestreo de suelo después de un período de cultivo.

La lixiviación es un método convencional para eliminar la sal de las tierras agrícolas. Las cantidades de agua para lixiviación se pueden estimar con las ecuaciones (31) y (32) utilizando "Requerimiento de lixiviación, LR ".

$$I_t = CU_t + W_L = \frac{CU_t}{1 - LR} \quad (31)$$

Donde:

I_t : Cantidad bruta de agua de riego (mm)

CU_t es el consumo total de agua para un período de cultivo.

W_L : Cantidad de agua para lixiviación (mm)

LR se define utilizando CE del agua de riego, EC_{iw} , y CE del agua de drenaje, EC_{de} .

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{de}} \quad (32)$$

Rhoades (1974) propuso un método de estimación simple de LR usando el CE promedio de una zona radicular con un nivel razonable de disminución del rendimiento del 10%.

$$LR = \frac{\sigma_w}{5\sigma_{e90} - \sigma_w} \quad (33)$$

Donde:

σ_{e90} (dS / m): CE con un rendimiento relativo del 90%,

σ_w (dS / m): CE del agua de riego.

【Ejemplo 7】

Estimación de la cantidad de agua de riego considerando la cantidad de agua de lixiviación

Condiciones: Para el cultivo es caupí (frijol yorimón), la CE del agua de riego puede ser de 4dS / m, El rendimiento relativo del 90% de caupí es 5.7 dS / m según el sitio web de la FAO. LR puede calcularse por la ecuación. (33)

$$LR = \frac{4}{5 \times 5.7 - 4} = 0.163$$

Cuando se asume que CU_t es de 600 mm,

$$I_t = \frac{600}{1 - 0.163} = 716.8 \quad (\text{mm}).$$

Cuando se asume A_{irr} : 97.4m², como en el ejemplo 5, entonces I_t se estima según los cálculos siguientes:

$$I_t = 97.4 \times 0.7168 = 69.8 \quad (\text{m}^3).$$

El valor para A_{irr} se puede determinar bajo la condición de que las cantidades de agua de riego se preparen 5 m³ por semana. La cantidad total de agua de riego suministrada durante 90 días es $5 \times 90/7=64.3(\text{m}^3)$. Entonces se detecta una falta de 5.5 m³ para las cantidades totales de riego requeridas. Es necesario asegurar la escasez por separado para la agricultura sostenible en el sistema ACOC.

3-2 GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Cuando el nivel del agua subterránea es inferior a 2 m en la región árida, el agua del suelo se mueve desde la superficie del agua subterránea a la zona de la raíz mediante elevación capilar. El aumento capilar tiene efectos positivos en el riego que ahorra agua. Sin embargo, cuando la concentración de sal del agua subterránea es alta, el riesgo de acumulación de sal aumenta, ya que muchas sales se transportan desde el agua subterránea a la zona de la raíz con agua del suelo.

La instalación de un sistema de drenaje subterráneo es un enfoque efectivo para disminuir el nivel de agua subterránea en tierras de cultivo. Sin embargo, la existencia de canales de drenaje profundos es absolutamente necesaria para que un sistema de drenaje insuficiente muestre el efecto. En campos con topografía inadecuada donde no se pueden instalar sistemas de drenaje subterráneo, es útil suprimir el aumento capilar colocando una capa con materiales gruesos debajo de la zona de la raíz. El fenómeno por el cual la capa gruesa retarda el movimiento del agua del suelo se denomina barrera capilar, por lo cual este método precisamente se denomina método de barrera capilar.

【Ejemplo 8】 En un campo donde la capa de suelo franco arenoso de 50 cm de espesor se colocó sobre una capa de suelo de arcilla ligera, se realizaron experimentos de cultivo en la zona “CB” con una capa de grava de 10 cm de espesor y la zona de control sin capa de grava (Figura 7). Aunque el nivel del agua subterránea normalmente estaba a más de 1 m de profundidad desde la superficie del suelo, alcanzó los 50 cm de profundidad desde la superficie del suelo en el caso más superficial.

El cultivo fue pimienta y la zona de raíz alcanza 20 cm de profundidad. Se instalaron dos tratamientos de riego en cada zona. El volumen de agua disponible de 30% se regó a la parcela húmeda cuando los cultivos consumieron las mismas cantidades de agua del suelo. Cuando la condición del agua del suelo a una profundidad de 15 cm alcanzó $pF=3.0$, el agua disponible de 30% se regó en la parcela seca.

Las cantidades totales de aguas de riego para la parcela húmeda en la zona CB fue de 82 mm, la parcela seca en la zona CB fue de 24 mm, la parcela húmeda en la zona de control fue 51 mm y la parcela seca en la zona de control fue de 4.4 mm, respectivamente. La diferencia de las cantidades totales de

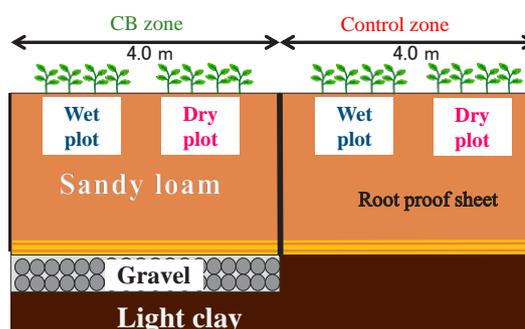


Figura 7.

Perfil del suelo en la zona de capillary y control.

riego significa la diferencia de las cantidades de aumento capilar desde la capa inferior del suelo.

La figura 8 muestra el balance hídrico en la capa de suelo franco arenoso de cada parcela. La pérdida de agua por infiltración es grande en la parcela húmeda de la zona CB. Lo anterior significa que dicho tratamiento consistió en un riego excesivo. Al comparar las parcelas secas de la zona CB y la zona de control, las cantidades de aumento capilar en la zona de control son mucho mayores que en la zona CB. Está claro que el efecto de barrera de la capa de grava es muy grande para proteger el aumento capilar. Se percibe entonces que el método de barrera capilar es efectivo para suprimir el movimiento del agua del suelo del agua subterránea.

Depende de la CE del agua subterránea si este método se adopta o no. Cuando la CE es baja, este método no debe instalarse en campo porque el aumento capilar del agua subterránea tiene un efecto en el riego que ahorra agua. Por otro lado, en el caso de aguas subterráneas de alta CE, el método puede ser una opción para bloquear la acumulación de sal por el aumento capilar. Sin embargo, como se muestra en la figura 8, cuando el nivel del agua subterránea alcanza la parte superior de la capa gruesa, este método pierde el “efecto barrera”. En consecuencia, la profundidad de la instalación debe determinarse cuidadosamente considerando las fluctuaciones detectables del nivel del agua subterránea.

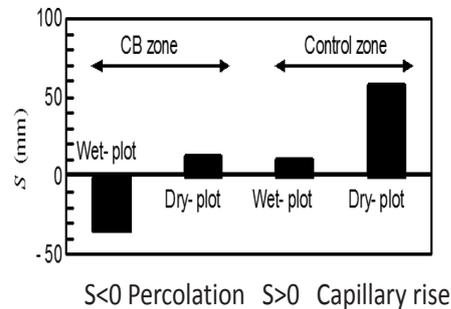


Figura 8. Balance de agua en capas de suelo arenoso migajoso.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Allen R. G., Pereira L. R., Raes D. and Smith M: Crop evapotranspiration, *FAO irrigation and drainage paper No. 56*, FAO, Rome, 1998
- Ayers R. S. and Westcot D. W.: Water quality for agriculture, *FAO irrigation drainage paper No. 29 Rev. 1.*, FAO Rome
- Inosako K.: Drip irrigation mitigating depletion of water resources and enhancing water use efficiency, Arid Land Research Center (ed.), Knowledge and Technology to Save Drylands -Solutions to Desertification, Land Degradation and Drought-, Maruzen Publishing Co. Ltd., Tokyo, 2014 (en japónes)
- Maas E. V.: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. B.R. Christie (ed.), CRC Press, Boca Raton Florida, 1984

- Rhoades J.D. 1974 Drainage for salinity control. In: Drainage for Agriculture. Van Schilfgaarde J. (ed). *Amer. Soc. Agron. Monograph No. 17*, 433–462.
- Shukla C., Bhakar S. R. and Lakhawat S.S.: Development of the crop coefficient for capsicum (*Capsicum annum* L.) under protected structures, *Journal of agrometeorology*, **18(2)**, 258-260.

5. COLABORADORES

Dra. Masako Hishida, Universidad de Tottori

Dra. Emi Kaburagi , Universidad de Tottori

M.C. Álvaro González Michel, CIBNOR

M.C. Manuel Salvador, CIBNOR

IBQ. Myriam Hernández, CIBNOR

6. AGRADECIMIENTOS

Tuvimos mucha cooperación de varias personas para escribir "El manual técnico para manejo del agua y el suelo en cultivos a cielo abierto"zw.

Queremos agradecer profundamente a la Sra. Sachi Akichika, a la Sra. Eri Hagiwara, al Sr. Taku Miyagawa, a la Sra. Yuka Shibutani, a la Sra. Yui Yamamoto, al Sr. Yukihiro Ikegami, al Sr. Masahiro Hayashizaki y al Sr. Satoru Inumochi por sus contribuciones a muchos experimentos y encuestas de campo en este proyecto.



2-3-2. Manual para la Producción de Chiles Pícosos



Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral¹⁾

Dr. Takayuki Ando²⁾

Dr. Hajime Kobayashi²⁾

Dr. Satoshi Yamada²⁾

Dra. Mina Yamada²⁾

¹⁾ *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)*

²⁾ *Universidad de Tottori*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. PRÓLOGO.....	94
2. INTRODUCCION.....	95
3. SELECCIÓN DEL TERRENO.....	96
4. MEJORAMIENTO DEL SUELO	96
4-1 APLICACIÓN DE COMPOSTA	96
5. PREPARACIÓN DEL TERRENO	97
5-1 SUBSOLEO	97
5-2 BARBECHO.....	97
5-3 RASTREO	97
5-4 NIVELACION	98
5-5 SURCADO.....	98
6. PREPARACION DEL SEMILLERO	98
6-1 VARIETADES	98
6-2 SIEMBRA.....	99
6-3 PREPARACIÓN DE SEMILLEROS.....	99
6-4 TRASPLANTE.....	101
7. LABORES AGRÍCOLAS.....	102
7-1 ACLAREO O DESHIJE	102
7-2 APORQUE.....	102
7-3 CONTROL DE MALEZAS.....	103
7-4 RIEGOS.....	104
7-5 FERTILIZANTES EN EL RIEGO.....	105
8. PLAGAS Y ENFERMEDADES PRINCIPALES EN EL CULTIVO DE CHILES	
PICOSOS	107
8-1 PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	107
8-1-1 Plagas	107
8-1-2 Ácaros	107
8-1-3 Tetranychus urticae (Koch). Araña roja.....	107
8-1-4 Myzus persicae (Sulzer). Pulgón verde	109
8-1-5 Mosca Blanca (Bemisia Tabaci).....	112
8-1-6 Bemisia tabaci (Gennadius). Mosca blanca del tabaco	113
8-1-7 Picudo del chile Anthonomus eugenii (Cano).....	116
8-1-8 Minador de la hoja -Lyriomiza trifolii (Burgess).....	118
8-2 ENFERMEDADES.....	120
8-2-1 Phythophthora Capsici	120
8-2-2 Pythium Spp y Rhyzoctonia	121
8-3 TOMA DE MUESTRAS	122

9. MANEJO DEL CULTIVO	122
9-1 TUTORADO	123
9-2 RALEO DE FRUTOS.....	123
10. COSECHA.....	125
10-1 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	125
10-2 CONSERVACIÓN.....	126
10-3 CAMBIOS FISIOLÓGICOS DESPUÉS DE LA COSECHA.....	126
11. AGRADECIMIENTOS	127
12. ANEXOS	127
12-1 LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE CHILES EN BCS.....	127
12-2 INVERSIÓN PARA PRODUCCIÓN DE CHILES PICOSOS EN 1.0 HECTÁREA POR PRODUCTORES DURANTE EL MANEJO AGRONÓMICO TRADICIONAL CON SEMILLAS CERTIFICADAS TRATADAS BAJO INVERNADERO.....	128
12-3 COSECHA DE CHILES BAJO ENSAYO EN LA PARCELA EXPERIMENTAL ACUAPÓNICA BAJO RÉGIMEN DE RIEGO CON DOS FUENTES DE AGUA EN LOS PLANES, BCS.....	129
13. BIBLIOGRAFÍA	129

1. PRÓLOGO

En el Estado de Baja California Sur, la agricultura desde hace varios años es una actividad tradicionalista a pesar de presentar una serie de problemas, relacionados principalmente con la disponibilidad y calidad del agua para riego, abatimiento constante del acuífero, intrusión salina y altos costos de extracción y producción, ocasionando efectos severos en el desarrollo de los cultivos, principalmente por la escasez del recurso hidrológico y por el incremento en la salinidad del agua de riego y suelo, condiciones que han empobrecido los agroecosistemas.

Ante la situación de la falta de agua, una posibilidad factible para alcanzar la sostenibilidad de la agricultura en la región consiste en el mejoramiento, adaptación y promoción de la cultura del ahorro de agua para cultivos con potencial altamente productivo, a través de sistemas presurizados de riego, (goteo) que posibiliten la mejora de vida de los productores en estas condiciones desérticas de Baja California Sur.

El cultivo de chiles, dentro de las hortalizas cultivadas en el Estado, es una alternativa para mejorar la economía de los productores, por lo que, en el Estado de BCS, se dedican anualmente al cultivo de 2000 hectáreas de esta hortaliza, la cual demanda una fuerte cantidad de mano de obra, tecnificación y más aún, el conocimiento del cultivo para ahorrar recursos naturales de suelo y agua.

Los cultivos de hortalizas demandan y requieren cantidades significativas de agua debido a su constitución natural. El cultivo de cualquier planta en zonas áridas, no solo está afectado por la estación de lluvias, y el periodo de sequía, sino que el éxito de las cosechas, dependerá del suministro de agua en las etapas críticas del desarrollo del cultivo

Baja California Sur, es un Estado con extensas áreas que ofrecen un potencial de recursos para la explotación agrícola con tecnología orientada al control de agua de riego. El uso de sistema de riego presurizado, es lo más apropiado para la agricultura en zonas áridas.

Dentro del Estado se encuentran varios valles o planicies como Vizcaíno, Sto. Domingo, La Paz, Los Planes, Todos Santos y Carrizal, principalmente, donde se puede realizar horticultura, incluyendo la mayoría de las especies conocidas. En estas planicies, se presentan condiciones excepcionales para la producción de hortalizas frescas y semillas, debido al aislamiento geográfico y a la baja humedad relativa, que condicionan alta sanidad vegetal.

Como resultado de la investigación experimental en la zona de Los Planes, B. C. S., se recopiló la información necesaria obtenida en campo para llevar la presente información a través de una guía o manual de producción para el cultivo de chiles anchos para esa región y otras zonas de la Baja California, con sus respectivos ajustes de acuerdo a clima y suelo.

2. INTRODUCCION

Los chiles, son uno de los cultivos hortícola de mayor rentabilidad en el campo de los productores en México, destinándose el producto a consumo en fresco o a procesamiento de enlatado. Los rendimientos promedios de chiles, fluctúan en 25 a 40 t/ha, pero con manejos adecuados en el campo, este rendimiento se puede elevar a 50 t/ha respectivamente.

La Planta de Chile es originaria de las regiones templadas de América y Centro América, se cree que es originaria de Sudamérica (Perú), e introducida a Europa hacia el año de 1514 por los navegantes españoles y portugueses. Realmente esto ha traído muchas confusiones entre los científicos para la clasificación de la planta de chiles, por lo que, en la actualidad, existe una clasificación muy amplia al respecto, el cual no será tema de discusión de este manual. Por lo tanto, nos concretaremos a decir solamente que para clasificarlo de una manera sencilla diremos que son chiles picosos, aquellos chiles picantes como los de forma de punta y con sabor fuerte y picante. Los botánicos agrupan ambas dentro de la misma especie: *Capsicum annuum*, L., pues todas las formas son perfectamente interfértiles. El cultivo de chiles presenta buenas perspectivas, debido a que se adapta bien a las condiciones de clima árido, además de a suelos irrigados con CE de 4 microsiemes/ seg., produciendo frutos de calidad para y consumo nacional. La producción de chiles registradas en Baja California Sur en los períodos 2000-2010, fue del orden de 16.6 toneladas por hectárea, aumentando el rendimiento promedio en el período 2010-2018 a 25.5 toneladas (SAGARPA). En la actualidad, Baja California Sur ha iniciado un cambio del patrón de cultivos, enfocando la atención a la utilización de cultivos hortícola, principalmente Chiles, Tomates, y en menor superficie, Espárragos, además del cultivo de hierbas aromáticas para exportación a mercados de USA principalmente. Con el cambio al patrón de cultivos, la agricultura en Baja California Sur, necesariamente, tendrá que tecnificarse, básicamente en cuanto al uso del sistema de riego por goteo. El sector agrícola, en la nueva política al campo, ha iniciado un control básico para uso de agua de riego dotando de cierta cantidad de agua por pozo, a los campos en nuestro Estado. Con estas bases, se dan los primeros pasos para la tecnificación en los campos hacia el uso eficiente de agua en la agricultura en Baja California Sur, donde la actividad hortícola se está basando fundamentalmente en la irrigación por sistemas presurizados como el goteo que incrementa sustancialmente los rendimientos por volumen de agua, así como el rendimiento total de las cosechas por hectárea. El presente manual de divulgación en el cultivo de chiles picosos, se orienta al manejo básico del cultivo en zonas áridas, en las variedades serrano, habanero, y jalapeño con el uso de una metodología de sistema intensivo de producción de alimentos en acuaponía, donde el agua de riego al cultivo en suelo proviene del sistema agro-acuícola que ha producido peces en un sistema cerrado de recirculación, más vegetales en hidroponía en “cama de agua” antes de su utilización final a

campo abierto. Es tecnología es aplicable para su utilización en pequeños y medianos productores que se orienten al abastecimiento de mercados locales tipo “gourmet” en las cadenas restauranteras, además de proveer una posibilidad de autosuficiencia alimentaria para regiones donde no es posible obtener alimentos de origen animal-peces-, además de vegetales diversos.

El objetivo del presente manual de producción de chiles picosos es presentar los aspectos técnicos generales del cultivo de chiles en campo a cielo abierto a considerarse en la zona agrícola de la zona de Los Planes, BCS, y que pueden ser replicados en otras zonas con respectivos ajustes en el manejo de cultivo, principalmente, en riego, fertilización y control de plagas y enfermedades. Este manual o guía de producción, puede ser material de consulta para todos aquellos interesados en la siembra de este cultivo con uso de aguas salobres provenientes de un sistema acuapónico de producción intensiva de alimentos en la región, ampliando sus conocimientos sobre su cultivo y productividad.

3. SELECCIÓN DEL TERRENO

Las plantas de chiles pueden ser cultivadas en una amplia gama de suelos que van desde arenoso, areno-limoso o limosa hasta ricos en humus. El cultivo de chiles necesita de manera básica buen drenaje pues es delicado a la asfixia radical. Excesivas cantidades de nitrógeno reducen el rendimiento de las cosechas. De esta manera, antes de iniciar un cultivo de chiles, es necesario contar con un análisis del suelo donde se plantarán chiles, con el propósito de conocer los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y El pH del suelo. El pH más conveniente está entre los rangos de 6.3 a 6.8, donde la mayoría de los nutrientes están disponibles para ser asimilados por las raíces de la planta.

4. MEJORAMIENTO DEL SUELO

La materia orgánica beneficia los suelos, ya que mejora las condiciones físicas y químicas de éstos, impide su compactación y facilita las labores de cultivo. Con la incorporación de materiales de origen vegetal y animal, como es el estiércol, tallo, hojas y raíces de las plantas cultivadas, es posible lograrlo, ya que, al incorporarse con el suelo, inician su descomposición por la acción de los microorganismos presentes en éste. Al descomponerse, actúan como mejoradores de las condiciones físicas y permiten que los nutrientes puedan ser asimilados, a la vez que se retiene una mayor humedad en el suelo. Una práctica para acelerar la descomposición de esta materia orgánica en el suelo, será la de aplicar fertilizantes ácidos, básicamente fosfórico, o fertilizantes hidrosolubles ácidos para apoyar esta medida de corrección de pH en suelos áridos.

4-1 APLICACIÓN DE COMPOSTA

La composta es una de las alternativas utilizándola en la agricultura como abono orgánico. Este material de origen tanto animal como vegetal, es una

fuerza rica en nutrientes y aporta materia orgánica al suelo beneficiando con ello la conservación del mismo. Para el área de estudio se recomienda aplicar entre 10 y 20 toneladas de composta por hectárea, la cual deberá ser aplicada antes de la siembra e incorporada con los primeros 15 cm. del suelo. Para incrementar significativamente los rendimientos, son necesarias grandes cantidades, Sin embargo, cantidades o dosis menores mejoran la estructura del suelo y ayudan al crecimiento de la planta. La composta puede ser producto de hojas secas, paja, pastos secos, estiércol de gallina, estiércol de vaca, estiércol de caballo y/o cualquier desecho de basura orgánica.

5. PREPARACIÓN DEL TERRENO

El cultivo de chiles requiere de una buena preparación del suelo al momento de la siembra, de tal manera que las plántulas al ser trasplantadas tengan las condiciones favorables para el desarrollo posterior al trasplante. Las operaciones a realizarse en la preparación del terreno para la siembra, difieren de acuerdo con el tipo de suelo, la maquinaria disponible y el cultivo cosechado anteriormente. Las labores esenciales para una buena preparación del suelo son las siguientes:

5-1 SUBSOLEO

Es una práctica no muy común o rutinaria en regiones con suelos ligeramente arenosos, sin embargo, en suelos medianos a pesados por el grado de arcilla presente como algunos de la zona en estudio, es aconsejable realizar la práctica de subsuelo cada determinado tiempo (cada 3 ó 4 años), misma que es resultado de un exceso de riego y sales por acción de la sobre fertilización, al mismo tiempo del uso de maquinaria pesada, éste se compacta, lo que ocasiona la reducción de la capa arable, dificultando la aireación, penetración del agua y, por consiguiente, un menor desarrollo radicular de la planta.

5-2 BARBECHO

Con esta práctica se logra voltear la tierra de la capa arable, mejorándose la estructura, propiciando mayor retención de humedad, permitiendo al cultivo condiciones de aireación en su sistema radicular y favoreciendo la intemperización del suelo. El barbecho debe hacerse a una profundidad tal que permita el volteo completo de la tierra, por lo general de 25 a 30 cm con cualquier tipo de arado, sin embargo, se recomienda cada año, variar en la profundidad evitando con ello la formación de capas compactas, que generalmente se forman cuando el barbecho se realiza a la misma profundidad. Es importante hacer el barbecho con una humedad residual baja en el suelo, con la finalidad de no compactar y destruir la estructura del suelo.

5-3 RASTREO

Una vez barbechado el suelo, se efectúa el rastreo perpendicular al barbecho, a una profundidad de 10 a 20 cm. para fraccionar los terrones grandes que hayan quedado después del barbecho. Con esto se logra un terreno más mullido para obtener una “cama” de siembra que facilite la germinación

de las semillas y emergencia de las plántulas. En caso de que el terreno no quede bien mullido, será necesario dar un segundo paso de rastra de forma perpendicular al primero. Es importante aclarar que en suelos donde los terrones después del barbecho son pequeños y se fraccionan fácilmente, esta práctica es innecesaria.

5-4 NIVELACION

La nivelación o empareje es de gran importancia para lograr un buen trazo de riego, evitando con ello desperdicios de agua, encharcamientos y propiciar un buen desarrollo y densidad de plantas. Esta práctica se recomienda se realice en suelos cuyas pendientes sean mayores a 0.1% (10 cm. por cada 100 m), utilizando una niveladora o escrepa, riel, tablón o emparejadora. En suelos con textura migajón-arenoso y con una pendiente menor del 0.1%, se puede ahorrar esta labor, recomendando solo adicionar una tabla pesada (tablón) a la rastra para mejorar la cama de siembra. Por otra parte, la tecnificación del riego por goteo, evitara estas labores, impactando en la eficiencia del mismo y pudiendo realizar labores de siembra en terrenos donde no se cumpla con las especificaciones anteriores, es decir que, en terrenos con mayores pendientes o desniveles, se podrá proceder a cultivar.

5-5 SURCADO

El espaciamiento entre surcos depende principalmente de la variedad o cultivar a sembrar, de la textura del suelo y de la maquinaria disponible. Para el caso de de chile, se recomienda una separación entre surcos de 0.90 m, para siembras de una línea de plantación y a 1.20 m, para siembra de líneas dobles de plantas por surcos de 100 m como máximo de longitud, sin embargo, surcos de 50 m aumentan la eficiencia del riego, sobre todo en los suelos de textura ligera o arenosa.

6. PREPARACION DEL SEMILLERO

6-1 VARIETADES

Normalmente están divididas en dos clases: chiles dulces y chiles picantes. Dentro de esta clasificación, existe un número variado de tipos y variedades. Por ejemplo, diferentes colores, formas, número de lóbulos, también se encuentran variaciones en el follaje y altura de la planta. Finalmente, el color de los frutos es amarillo o verde cuando está en desarrollo antes de alcanzar la madurez y color rojo, violeta o café cuando el fruto alcanza la madurez. La mayoría de los chiles desarrollados en los campos agrícolas por agricultores son frutos con dimensiones de 3 x 4 cms para habaneros, 3 x 5 cms para serrano y 3 x 7 cms para jalapeños. Algunas prácticas entre los agricultores para tener semillas para el ciclo de siembra posterior, es tomar semillas de plantas con frutos vigorosos y sembrar para cosechas en el ciclo posterior. En algunos casos, se han logrado rendimientos aceptables, sin embargo, no es aconsejable recurrir a ella, tomando en cuenta la inversión total al cultivo y la posibilidad de encontrar un mejor mercado a la cosecha.

6-2 SIEMBRA

La mayoría de las plantaciones para este cultivo, procede por medio de trasplante, aunque se puede proceder por siembra directa, dependiendo del costo de semilla.

Para llevar a cabo la siembra, se recomienda realizarla en terreno desinfectado. Se prepara el material de siembra o sustrato, humedeciéndolo y llenado las charolas de germinación con este material para posteriormente depositar a una profundidad de 0.5 cm, una o dos semillas por cavidad, cubriendo inmediatamente la semilla con este material húmedo.



Fotografía 1. Siembra de chiles en charolas de germinación en sustrato peat-moss para trasplante.

6-3 PREPARACIÓN DE SEMILLEROS

Planteros: Las semillas de chiles serán germinadas en charolas de 200 cavidades, utilizando sustrato Terra-Lite, al 100%. Las semillas se colocan en un número de 2 por cavidad de la charola (Fotografía 1). Después de los 8 días de la germinación, se realizará el aclareo para dejar sólo una planta por cavidad. Las plantas permanecerán por un período de 30-40 días dentro de un rango de temperatura entre los 20 a 30°C noche y día respectivamente.

De manera particular, podemos decir que estas pueden ser hechas desde septiembre a octubre bajo el abrigo de invernadero. Como hemos dicho anteriormente, las plantas de chiles requieren calor para su desarrollo. Esta necesidad de calor está desde la siembra, por lo que existen rangos de temperaturas que se deben de contemplar para obtener plántulas sanas y vigorosas para llevar al campo en el momento del trasplante tabla 1. Aproximadamente, se requieren de 6 a 8 semanas para producir plantas óptimas para el trasplante.

Tabla 1. Rangos de temperaturas en germinación, día y noche y tiempo para trasplante de plántulas de chiles.

Rango de Crecimiento	Temp. Germ (°C)	Temp. Crec. Día (°C)	Temp. Crec. Noche (°C)	Tiempo Trasplante (semanas)
Optima	27	20	18	6 a 8
Máxima	35	27	20	
Mínima	18	18	13	

También es posible llevar a cabo la siembra en octubre para cosechas tempranas, llevando esta operación con los cuidados de protección por medio de invernadero o micro túneles para tener plántulas vigorosas para el trasplante Fotografía 2. Finalmente es importante mencionar que el manejo de las charolas de germinación tiene una relación directa con el rendimiento de la cosecha, de tal forma que seleccionar adecuadamente el tamaño de las cavidades de la charola de germinación influirá directamente en el rendimiento y calidad de las cosechas respectivamente.



Fotografía 2. Manejo de la siembra en charolas en el proceso de germinación.

Después del trasplante, las raíces de las plantas de chiles pueden ser afectadas en su crecimiento, especialmente en suelos fríos. Se recomienda usar una dosis alta de fósforo al iniciar el riego en el trasplante. Esta alta concentración de fertilización es para asegurar en desarrollo de raíces nuevas en las plántulas después del trasplante.



Fotografía 3. Aplicación de solución nutritiva a plántulas de chiles.

Para ayudar a prevenir daños en el trasplante, será necesario utilizar concentraciones de fertilizantes en las dosis que a continuación se indican: 1 litro de 10-43-0 (N-P-K) en 150 litros de agua o también 1 litro de 6-24-6 (N-P-K) en 100 litros de agua. Esta solución deberá ser bien mezclada para asegurar la uniformidad de la solución en el riego al cultivo (Fotografía 3).

6-4 TRASPLANTE

Una vez que las plantas de chiles han estado por un tiempo entre 30-40 días en el invernadero, están listas para ser llevadas al campo para su trasplante definitivo.

La ventaja de trabajar con planteros aparte de acelerar el crecimiento de las plantas es:

- Primero, poder ahorrar semillas en la operación de siembra,
- Segundo, economizar agua de riego tan valiosa en las zonas áridas.
- Tercero, centrar la atención al mayor número de plantas en espacio reducido para control de plagas y enfermedades,
- Cuarto, dar mayor protección contra el medioambiente desfavorable en estado de plántulas, y
- Quinto, poder seleccionar las plantas más sanas y vigorosas al momento de realizar el trasplante.

Cuando las plántulas de chiles son transportadas al campo para el trasplante, estas son colocadas a una distancia de 40 cm entre plantas y 80 cm entre filas, de tal manera que se plantaran dos líneas de estas por línea de manguera de riego (Fotografía 4).



Fotografía 4. Distancia entre plantas de chiles en el campo al momento del trasplante.

Con este arreglo, se tiene una densidad poblacional de 44,000 plantas/ha. Es importante hacer mención que previo al trasplante, se deberá aplicar un riego de pre trasplante con una lámina igual o mayor a 10 mm. Con esta operación, se busca minimizar el estrés que se ocasiona a la planta y facilitar el mayor porcentaje de plantas en el campo (Fotografía 5).



Fotografía 5. Labor de trasplante manual, plantas a 40 cm en suelo árido.

7. LABORES AGRÍCOLAS

Estas labores permiten mantener el cultivo libre de malas hierbas, facilitar la aireación del suelo (escardas o cultivos) permitiendo el desarrollo del cultivo de manera que se logren obtener plantas vigorosas.

7-1 ACLAREO O DESHIJE

Esta práctica se utiliza cuando el cultivo se desarrolla en un almácigo, de tal manera que se dé espacio para lograr plantas más robustas para el trasplante. Si utilizamos el método de trasplante por charola, esta práctica deja de tener efecto y comúnmente ya no es utilizada en este cultivo, debido a la tecnificación cada vez mayor de los productores.

7-2 APORQUE

Esta práctica para arrimar suelo a la base de la planta, la cual puede realizarse con herramienta menor de campo o cultivadora de tracción mecánica o manual, con azadón o alguna otra herramienta convencional apropiada, pero el desarrollo de la planta es la que determina el tipo de implemento a utilizar, ya que conforme aumenta la altura de la planta, es necesario utilizar instrumentos manuales, ya que la entrada de implementos mayores se dificulta.

Se recomienda realizar dos aporques o escardas con maquinaria después del trasplante a los 20 días (Fotografía 8) para fortalecer la base de la planta, evitando un posterior encamado de la planta, evitando retraso en el crecimiento.

Esta operación tradicional por los productores, permite ventilar de una manera eficaz la zona radicular superficial del cultivo, sin embargo, esta práctica no es posible cuando se tiene colocado el plástico para acelerar el crecimiento del cultivo. Cuando no se ha colocado acolchado de plástico, esta operación es fundamental para evitar la proliferación de hierbas, de tal manera que el número de deshierbe al cultivo estará en un número de 4, siendo los dos primeros los más importantes, debido que con ello se eliminan o se da un control indirecto de las plagas en ese periodo

7-3 CONTROL DE MALEZAS

Debido a las densidades de siembra elevadas del cultivo, el desarrollo de maleza estar presente en el cultivo y con ello una serie de problemas que aumentaran el costo de cultivo. Como dijimos anteriormente, los desyerbes realizados periódicamente al cultivo (Fotografía 6), serán la mejor decisión para evitar competencia con el cultivo.

En el caso de utilización de los acolchados, entre otros beneficios, es la de evitar el desarrollo de las hierbas, evitando el paso de la luz y con ello no dejando crecer a estas. Sin embargo, en los orificios donde se colocan las plantas de chiles, se desarrolla la hierba por lo que, con una periodicidad de 15 días, será necesario llevar a cabo esta operación de forma manual, evitando dañar a las plantas de chiles al momento de retirar la hierba. Se recomienda que una vez arrancadas la hierba, esta sea retirada del área de trabajo para



Fotografía 6. Operación de desyerbe manual para el control de maleza y plagas.

proceder a enterrarla o quemarla de tal manera que se eviten focos de contaminación para las plagas y enfermedades que atacan al cultivo.

7-4 RIEGOS

La programación de riego es una de las reglas más importantes para decidir cuándo y cuánta agua aplicar para obtener la máxima producción por unidad de área sembrada. El riego por goteo implica una alta frecuencia de aplicación, comparados con los métodos convencionales. El objetivo primordial es humedecer una parte de la raíz con pequeñas aplicaciones de riego. Siempre en una aplicación de riego, el propósito fundamental es llenar la zona o área de la raíz a capacidad de campo. Para esto, se instalará el sistema de riego, colocando una manguera al centro de la cama, con emisores colocados a 20 cm., diseñados por el fabricante.

La aplicación del riego al cultivo será basada en una lámina de 3.0 mm. diarios (más o menos una hora de riego diario o dos horas y media cada tercer día) y será manejado en función de las condiciones del clima por lo que la lámina de riego tendrá variaciones en el transcurso del cultivo, pero siempre apagándose al consumo necesario para un crecimiento sin desperdicio de agua.

Para el control de riego, este se basará en los registros de la estación de clima sobre la base de los parámetros de evaporación registrados en una Estación climatológica, y a la colocación de sensores de humedad con el uso de tensiómetros. Antes del trasplante, el campo será irrigado con una lámina de 8 a 10 mm. Se anexará un inyector de fertilizantes solubles para la aplicación de los fertilización al cultivo. Para esto, consideramos que: El sistema de raíces está situado a poca profundidad (10 cms máximo) en el momento del trasplante, requerirá proporcionarle una humedad adecuada y los nutrientes debido a que las raíces de la planta en la operación de colocarla en el suelo, podrían dañarse, afectando la capacidad (disminución) de absorción de agua y nutrientes. Por tal razón, se deberá dar el abastecimiento necesario y suficiente de agua y nutrientes para asegurar la plantación en campo. Cuando la cantidad de agua en el suelo es baja, los rendimientos y la calidad en la producción se disminuye en proporción marcada. Se puede considerar que una buena humedad del suelo, para este cultivo se obtiene cuando se encuentra entre los 80-85% de la capacidad de campo. Aunque este punto puede variar, es necesario tomar en cuenta la naturaleza del suelo donde se cultiva, ya que de este factor se determinará la cantidad de agua a aplicar en el riego principalmente. El exceso de humedad retrasa la maduración, reduce el contenido de sólidos y a veces la intensidad del color por lo que se deberá de tener mucho cuidado con el riego en la cantidad aplicada y cuando realizar esta operación (Fotografía 7).



Fotografía 7. Plantación de chiles bajo sistema de riego por goteo.

7-5 FERTILIZANTES EN EL RIEGO

La aplicación de nutrientes, será a través del sistema de riego por goteo, aplicando dosis semanales promedio sobre la base de 20-10-20 Kg de N-P-K por hectáreas y cambiando las dosis o relación de acuerdo al desarrollo del cultivo. La aplicación de nutrientes estará soportada en los muestreos que se estarán dando al cultivo en dos tiempos mensuales. El criterio para la aplicación de fertilizantes, será, tomando como base, los resultados de la concentración de minerales en los tejidos de las plantas de chiles, indicados en la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de elementos minerales en los tejidos de plantas de chiles, necesarios para asegurar un rendimiento elevado en condiciones áridas.

Nitrógeno	3.5-4.0%	Peso seco
Fósforo	0.3-0.6%	Peso seco
Potasio	4.5-5.0%	Peso seco
Calcio	2.5-3.5%	Peso seco
Magnesio	0.8-1.0%	Peso seco

Las fuentes de fertilizantes más aconsejables para suelos áridos son las siguientes: Fuentes nitrogenadas como el Nitrato de Amonio, y Nitrato de Calcio y fuentes de fósforo como: Fosfato mono amónico en la preparación del suelo y ácido fosfórico en el riego a través del periodo de cultivo. Con el uso de estos fertilizantes, se apoya al combate de la alcalinización del suelo, ya que los fertilizantes citados, al reaccionar con el agua dan una formulación ácida

que ayuda estabilizar el pH de suelo, manteniéndolo cerca de pH óptimos (6.7 a 7.8), para llevar a cabo una correcta asimilación de nutrientes por las plantas.

Es importante tomar en cuenta la compatibilidad de los fertilizantes al realizar las mezclas, ya que algunos de ellos no presentaran alta solubilidad, afectando el sistema de riego por taponamiento. El cuadro siguiente muestra la compatibilidad de fertilizantes más utilizados en la preparación mezclas nutritivas para las plantas. Es importante mencionar que la necesidad del cultivo en relación a los nutrientes para la obtención de cosechas abundantes, demanda cantidades considerables de ellos, siendo el potasio, el nutriente mayor que juega papel importante en los rendimientos elevados del cultivo.

La relación entre Nitrógeno, Fosforo y Potasio, estará cambiando de acuerdo al cultivo y las fases del desarrollo, de tal manera que estas relaciones se moverán de la forma siguiente: 1-1-1, en la fase de crecimiento vegetativo (los 15 primeros días después del trasplante) posteriormente la relación se moverá a 2-1-2 hasta la fase previa a la floración, ya en floración, se establecerá la relación de 2-1-3, para chiles serranos y habaneros o chiles picosos, la relación se mantendrá en la relación anterior (2-1-3), ya que la demanda es menor en este tipo de chiles. La fertilización se preparará antes de la aplicación para ser introducida al sistema de riego por medio de bombeo, mezclando estos en un depósito de agua (Fotografía 8) tal forma que dichas aplicaciones se den semanalmente al cultivo. La fertilización nitrogenada está dada con base a 300 kg/ha, 150 kg/ha de fosforo y 400 kg/ha de potasio, más 120 kg/ha de calcio.



Fotografía 8. Plantación de chiles bajo sistema de riego por goteo.

8. PLAGAS Y ENFERMEDADES PRINCIPALES EN EL CULTIVO DE CHILES PICOSOS

8-1 PLAGAS Y ENFERMEDADES

8-1-1 Plagas

Las plagas más comunes del cultivo de chiles que se presentan en los campos agrícolas de Baja California Sur son principalmente: Mosquita Blanca (*Trialeudores* spp.) y el barrenillo del chile (*Anthonumus eugenii* Cano), responsables de grandes pérdidas si no se combaten a tiempo en el cultivo. Bajo las condiciones de plantero, se tendrá cuidado de mantener la fitosanidad del cultivo lo más elevado posible como una manera de asegurar el trasplante en cuanto al control de enfermedades y plagas se refiere. En la actualidad la mayor parte de las plagas que afectan los cultivos comerciales de chiles son muy similares en casi todos los países del mundo. Cabe aclarar que las plagas que atacan a chiles pertenecen sobre todo al tipo Artrópodos, especialmente a las clases insectos y arácnidos y dentro de la clase de insectos, subclase Pterigota, a las órdenes Hemíptera, Thyasanoptera, Lepidóptera, Coleóptera, Díptera y Orthóptera.

8-1-2 Ácaros

Los ácaros que producen daños en el cultivo, pertenecen a las familias Tetranychidae y Tarsonemidae. La importancia de estos parásitos se ha incrementado en los últimos años como consecuencia, probablemente, de una mayor intensificación de los cultivos, un aumento de la fertilización nitrogenada y sobre todo por el empleo indiscriminado de productos fitosanitarios. De las especies identificadas de Tetranychidos que afectan a los cultivos de chiles, es *Tetranychus urticae* la que mayores daños ocasionan.

8-1-3 *Tetranychus urticae* (Koch). Araña roja

Es una especie cosmopolita ampliamente distribuida en todos los continentes. Se le conoce bajo el nombre de araña roja, arañita de dos manchas y también como araña amarilla. Dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre pueden aparecer que presenten algunos caracteres morfológicos o biológicos ligeramente distintos. La araña roja es muy polífaga, desarrollándose sobre más de 150 especies cultivadas.

(1) Morfología e Identificación

La araña roja en estado adulto puede tener una coloración variable, dependiendo de la edad del animal, tipo de alimento y clima. Los adultos jóvenes son de color amarillo verdoso, con dos manchas oscuras más o menos grandes situadas en las zonas laterales del dorso y dos puntos rojos correspondientes a los ojos (Fotografía 9). Conforme va envejeciendo toman coloraciones rojizas, más intensas en las hembras. La hembra adulta tiene una forma elíptica, alcanzando una longitud de 0,5 a 0,6 mm, siendo más oscuras y de mayor tamaño que los machos. El cuerpo de los machos es fusiforme, con patas muy largas, lo que permite tener más rapidez en sus movimientos. Las larvas son redondeadas, con tres pares de patas. Las ninfas son bastantes

parecidas a los adultos poseyendo ya 4 pares de patas, con un color amarillento en el que resaltan los puntos rojos de los ojos unas manchas oscuras laterales. Los machos tienen el corión liso, son de color blanquecino, ámbar o anaranjado, tornándose amarillentos en el momento de la eclosión.



Fotografía 9. Araña roja en cultivos de chiles en campo abierto.

(2) Daños

Los daños son ocasionados por las picaduras de las formas móviles al alimentarse. Al clavar los estiletes absorben los jugos celulares y vacían las células de su contenido, el tejido afectado toma una coloración amarillenta que se torna marrón con el paso del tiempo (Fotografía 10).



Fotografía 10. Daños por araña roja en cultivos de chiles en campo abierto.

(3) Método de Control

Las estrategias a utilizar dependerán de la época en que se realice el cultivo y en el tipo o modalidad del mismo. En cultivo al aire libre, aparte de realizar unas adecuadas prácticas culturales, los métodos más utilizados son los preventivos y los químicos. En cultivos bajo invernadero además de los métodos anteriores, pueden utilizarse métodos de control biológico. Dado el alto potencial multiplicativo de la araña roja conviene controlar la plaga desde su aparición. Muchos acaricidas, sin embargo, han visto frecuentemente condicionada su eficacia por la aparición de resistencias específicas o cruzadas. Ello supone que se debe de alternar la utilización de materias activas con modo de acción diferente.

8-1-4 *Myzus persicae* (Sulzer). Pulgón verde

Es una especie muy cosmopolita y con una amplia difusión por todo el mundo. Se multiplica en variadas climatológicas, alternando Los hospedantes herbáceos con leñosos en las regiones templadas o frías y solamente los herbáceos en las regiones cálidas. Es una especie emigrante, aunque facultativa (Fotografía 11).



Fotografía 11. Pulgón verde (*M. persicae*) en tejidos foliares de chiles.

(1) Morfología e Identificación

La hembra áptera tiene una forma generalmente ovalada, distinguiéndose de la alada por carecer de una separación marcada entre el tórax y abdomen, además de tener una mayor longitud (entre 1.4 y 2.5 mm.). El color de su cuerpo es verdoso o amarillento, con manchas longitudinales oscuras, aunque a veces aparecen coloraciones rojizas o rosadas en las formas emigrantes. Posee Los tubérculos antenales muy desarrollados y con textura rugosa sobresaliendo del cuerpo.

Las larvas son parecidas en sus cuatro fases de desarrollo a las hembras pateras, pasando de color amarillo a verde conforme se van desarrollando. El huevo de invierno es ovalado y de color negro.

(2) Daños Producidos por Pulgones

Los daños producidos por pulgones pueden ser directos o indirectos. Los daños directos son los causados por los pulgones al clavar sus estiletes en los tejidos vegetales para alimentarse. Cuando la presión de la savia elaborada es suficiente, los adultos y las larvas la extraen de una forma pasiva y siempre en grandes cantidades para compensar su escasa riqueza en aminoácidos. Los pulgones prefieren para alimentarse los órganos de las plantas jóvenes, tiernos y en desarrollo. Si las colonias de áfidos son numerosas se produce un debilitamiento de la planta, que se manifiesta en reducciones de crecimiento y amarillamientos. Son característicos los enrollamientos de las hojas hacia el envés, lugar donde suelen localizarse los áfidos, además de producirse retorcimientos en los brotes y deformaciones (Fotografía 12).



Fotografía 12. Ataque de pulgón verde (*M. persicae*) a hojas de chiles.

(3) Métodos de Control

1) Método Preventivo

Consiste en la eliminación de malas hierbas, que son focos de pulgones y reservorios de virus, en las proximidades de los cultivos y sobre todo antes de su implantación. La colocación de mallas antipulgones en los invernaderos o semilleros para impedir la entrada de hembras aladas, productoras de un posible contagio precoz, suele ser un método bastante eficaz. La técnica de acolchar el terreno entre las hileras del cultivo con plásticos reflectantes, productores de un efecto repelente en los pulgones, es otra medida utilizada. Por otra parte, y con objeto de conocer las épocas de vuelo de los pulgones es conveniente instalar trampas de colores con líquidos pegajosos.



Fotografía 13. Control biológico del pulgón (*M. persicae*) por acción de larvas de *Chrysopa* en el cultivo de chiles.

2) Métodos Biológicos

Los áfidos tienen una gran cantidad de enemigos naturales susceptibles de ser utilizados para el control de sus poblaciones, pudiendo clasificarse en: depredadores, parásitos y patógenos.

Depredadores. - Los grupos más importantes son: Coccinelidos, Crisopidos, Sirfidos y Cecidomidos. De estos grupos indicaremos solo el que más importancia tiene por su control sobre el pulgón como son los Crisópidos. Estos son insectos de abdomen estrecho y largo con alas membranosas, ojos grandes y color verdoso o marrón. Suelen poner los huevos en pequeños grupos, siendo de color blanco y con un largo pedúnculo que se inserta en los tejidos vegetales. Los más importantes son *Chrysopa formosa*, *Chrysoperla carnea* y *Chrysopa septempunctata*. Algunos de ellos se han ensayado en cultivos bajo invernadero.

3) Métodos Químicos

Para tener efectividad en el control químico, primero debemos de conocer lo antes posible la especie de áfido que provoca los daños. La elección de la materia activa, en concordancia con el estado de desarrollo del cultivo, junto al inicio de los tratamientos cuando observemos los primeros ataques, son también factores fundamentales.

Los tratamientos deberán alcanzar bien el envés de las hojas, con una cantidad adecuada. Los insecticidas deberán ser escogidos con precaución, dado que algunas de las especies que atacan al pimiento han aparecido resistencias simples o cruzadas a algunas familias de insecticidas. Las materias activas recomendadas según son: acefato, malation, metomilo, pirimicarb. En el caso particular de realizar el control integrado bajo invernadero, deberán utilizarse materias activas que sean compatibles con los insectos auxiliares, tratando de utilizar piretroides y metomil.

8-1-5 Mosca Blanca (*Bemisia Tabaci*)

Se conoce con el nombre de moscas o mosquitas blancas a insectos homópteros de la familia Aleyrodidae, que tienen el aspecto de pequeñas moscas blancas y que muestran en estado adulto el cuerpo recubierto de una capa pulverulenta de aspecto harinosos. En los cultivos de chiles se pueden encontrar dos especies: *Trialeudores vaporariorum* (mosca blanca de los invernaderos) y *Bemisia tabaci* (mosca blanca del tabaco).

(1) Morfología e Identificación

Los adultos miden de 1.5 a 2 mm de longitud siendo el macho ligeramente más pequeño que la hembra. Poseen dos pares de alas redondeadas que al plegarse sobre el dorso asemejan un tajadillo triangular cuando nacen tienen el cuerpo amarillento y las alas translúcidas, cubriéndose al cabo de un cierto tiempo de una cerosidad blanquecina, que procede de unas glándulas situadas en el abdomen. El insecto pasa por 4 estados larvarios. La larva del primer estadio tiene el perímetro adornado con seda corta y es móvil, fijándose con el pico a una hoja para efectuar la muda. Las larvas de segundo estadio son inmóviles y muy parecidas, siendo alargadas y aplanadas. La larva del cuarto estadio también inmóvil, es elíptica, de color amarillo brillante y más larga que ancha, está rodeada de sedas perimetrales, con la particularidad de que los 6 pares de sedas mayores están situados en el dorso.

Las larvas segregan una melaza por el ano que provoca la formación de hongos tipo “negrillas”. La ninfa asemeja una cápsula y se produce al final del desarrollo de la larva, en el interior de su cobertura.

Los huevos miden aproximadamente 0.2 mm, son blanco-amarillentos y aplastados, cubiertos de un polvillo céreo. La hembra deposita los huevos verticalmente fijándolos con un pedicelo muy corto sobre el envés de la hoja. Dado que esta operación la realiza girando, mientras tiene su pico chupador introducido en la planta, los huevos quedan distribuidos de forma semicircular.

(2) Biología

En las áreas de clima templado se suceden las generaciones durante todo el año. En los invernaderos también se multiplica con facilidad, solapándose los distintos estadios. Al aire libre, si las temperaturas son bajas, pasa el invierno en estado de huevo. El periodo de incubación de los huevos depende de las condiciones climáticas, en especial de la humedad y de la temperatura, siendo de 12 a 15 días con temperatura de 20-25 °C. El tiempo de desarrollo de la larva oscila, de acuerdo a las condiciones climáticas, entre 15 y 45 días.

Cuando la larva finaliza su desarrollo se transforma en ninfa o pupa, estado que suele durar unos 10 días. Una vez que los adultos emergen necesitan solo de 1 a 3 días para aparearse y realizar la puesta. Aunque la reproducción es normalmente sexual, también se pueden multiplicar por partenogénesis facultativa (los huevos no fecundados producen machos y los fecundados, hembras).

La fecundidad de las hembras depende en gran medida de la especie vegetal sobre la que se está alimentando, estimándose normalmente entre 80 y 140 huevos, aunque en tomate, por ejemplo, puede llegar a 440 el daño es mayor en este cultivo con respecto a chiles.

8-1-6 *Bemisia tabaci* (Gennadius). Mosca blanca del tabaco

Es una especie cosmopolita que se encuentra actualmente en los cinco continentes, aunque es originaria del oriente asiático. Desde algunos años está desplazando en muchas áreas a *T. vaporariorum* por la gravedad de sus daños, en especial un nuevo biotipo originario de América del Sur que añade a sus daños directos el ser un activo difusor de ciertas virosis. Es una especie muy polífaga que puede parasitar a más de 200 géneros botánicos pertenecientes a 63 familias diferentes.

(1) Morfología e Identificación

Los adultos son sensiblemente más pequeños que los de *t. vaporariorum*, midiendo aproximadamente 1 mm. En reposo las alas, las pliegan en forma de un tajadillo, pero en lugar de ser triangular como en *T. vaporariorum* es de forma casi rectangular al estar las alas más estrechamente unidas.

El cuerpo es de color amarillo, recubierto de una secreción cerosa, como polvo blanco, que también recubre las alas, patas y antenas. Esta secreción es producida por unas glándulas que están situadas en el abdomen. Los ojos son rojos y las antenas tienen 7 artejos (Fotografía 14).



Fotografía 14. Mosca blanca del tabaco (*B. tabaci*).

Las larvas de primer estadio son móviles y se fijan con el pico a una hoja para efectuar la muda. Son elípticas y aplanadas. Las larvas de segundo y tercer estadio se diferencian de las del primer estadio por ser inmóviles, más amarillas y más grandes. La larva del cuarto estadio, también inmóvil, es aplastada y no presenta las sedas que tenía la larva de *T. vaporariorum*. La ninfa se forma dentro de la cubierta de la larva del cuarto estadio, distinguiéndose por su color amarillo más intenso y porque ya se pueden apreciar los ojos del adulto como

pequeñas manchas rojizas. Tienen forma de pastillas o estuche ovalado. Como en el caso de *T. vaporariorum* el adulto emerge provocando una rotura de la cutícula en forma de “T”. Los huevos son de forma elipsoidal, algo asimétricos, de 0.2 a 0.3 mm de largo, de color blanquecino que cambia a marrón al acercarse la eclosión. Son depositados por la hembra en posición vertical, unidos a las hojas por un pequeño pedicelo y de forma similar a *T. vaporariorum*.

(2) Biología

En las regiones tropicales y subtropicales más cálidas, las generaciones de *Bemisia* se suceden de una forma ininterrumpida a lo largo del año. En las regiones templadas, el invierno suele pasarlo como ninfa (por presentar mayor resistencia al frío en este estado) y a principios de primavera es cuando aparecen las primeras poblaciones de adultos.

Estas poblaciones están constituidas esencialmente por hembras y únicamente en otoño se iguala el número de adultos de ambos sexos. El rango de temperaturas de desarrollo de este aleuródido es muy amplio, siendo las más favorables las comprendidas entre 16 y 34 °C.

Las temperaturas que afectan a esta plaga, son las situadas por abajo de los 9 °C y por encima de los 40 °C. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa y la calidad del alimento influyen marcadamente sobre la duración del ciclo biológico de esta plaga.

En el cultivo de tomate se ha encontrado que con una temperatura de 30 °C y 60% de humedad relativa, la duración del desarrollo larvario, estuvo comprendida entre 12 a 18 días y la duración de una generación varió entre 22 y 51 días, con una media de 34 días, En dichas condiciones la duración de la vida del adulto macho fue de 3 a 13 días y de 8 a 43 para las hembras.

(3) Daños Producidos por Moscas Blancas

Los daños son directos causados por los adultos y las larvas al alimentarse. El proceso de alimentación consiste en clavar el estilete en las células floemáticas para absorber la savia elaborada, lo que provoca un debilitamiento generalizado de la planta. Cuando las poblaciones son numerosas pueden producirse marchitamientos de las plantas y muerte de las hojas por desecamientos. Los adultos suelen colonizar las hojas tiernas de los brotes, permaneciendo las larvas de estratos bajos o medios con distribuciones irregulares; *T. vaporariorum* coloniza más homogéneamente.

Los daños indirectos son producidos por la secreción de melaza de las larvas y adultos. Esta sustancia es un soporte ideal para el desarrollo de hongos del tipo *Cladosporium sphaerosporum*, conocido como “negrilla” o “fumagina”.

La capa formada reduce la fotosíntesis y la respiración, obligando, además, a lavar los frutos afectados para su comercialización. Otro daño indirecto y de importancia capital es la capacidad de transmisión de virosis de

la mosca blanca. Concretamente en chiles, el virus de la hoja rizada o enchinada del chile (leaf curl virus) por *B. tabaci*.

De los diferentes biotipos conocidos de *B. tabaci*, al biotipo B se le considera menos eficaz que al biotipo A en la transmisión de virosis. Sin embargo, su mayor capacidad de multiplicación y su mayor secreción de melaza lo convierten en productor de daños directos más importantes (a la igualdad de niveles poblacionales) que *T. vaporariorum*. Aunque los adultos de las moscas blancas pueden realizar vuelos activos de algunos metros, los principales difusores de esta plaga son el material vegetal contaminado y la acción transportadora (de la mosca blanca) por el viento. En los invernaderos los ataques suelen comenzar por focos puntuales originados por plantas contaminadas o por la orientación de los vientos dominantes. Al aire libre y sobre todo en verano los arrastres del viento originan distribuciones más homogéneas.

(4) Métodos de Control de Mosca Blanca

Existen métodos para su control, los que podemos agrupar como métodos preventivos y químicos.

1) Métodos Preventivos

Se eliminarán todas las malas hierbas, potenciales focos de la plaga y reservorio de virus, en la parcela de cultivo y sus alrededores, tanto antes de la implantación como durante el cultivo. También se eliminarán los restos vegetales de cosechas anteriores. Una precaución importante a tener en cuenta es la de asegurarse de que las plantas no vengan ya contaminadas de los semilleros. En los cultivos bajo invernadero, al acabar los cultivos se realizarán los tratamientos adecuados para impedir que persista cualquier estado de la plaga en la estructura. La colocación de mallas en las ventanas, puertas y cualquier apertura de ventilación aminorara los daños impidiendo las inmigraciones precoces, que son la forma más usual de contaminación.

2) Métodos Químicos

Aunque no siempre es fácil el control de las moscas blancas mediante plaguicidas, en la actualidad es el único método empleado por los agricultores en los cultivos al aire libre.

(5) Los Problemas que Surgen Para el Control de la Plaga se Basan en las Sigüientes Causas

Existen dificultades para realizar los tratamientos, ya que las moscas blancas se sitúan en el envés de las hojas y no es fácil alcanzarlas.

Las moscas blancas oponen barreras naturales a la acción de los pesticidas, como son las capas de melaza y de secreciones ceras, por lo que deben de adicionarse "humectantes" que contrarresten dichas barreras. Los aleurodidos son pocos sensibles a muchos de los productos utilizados concretamente el biotipo B de *B. tabaci* posee un alto nivel de resistencia a carbamatos y productos organo-fosforados. Así con objeto de evitar la aparición de resistencias, se recomienda la alternancia en el uso de materias activas con diferentes formas de actuación y formulaciones. Los tratamientos

resultan poco eficaces cuando las poblaciones de mosca son muy elevadas, ya que entonces se encuentran sobre la planta todos los estadios del insecto. Es recomendable, por lo tanto, iniciar los tratamientos cuando se observen los primeros focos de la plaga y repetirlos cuantas veces haga falta.

Entre los productos más utilizados para el control de las moscas blancas se encuentran imidacloprid y algunos de los denominados reguladores de crecimiento, como tebuflubenzuron y buprofecin, ya que se unen a su aceptable eficacia contra la plaga al no ser perjudiciales para los enemigos naturales de la misma.

También son utilizados la mayor parte de los piretroides como alfacipermetrin, cipermetrin, bifentrin, cufultrin, deltametrin, fluvalinato, etc. es conveniente que estos productos se alternen con otros como metomilo, endosulfan, etc.

8-1-7 Picudo del chile *Anthonomus eugenii* (Cano)

Este escarabajo es un pequeño Coleóptero perteneciente a la familia de los Curculionidos y a la subfamilia Anthonominae. Aunque procede de México, se encuentra distribuido en gran parte de América. Concretamente en Norteamérica se localiza en las zonas productoras de pimiento de California, Nuevo México, Texas, Florida donde sobrevive en los inviernos suaves. Es similar al gorgojo del algodón, aunque de menor tamaño.

(1) Morfología e Identificación

Los adultos son pequeños escarabajos de 3-4 mm de longitud. El color del cuerpo es negro, estando recubierto de un tenue vello o tomentosidad de color gris. Como todos los curculionidos, prolonga su cabeza en forma de pico, en cuya terminación se encuentran las piezas bucales. El pico es cilíndrico y en el se insertan las antenas. Las larvas son blancas, con la cabeza color marrón oscuro. Los huevos son esféricos, algo achatados y de color crema. Las hembras los depositan en yemas florales y en los frutos recién cuajados.

(2) Biología

En las regiones tropicales, las generaciones se suceden a lo largo de todo el año. En los climas templados puede haber de 5 a 8 generaciones, pasando los adultos el invierno guarnecidos especialmente en una hierba. El periodo de incubación de los huevos es variable, oscilando entre 4 y 8 días a 20-24 °C y realizando el desarrollo larvario entre 20 y 25 días. El ciclo completo de adulto a huevo suele realizarse en 7 semanas.

(3) Daños

Los escarabajos adultos se alimentan de las hojas y flores del pimiento, aunque también taladran los frutos. Las larvas neonatales, se desarrollan en el interior de los frutos de chiles recién cuajados, alimentándose más tarde de las semillas en formación y de los tejidos en crecimiento, provocando el aborto de muchos (Fotografía 15).



Fotografía 15. Daño por la plaga del picudo de chiles al ser anidado en la etapa de floración.

Las larvas se transforman en ninfas en el interior del fruto y una vez que se produce la emergencia, los gorgojos salen de los frutos y vuelan con facilidad dispersándose por el campo.

Los primeros síntomas del ataque son los pequeños orificios que tienen los frutos caídos en el suelo, que podrían confundirse con ataques de babosas o de orugas. Asimismo, las hojas aparecen con agujeros pequeños de forma más o menos circular y de 2 a 4 mm de diámetro, diferentes a los producidos por las orugas al alimentarse. Las cicatrices provocadas en los frutos por la oviposición son también buenos indicadores de la infestación.

(4) Métodos de Control

Un buen método preventivo consiste en eliminar las malas hierbas presentes en el cultivo, así como las que se encuentran en las inmediaciones. El control químico es el método más utilizado, habiéndose mostrado con un buen resultado el uso de piretroides, fundamentalmente la permetrina. Otras materias activas recomendadas son: acefato, alfacipermetrin, bifentrin, cipermetrin, diazinon y fenitrothion.

8-1-8 Minador de la hoja -*Lyriomiza trifolii* (Burgess)

Dentro del orden de los Dípteros se encuentra la familia Agromyzidae, a la cual pertenecen una serie de especies que presentan la particularidad de que sus larvas se alimentan realizando galerías o minas en las hojas y en los tallos de diversos vegetales, recibiendo por este hecho el nombre vulgar de minadores (Fotografía 16). Dado que la especie que causa mayores daños es *L. trifolii* pasaremos a describirla, a pesar de que en el pimiento está considerado como una especie vegetal poco sensible a los minadores. *L. trifolii*, es una especie cosmopolita que se ha extendido por los 5 continentes, especialmente por Norteamérica, Europa y África, aunque es originaria de América Central. Es una plaga muy polífaga que ataca a más de 400 especies vegetales.

(1) Morfología e Identificación

Los adultos son pequeños que miden entre 1.3 y 2.3 mm. de longitud. El tórax es negro por la parte dorsal y el resto es amarillo.

Las antenas son amarillas, con un artejo basal ensanchado y las patas también amarillas con manchas negras. El macho se diferencia de la hembra por tener las alas más cortas, el abdomen menor y redondeado y presentar bandas transversales en la parte dorsal del mismo. La hembra se caracteriza por tener en el abdomen una mancha amarilla. Las alas de las moscas son transparentes y un poco más largas que el abdomen, con una nervadura transversal engrosada (Fotografía 17). Las larvas pasan por tres estadios muy similares entre sí. Son de color blanquecino-amarillento y carecen de patas diferenciadas, aunque se pueden apreciar 8-10 anillos. Al final de su desarrollo miden de 2 a 2.5



Fotografía 16.

Adulto hembra de minador (*L. trifolii*) (<http://www.hortoinfo.es/index.php/plagas/575-minador-bryoniae-16-11>)

mm. de longitud. La pupa tiene la forma de un tonel con las paredes fuertemente quitinizadas, su color es amarillento a marrón claro y tiene una longitud de 1.6 a 1.9 mm. Los huevos son elípticos-ovalados, de color blanco y 0.5 mm de diámetro. Son depositados por las hembras con la ayuda del oviscapto en el mesófilo de las hojas, paralelamente a la superficie y solamente uno por puesta, pudiendo verse al trasluz.

(2) Biología

En las zonas tropicales o subtropicales cálidas las generaciones se suceden durante todo el año con solapamiento de los distintos estados del insecto. En climas templados o fríos suelen pasar el invierno de pupa, avivando en primavera. A 25 °C el periodo de incubación de los huevos dura de 2 a 3 días.

Al eclosionar, la larva comienza a alimentarse en el parénquima foliar, para lo cual excava una galería sinuosa, ayudándose de sus mandíbulas en forma de gancho. El tamaño de las galerías va creciendo conforme va madurando la larva. Al final de su desarrollo la larva realiza un orificio en la epidermis de la hoja para salir al exterior y transformarse en pupa, quedando sobre la misma hoja o cayendo al suelo (Fotografía 17)



Fotografía 17. Pupas de minador en hojas de chiles (*L. trifolli*).

La emergencia de los adultos se produce a los 9-10 días con una temperatura de 25 °C. A las 24 horas de la emergencia alcanza la madurez sexual, iniciando la puesta a los dos días. La hembra vive tres semanas, en tanto que los machos viven solo 2 días. La duración del ciclo total depende de la temperatura y de la planta huésped, estimándose en 17 días a 25 °C, 25 días a 20 °C y 44 días a 15 °C. Las temperaturas límites para su desarrollo se sitúan entre 9 °C y 37 °C, respectivamente.



Fotografía 18. Galerías de minador (*L. trifolli*) en hojas.

(3) Daños

Los daños pueden ser producidos por los adultos y las larvas. Los adultos hembras clavan el ovíscapo para realizar la puesta y para alimentarse. La savia exudada al atravesar la epidermis es succionada por los machos y las hembras, pudiendo estas heridas ser origen de podredumbres. Los mayores

daños los producen, sin embargo, las larvas al alimentarse, ya que las galerías abiertas se necrosan, adquiriendo las hojas tonalidades marrones con la consiguiente pérdida de capacidad fotosintética (Fotografía 18). Los ataques más perjudiciales suelen producirse en los semilleros o en las plantas recién trasplantadas, ya que, si la población de larvas es numerosa, pueden incluso producir la muerte a las plántulas. Los máximos ataques se producen en las estaciones cálidas y principios de otoño. En invierno prácticamente desaparecen incluso de los invernaderos.

(4) Métodos de Control

Antes del trasplante se debe de verificar el estado sanitario de las plantas en el semillero. Se deben de eliminar las malas hierbas desde el inicio del cultivo para evitar que actúen de reservorio de la plaga. Es recomendable el uso de mallas en los invernaderos, en todos los accesos y lugares de ventilación. En cultivos al aire libre, el método utilizado es el control químico. Aunque se han detectado algunas poblaciones que han desarrollado resistencia a algunos insecticidas como los piretroides, (Peña, 1996), existen en el mercado productos para el control de esta plaga como son: Dimetoato en dosis de 1 a 1.5 lts /ha. , o también con folimat en dosis de 0.5 a 0.75 lts/ha. folimat, kauritil 80%, y diazinón principalmente. El criterio de aplicación es cuando se observa las primeras minas en las hojas. Los tratamientos se deberán iniciarse en las primeras horas de la mañana, tratando de humedecer bien las hojas con la solución, sobre todo las hojas nuevas, que son donde se localizan los adultos, aunque la eficacia contra éstos es baja.

8-2 ENFERMEDADES

Las enfermedades más comunes presentadas en muestreo para este cultivo han sido secadera tardía (*Phytophthora capsici*), *Rhizoctonia* spp., y podrán ser combatidas con aplicación de Bavistín y Captan.

8-2-1 *Phytophthora Capsici*

(1) Síntomas y Daños

Puede provocar daños en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo. La podredumbre del cuello y la subsiguiente marchites brusca son los síntomas más característicos. En el cuello de la planta enferma puede observarse un azoca anular deprimida de color negruzco que afecta primero a los tejidos corticales y después a los vasculares. Esta lesión se desarrolla tanto en sentido ascendente como descendente, a partir del punto de infección, y termina produciendo la asfixia de la planta. Este fenómeno se produce de una forma tan rápida que las hojas se muestran colgantes, pero conservando inicialmente su color verde. Infecciones a partir de puntos mas altos en la planta, también han sido señaladas, pero suelen ser menos corrientes. En estos casos se suelen producir por salpicaduras de gotas de agua portadoras de las típicas zoosporas (esporas ciliadas) que pueden germinar sobre tallos, hojas y frutos, en estos a través de la inserción peduncular o de heridas.

Los ataques aéreos también pueden ser provocados por corrientes de aire, necesariamente muy húmedos, para asegurar la supervivencia de las zoosporas hasta alcanzar las plantas. En zonas agrícolas de clima árido, el agua de riego es la causa principal de la enfermedad. Así en el caso de utilizar sistemas de riego por agua rodada o surcos, la infección progresa fácilmente a lo largo de estos (Fotografía 19).



Fotografía 19. Daños por *Phytophthora capsici* en cultivo de pimiento.

8-2-2 Pythium Spp y Rhizoctonia

(1) Síntomas y Daños

Son los agentes causales de la enfermedad más común de los semilleros o almacigos. Los síntomas suelen consistir en fallos de emergencia, colapsos de plantitas o detención de su crecimiento, lo que suele ocurrir en manchas dentro del semillero, o campo de cultivo cuando se practica la siembra directa. En el caso específico de *Phytilium* y *Rhizoctonia*, se suelen observar daños, manchas de color marrón, en el cuello de las plantitas tiernas, justo al nivel del suelo (hipocotilo) (Fotografía 20). Estos daños impiden el flujo de la savia a las partes aéreas, provocando la muerte de la plantita. Cuando los ataques se producen antes de la emergencia, matan los ápices de la plantita, que muere rápidamente. Los hongos que causan estas enfermedades de las plantitas se encuentran en el suelo o las semillas su actividad se ve favorecida por la presencia de materia orgánica no descompuesta, altas humidades y la presencia de plantitas poco lignificadas. Por lo demás, algunos, como *Rhizoctonia*, *Phytilium* y *B. cinerea*, son más activos a temperaturas bajas, mientras que otros como *P. capsici* y *Colletotrichum*, lo son a altas temperaturas.



Fotografía 20. Daños por *Pythium* spp y *Rhizoctonia* en cultivo a través del riego rodado.

(2) Control de la Enfermedad

Para reducir las pérdidas de plantitas, es recomendable tratar las semillas con un fungicida. También es recomendable situar las camas de siembra en terrenos bien drenados. Además, estos deberán ser desinfectados antes de la siembra. En Los semilleros se deberán utilizar protecciones que faciliten la ventilación de los mismos, para prevenir humedades altas y facilitar el endurecimiento de las plantitas. En invernaderos donde se hayan producido ataques de *Phytium*, es recomendable atender la desinfección de las mesas de trabajo y macetas con una solución al 1% de sulfato de cobre. La incorporación de fungicidas en algunos de los riegos, también es recomendable en el semillero.

8-3 TOMA DE MUESTRAS

Se efectuarán muestreos del cultivo en todas las etapas de crecimiento, dos veces por semana para dar identificación oportuna y tomar la elección de combate tanto de plaga y enfermedad. La aplicación de los pesticidas se realizará con equipo mecánico para su rápida acción. La aplicación de los plaguicidas será hecha con bombas manuales, de preferencia por las mañanas, y las dosis de plaguicidas a utilizar, serán preparadas en el momento de la aplicación. Sobre la base de la experiencia para este cultivo, las principales plagas han sido las siguientes: Minador de las hojas, Mosquita Blanca, Pulgón y Barrenillo de Chile, que podrán ser combatidas con los productos siguientes: Folimat, Dimetoato, Thiodan, Orthene, Basudín, etc.

9. MANEJO DEL CULTIVO

El cultivo de Chile, requiere un adecuado manejo para que los factores de fertilización, riego y control de plagas, tengan los resultados esperados para tal fin. Se tendrá cuidado de apoyar dicho cultivo desde las etapas del plantero, manteniendo las condiciones adecuadas de clima, riego, fertilización y plaga principalmente. Para el momento del trasplante, será necesario mantener una capacidad de campo máxima para asegurar el mayor número de plantas.

9-1 TUTORADO

Las plantas de chiles anchos suelen alcanzar gran altura y fructificar abundantemente. El en tutorado, es una técnica conducente a evitar que las plantas cargadas de frutos se tumben, o que las ramas, como consecuencia del peso, se quiebren o se doblen y los frutos toquen el suelo se colocan cuerdas desde la base de la planta a unos 15 (Fotografía 21) cm. del piso, se colocan postes de madera a distancias equidistantes para formar el cuadro de sostén de las plantas.

Con el tutorado se facilita también la ventilación de la planta, los tratamientos y la recolección de frutos. Las plantas, deberán ser guiadas con tutores o soportadas para evitar el encamado de las mismas por su crecimiento y que ocasionan su disminución en el rendimiento total.

Para evitar el encamado, se colocarán postes o estacas a 2 metros de distancia sobre los surcos y estos serán colocados sobre la cama de siembra, unidos por cuerda de nylon o cable ixtle colocados a una altura de 15 cm. para el soporte básico de la planta y un cable más a 15 cm. del segundo para completar el sostén de las plantas. El tutorado se puede realizar de diversas maneras. La forma más económica es la de poner hilos paralelos a cada lado de la fila de plantas. Conforme va creciendo la planta se van poniendo nuevos hilos a mayor altura, distanciándose de los anteriores a 30 o 40 centímetros Fotografía 22.

9-2 RALEO DE FRUTOS

Para la obtención de frutos de calidad y una buena producción de frutos de Chiles, representa papel fundamental el corte de los primeros frutos que se dan en la primera ramificación de la planta. Estos frutos frenan con mucho el crecimiento del vegetal (Fotografía 23).



Fotografía 21. Tutorado de plantas de chiles.



Fotografía 22. Colocación de postes o tutores rígidos para soportar a las plantas en desarrollo.



Fotografía 23. Colocación de hilos en los tutores para amarre de la planta de chiles.

En trabajos observados en otros campos, se realiza esta operación conocida como "descole" o raleo de frutos con la finalidad de inducir vigorosidad a la planta y también lograr una mayor calidad en los frutos. Desde la floración a la madurez comercial se cuenta según sea la variedad y el estado de la recolección de 45 a 55 días para los frutos vendidos verdes y de 60 a 70 días para los frutos cosechados en estado maduro o rojo. Estos son colectados en cajas y empacados de acuerdo a su color y tamaño. El rendimiento depende de numerosos factores, en particular de la duración del cultivo, del estado de recolección y de las variedades empleadas.

10. COSECHA

10-1 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

El inicio de la cosecha de los chiles se da normalmente a los 90 días después del trasplante, con excepciones a 80 días para híbridos muy precoces. Las cosechas normalmente se dan cada 8 a 10 días una de otras. El corte se debe realizar con cuidado para evitar quebrar ramas de la planta con nuevas cargas, además de que a través de estas heridas a la planta se favorezca la incidencia de enfermedades y plagas. Los frutos son cosechados a mano, tomando en consideración el tamaño, forma y color verde oscuro para la cosecha. La recolección en campo, normalmente se realiza en canastas o cajas de 12 a 15 Kg., o en sacos de ixtle (arpías) con capacidad e 15 a 20 Kg. (Fotografía 24).

Los frutos cosechados, deberán ser cuidados de exponerlos el menor tiempo a los rayos del sol, para evitar pérdidas por deshidratación y serán llevados lo más pronto posible a la sombra y a empaque refrigerado. Normalmente, las cosechas en campo están sincronizadas al envío de los mercados, por lo que es una práctica común que se esté cosechando e inmediatamente se depositen en contenedores con refrigeración (tráiler) para ser llevados a los centros de consumo. Para la cosecha, se buscarán frutos que no presenten manchas, o cambios de tonalidad de color, rasgaduras por insectos, y pudrición por acción del contacto de frutos a la superficie del suelo (primeros cortes) cuando no se procede a colocar tutores.



Fotografía 24. Proceso de la cosecha de frutos de chiles, a 90 días después del trasplante.

10-2 CONSERVACIÓN

Los frutos de chiles poseen tejidos vivos, que están sujetos a continuos cambios después de la recolección. Mientras que algunos de estos cambios son deseables, la mayoría de ellos no lo son desde el punto de vista del consumidor y aunque no puedan ser detenidos, pueden ser moderados dentro de ciertos límites.

10-3 CAMBIOS FISIOLÓGICOS DESPUÉS DE LA COSECHA

En el periodo de poscosecha el proceso de maduración continúa. La madurez la definimos como el conjunto de cambios producidos en el color, sabor y textura de los frutos, que los convierten en adecuados para el consumo humano. Los fenómenos asociados a la maduración incluyen entre otros: cambios en el color con cambios en la clorofila y aparición de nuevos pigmentos, alteraciones en el sabor, con cambios de acidez y en el contenido de azúcares y cambios en la textura del fruto. Por otra parte, está claro que las condiciones ambientales pueden influir como mínimo al primero y al último de estos aspectos y quizás a todos ellos.

11. AGRADECIMIENTOS

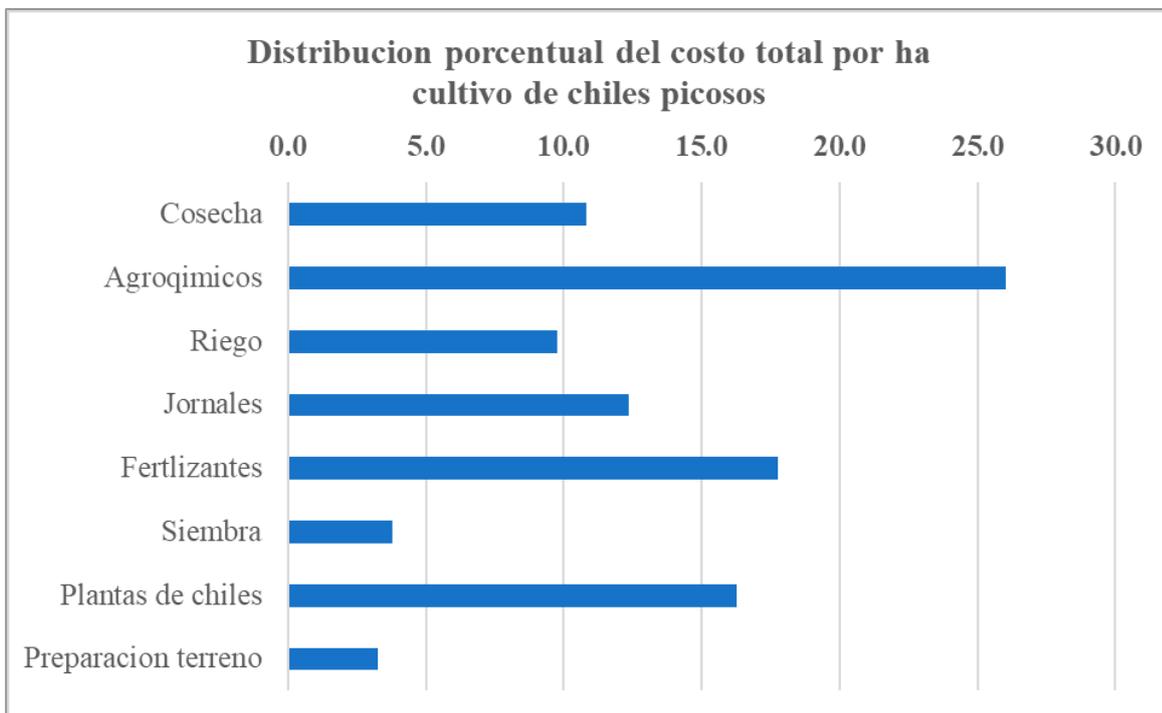
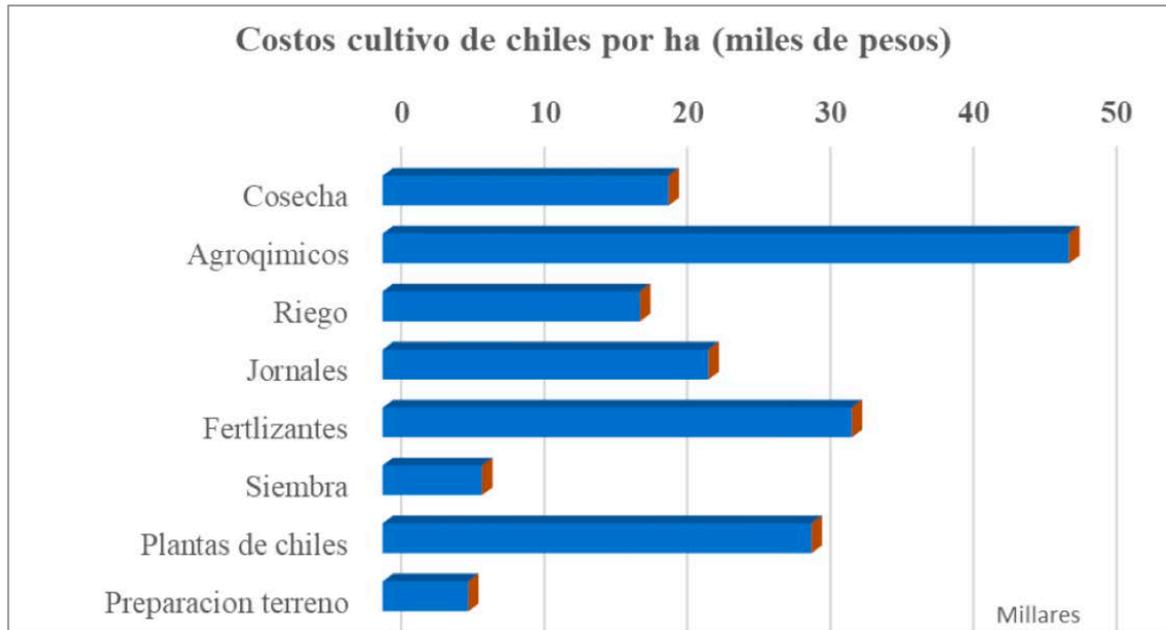
Se agradece la valiosa participación en la consecución de este manual de manejo de cultivo de chiles picosos, al Productor Cooperante del Proyecto de Acuaponia en el Modulo acuapónico de Los Planes, BCS, Sr. José Ángel Rodríguez Casas, Profesor, Cristóbal Rodríguez Pérez, Sr. Héctor Rubén Castro Manríquez, M.C. Luis Landa Hernández, Tec. Raymundo Ceseña Núñez, Tec. Adrian Jordán Castro, Dra. Masako Hishida, por su labor de apoyo para las acciones en estos cultivos en chile picos en suelo cielo abierto del sistema acuaponico combinado con cultivo en suelo a cielo abierto.

12. ANEXOS

12-1 LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE CHILES EN BCS



12-2 INVERSIÓN PARA PRODUCCIÓN DE CHILES PICOSOS EN 1.0 HECTÁREA POR PRODUCTORES DURANTE EL MANEJO AGRONÓMICO TRADICIONAL CON SEMILLAS CERTIFICADAS TRATADAS BAJO INVERNADERO



12-3 COSECHA DE CHILES BAJO ENSAYO EN LA PARCELA EXPERIMENTAL ACUAPÓNICA BAJO RÉGIMEN DE RIEGO CON DOS FUENTES DE AGUA EN LOS PLANES, BCS

Tabla de cultivo de chiles picosos en suelo a cielo abierto

		Periodo de cultivo	Production	Riego	Usos eficiente de agua	Precios de mercado (6.12 Yenes japoneses = 1 Pesos mexicanos)	
		(días)	(FW t/ha)	(L/ha/día)	(FW kg water/L)	(Yen kg ⁻¹)	(Peso kg ⁻¹)
Cille Serrano	Agua subterránea	133	17.7	18473	0.00719	152	24.9
	Agua de sistema	133	21.3	18452	0.00867	152	24.9
Cille Morron	Agua subterránea	105	12.2	20534	0.00565	260	42.4
	Agua de sistema	105	10.8	20674	0.00496	260	42.4
Cille Habanero	Agua subterránea	133	3.22	17617	0.00137	574	93.8
	Agua de sistema	133	6.52	17959	0.00266	574	93.8

Los datos en la tabla indican la cantidad de cosechas obtenidas, el volumen de agua de riego aplicado y la eficiencia del uso del agua en el periodo del cultivo desde el día 4 de octubre de 2019 (trasplante), hasta la cosecha final en el campo en suelo a cielo abierto del Módulo Acuapónico de Los Planes. Las cosechas realizadas fueron: 5 para chile serrano, 3 para chile morrón y 2 para chile habanero respectivamente. Una sección del cultivo utilizó agua del sistema acuapónico (mezcla de agua utilizada en la cría de tilapia + cultivo de acelgas y epazotes en hidroponía conteniendo nutrientes), más agua potable comprada para ajustar la CE a 4 $\mu\text{S} / \text{m}$. Para la otra sección de riego, se usó de agua subterránea, donde se requirió la aplicación de nutrientes hidrosolubles (nitrógeno, fósforo y potasio) para igualar la concentración de nutrientes y CE de 4 $\mu\text{S} / \text{m}$ en la sección de riego con agua del sistema.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Contreras Mauricio y Martínez Elizando Rene. Relación Agua-Suelo-Atmósfera-Planta. Chapingo, México, 1996. Comité editorial del departamento de irrigación. Universidad de Chihuahua.
- Anderson Herry R. y Raiborn Mitchell H. Conceptos básicos de Contabilidad de Costos. Julio del 2000 México D.F.
- Aserca, 2003. Apoyos y Servicio a la comercialización Agropecuaria.
- Aserca.1998. VII. GRUPO ESTRATEGICO DE CHILE VERDE. Principales países productores de chile verde. Disponible en la dirección electrónica: spice.gob.mx/siem2000.
- Baca Urbina Gabriel. Evaluación de Proyectos. Junio 1995, Tercera Edición. Estado de México.
- Backer Morton, P.H.D.,C.P.A. Contabilidad de costos un enfoque Administrativo y de Gerencia. Enero-1977 en Litografía Ingramex, S.A., Centeno 162. Col. Granjas Esmeralda México D.F.
- Cano Alvarado Manuel Francisco. Cultivo de chile (*Capsicum spp*), potencial exportable chiles en fresco, de una zona libre de plagas. Guatemala, Abril de 1998. Fuente: mfcanoa@starnet.net.gt

- Claridades Agropecuarias. 1995. LA PRODUCCIÓN DE CHILE ANCHO EN GUANAJUATO Y DE GUAJILLO EN ZACATECAS. Sección: de Nuestra Cosecha. Revista No. 22, Pags.4,5,8. ASERCA. México.
- Claridades Agropecuarias. 1998. EL CHILE VERDE Y SU TRASCENDENCIA CULTURAL. Sección: de Nuestra Cosecha. Revista No. 56, Pags.1,2,3,4,15. ASERCA. México
- Cosío A. M.F. 1998. CULTIVO DE CHILE (*Capsicum spp*). Una revisión bibliográfica: Potencial exportable de chiles en fresco de una zona libre de plagas. Guatemala.
- D" Alessio Lpinza Fernando. Administración y Dirección de la Producción enfoque estratégico y calidad. 1ra. Edición 2002.
- Everhart Eldon, Haynes Cindy, Jauron Richard 2002. El huerto doméstico. En guía de horticultura de Iowa State University. University Extensión. 4 p.
- Fomento Agrícola. 2002. Secretaria de Fomento de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de B. C. S. Dirección de Fomento Agrícola. La Paz, B.C.S. 2 p.
- Fernando Nuez Viñals, Ramiro Gil Ortega y Joaquin Costa Garcia. El cultivo de pimiento, chiles y ajies, 1996, Mundi Prensa. España.
- Galomo Rangel T. 1999. Como producir chile serrano en la costa de Oaxaca. En 500 Tecnologías Llave en mano. Tomo II.
- Hartz T. K. 2002. La producción de chile dulce en California. University of California in Davis. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7217 in Spanish. 4 p.
- Hernández J. 1999. Producción de plantas de chile jalapeño en charolas germinadoras. En 500 Tecnologías Llave en mano. Tomo II. SAGARPA. INIFAP. División Agrícola. 80-81 p.
- INEGI 2003 Anuario Estadístico Baja California Sur.
- INIFAP.2002. Paquete tecnológico: Chile. SAGARPA. INIFAP. Dirección General de Agricultura. Campo experimental Valle de Santo Domingo. B.C.S. Abril de 2002. 4-8 p.
- Jiménez Carlos M. Gestión y Costos, Beneficio creciente mejora continua. Marzo 2001 Sánchez de Loria 2551 México D.F.
- Macías Valdez L.M. y C.C. Valadéz Marín. 1999. Guía para cultivar chile en Aguascalientes. INIFAP-CIRNOC, CAMPO Experimental Pabellón. Folleto para productores N° 23. Aguascalientes, México.24 p.
- Maza Zabala Domingo F. y Ramos Antonio V. Melinkoff. Tratado Moderno de Economía. Nueva edición. EDITORIAL PANAPO. Caracas 1992.
- Ramírez Jacinta 2003. Información sobre variedades de chiles (*Capsicum Spp.*)
Fuente:<http://pepperconference.org/pepperconferencel/informacion->

- SAGARPA 1996. Estadísticas Agrícolas. Programa de Fomento Agrícola. Delegación Estatal en Baja California Sur.
- SAGARPA 2000. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, 1980-2000 (SIACON). México. D.F
- SAGARPA 2002. Sistema de Información Agropecuaria. México tercer lugar en producción mundial de chile con 180 mil toneladas al año. Fuente: <http://www.sagarpa.gob.m> Comusoc@sagarpa.gob.mx
- SARH-INIFAP-CIRNO. 1996. Paquete tecnológico: chile. Campo Experimental Valle de Santo Domingo, Baja California Sur.



2-3-3. Manual para la Producción de Cilantro



Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral¹⁾

M.C. Luis Landa Hernández¹⁾

Dr. Takayuki Ando²⁾

Dr. Hajime Kobayashi²⁾

Dr. Satoshi Yamada²⁾

Dra. Mina Yamada²⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

²⁾ Universidad de Tottori

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. GENERALIDADES	135
2. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	135
2-1 NOMBRES COMUNES.....	135
2-2 CARACTERES BOTÁNICOS	135
3. USOS.....	136
4. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	136
5. CLIMA Y SUELO.....	136
6. PROPAGACIÓN.....	137
7. CULTIVO	137
7-1 PLANTACIÓN.....	137
7-2 FERTILIZACIÓN Y RIEGO.....	138
7-3 LABORES CULTURALES	139
8. RECOLECCIÓN.....	139
9. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	140
10. POSTCOSECHA	140
11. APLICACIONES Y CURIOSIDADES	141
11-1 APLICACIONES MEDICINALES	141
11-2 APLICACIONES CULINARIAS.....	142
11-3 CURIOSIDADES	142
12. PRINCIPIOS ACTIVOS	142
13. AGRADECIMIENTOS	142
14. BIBLIOGRAFÍA	143
15. ANEXOS	144

1. GENERALIDADES

Probablemente es originario del Mediterráneo Oriental (Grecia) y de Oriente Medio. Su nombre se menciona en la Biblia, donde el color del maná se compara con el cilantro.

Los frutos se producen mayoritariamente en Rusia, India, América del Sur, Marruecos y Holanda. Los romanos, quienes lo utilizaban en la cocina y la medicina, lo introdujeron en Gran Bretaña y fue ampliamente utilizado en la cocina inglesa hasta el Renacimiento, cuando aparecieron las nuevas especias exóticas. En Europa se utilizaba también en la producción de cerveza. Las partes utilizables de la planta son los frutos, las hojas y las raíces, si bien estas últimas sólo en Tailandia. Las frutas y las hojas poseen un sabor totalmente diferente. El secado destruye la mayor parte de la fragancia de las hojas, aunque existen referencias de la utilización de las mismas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

2-1 NOMBRES COMUNES

Cilantro, Coriandro, Perejil chino, Perejil árabe, Culantro, Anisillo, Culandro. El cilantro es una hierba anual de la familia de las Apiáceas. Su nombre genérico *Coriandrum* viene del griego *Korios* que quiere decir chinche (el insecto), en alusión al desagradable olor que producen sus frutos aun verdes, y su nombre específico *Sativum*, quiere decir que es una planta cultivada.

Sus orígenes parecen inciertos, aunque por lo general se considera una planta proveniente del norte de Africa y el sur de Europa. El cilantro se utiliza en recetas tradicionales de muchas culturas alrededor del mundo desde hace miles de años. Sus semillas secas son, por ejemplo, un ingrediente fundamental de preparaciones como el curry de la cocina india, y sus hojas frescas enteras o picadas, se consumen en muchos países latinoamericanos, así como en Chipre, Grecia, China o Japón, entre otros. Aparte del uso culinario, muchas culturas usan el cilantro como medicamento o remedio casero, atribuyéndole propiedades relajantes, antiespasmódicas y estomacales.

2-2 CARACTERES BOTÁNICOS

Es una planta anual, herbácea, de 40 a 60 cm de altura, de tallos erectos, lisos y cilíndricos, ramificados en la parte superior. Las hojas inferiores son pecioladas, pinnadas, con segmentos ovales en forma de cuña; mientras que las superiores son bi-tripinnadas, con segmentos agudos. Las flores son pequeñas, blancas o ligeramente rosadas, dispuestas en umbelas terminales. Los frutos son diaquenios, globosos, con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, constituidas por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo-marrón. Tienen un olor suave y agradable y un sabor fuerte y picante. Contiene dos semillas, una por cada aquenio. Las raíces son delgadas y muy ramificadas.

3. USOS

Comúnmente las partes más usadas de la planta son sus hojas frescas y sus frutos maduros y secos, aunque a veces también se utilizan los tallos y las raíces, presentamos aquí algunos de sus usos: - Su fruto de olor suave y sabor picante, contiene dos semillas que se utilizan enteras o molidas (en mezclas de especias) o para dar sabor a aceites y vinagres. - En la cocina se usa en una gran variedad de preparaciones, tales como sopas, guisos, verduras, - Combinado el cilantro con otras especias aromáticas, se emplea en la elaboración de embutidos. - Las aplicaciones externas ayudan a la desinfección y cicatrización de heridas. - El cilantro es uno de los componentes del curry y de las pastas y una de sus propiedades es reducir la flatulencia. - Sus frutos finamente molidos son utilizados para aromatizar el café en algunos lugares del Medio Oriente. - Las hojas frescas son ingrediente esencial del Chutney (conserva agridulce) y del Guacamole (salsa con aguacates). - En estudios recientes se ha demostrado que esta hierba sirve para combatir la bacteria de la salmonela. - Las raíces del Cilantro son utilizadas en muchos platos de la cocina tailandesa. - Tradicionalmente en Iraq se considera el cilantro como un remedio para el insomnio y la ansiedad. - Tomado como infusión, el cilantro mejora el apetito en las personas que padecen anemia y la digestión cuando sufren de estreñimiento, de acuerdo con la herboristería tradicional.

4. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Actualmente el cilantro es una de las especias de mayores implicaciones económicas, ya que es un cultivo con buen rendimiento y muy buen precio internacional. Se calcula que las especias mueven alrededor de US\$ 6.000 millones en el mercado mundial y que el sector está creciendo entre un 5 y 6 % por año.

Los principales países productores de cilantro son Rusia, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán. Los principales países importadores de cilantro son Alemania, Estados Unidos, Sri Lanka y Japón.

5. CLIMA Y SUELO

El cilantro requiere un clima templado, y aunque puede tolerar un clima templado-cálido, en éste experimenta una notable disminución del rendimiento. La concentración de aceite esencial en los frutos disminuye a temperaturas superiores a 21° C, siendo la temperatura óptima para la hinchazón del grano entre 15-18° C. Es poco exigente en suelos, pudiendo crecer en los francos, silíceo-arcillosos, algo calcáreos, ligeros, frescos, permeables, profundos e incluso en los ligeramente ácidos, prefiriendo los calizos. Normalmente crece en regiones áridas, aunque se cultiva bien bajo riego. Crece hasta una altitud de 1.200 m. El cilantro es poco exigente en suelo, se puede sembrar en suelo

arcilloso, areno-arcilloso, con bajo a elevado contenido de materia orgánica. Se da bien en suelos francos, algo calcáreos, ligeros, frescos, permeables, profundos. No son apropiados los suelos fríos e impermeables.

6. PROPAGACIÓN

La plantación se realiza por semilla, en siembra directa sobre el terreno asentado. El peso medio de 1000 semillas es de 9,033 g y su poder germinativo es superior al 90% a una temperatura media de 15° C en campo. Las semillas se siembran en hileras, a una distancia de 30 a 50 cm unas de otras, poniendo la semilla a 1 cm de profundidad; a mayor profundidad no germinan pues necesitan claridad.



Fotografía 1. Siembra directa al suelo de semillas de cilantro con el uso de sembradora mecánica.

7. CULTIVO

7-1 PLANTACIÓN

Las filas se separarán de 50 a 60 cm y las plantas de cada fila entre 15 a 20 cm. Cuando se vayan a producir hojas, estas separaciones serán menores. La mejor época del año para sembrar cilantro es la primavera, después de que haya pasado las últimas caídas de temperatura del año.



Fotografía 2. Distancia de surcos para la siembra de cilantro en ambos lados de la cintilla de riego.

Es conveniente tener en cuenta que las plantas de cilantro no vivirán todo el año, por lo que se pueden cultivar de forma sucesiva, y así disfrutar de ella por más tiempo. Aunque el cilantro es una planta fácil de cultivar, y no da muchos problemas para germinar, recomendamos utilizar tierra relativamente suelta. Se hacen agujeros o surquitos en la tierra de poca profundidad y se colocan las semillas cuidadosamente; se cubre de tierra y se riega todo el semillero. Las plántulas brotarán a los 15 días aproximadamente. Primero aparecen dos hojas pequeñas y fuertes y a las dos semanas aparecerán las primeras hojas pecioladas características del cilantro que hemos descrito anteriormente. Es conveniente no exponerlas mucho tiempo al sol durante las primeras semanas de vida, aunque a partir de las 6 hojas, una mayor insolación favorecerá su crecimiento.



Fotografía 3. Surcos de cilantro en camas de siembra en suelo con riego por goteo.

Da buen resultado la siembra escalonada, durante la primavera y principios del verano, de forma que permita una recolección de frutos escalonada. En cambio, con la siembra en pleno verano, la recolección será diferida y sólo habrá una de follaje. Son necesarias de 4 a 5 kg de semillas para sembrar una hectárea, y éstas conservan su poder germinativo de 2 a 5 años.

7-2 FERTILIZACIÓN Y RIEGO

Es recomendable en el momento de la labor del suelo realizar la aplicación de estiércol maduro composteado. La fertilización mineral, dependerá de la riqueza del suelo. En general ésta comprende de 60 a 80 unidades de nitrógeno, en cobertera, en dos veces en forma amoniacal; de 80 a 100 unidades de ácido



Fotografía 4. Distribución de riego en camas de siembra.

fosfórico, en el momento de la labor, preferentemente en forma de superfosfato de cal; de 100 a 120 unidades de potasa, en forma de sulfato potásico.

Algunos autores como Gupta y Rams (Sandoval y Escandón, 1990) encontraron respuesta en la India en el rendimiento de semillas con la aplicación de 5 ppm de Zn. Ghosh en 1985 documenta el efecto de la aplicación de fósforo (40 kg de P_2O_5) y nitrógeno (60 kg/ha de urea) en el rendimiento y calidad de semillas. Igualmente, es necesario la aplicación de riegos frecuentes y ligeros para mantener la humedad del suelo y con ello la hidratación del tejido foliar, ya que este cultivo sufre de déficit de agua si los riegos no se dan con frecuencia. Para ello el sistema de riego por goteo es lo recomendado en este cultivo

7-3 LABORES CULTURALES

En la época seca se llevará a cabo el riego. Se recomiendan las escardas. Cuando se trate de cultivos con una extensión considerable se aplicarán herbicidas tras la siembra y con tiempo húmedo. Es importante las labores culturales para evitar pérdidas en el cultivo, entre ellas la escarda y desyerbes periódicos para la salud del cultivo.



Fotografía 5. Cultivo de cilantro con manejo de campo para sanidad y calidad a cosecha.

8. RECOLECCIÓN

Puede realizarse a los 40 - 60 días tras la siembra y hasta los 4 meses para la producción de semilla madura. En este caso, la recolección de las umbelas debe hacerse antes de su maduración completa de los frutos, a primera hora de la mañana. Con una segadora-trituradora adaptada, la recolección puede retrasarse algunos días. Para la producción de hojas, se llevará a cabo antes de



Fotografía 6. Cosecha de cilantro empacada en mazo de 100g c/u.

la aparición del tallo, para evitar las semillas precoces. Si se cosechan las exteriores más viejas, la planta continuará produciendo follaje nuevo hasta que eche flores. A veces se corta a una altura de 2-3 cm sobre el suelo y se agrupan en el campo. De esta forma, la planta puede volver a crecer para un segundo corte, a pesar de que no lo hace tan eficazmente como otras aromáticas como el perejil. Por esto es común que sólo sea cosechado una vez.

9. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Se conocen muy pocas enfermedades en el cilantro. La más importante es la mancha bacteriana (*Pseudomonas syringae*). Produce lesiones que consisten en venas delimitadas y angulares de la hoja, que en primer lugar están en forma de hojas translúcidas y más adelante y con condiciones secas, las manchas se vuelven de color negro o café. Cuando el ataque es grave, las manchas de la hoja pueden unirse y causar un efecto de marchitamiento. Bajo condiciones experimentales el patógeno también infecta al perejil. El patógeno se ubica en la semilla, por lo que la enfermedad se propaga a través de la semilla contaminada. La lluvia y el riego favorecen el desarrollo de la enfermedad.



Fotografía 7. Síntomas de enfermedades en campo por amarillamiento de hojas.

10. POSTCOSECHA

El cilantro tiene un índice de respiración recién cosechado moderadamente alto (15-20 ml CO₂/g·h), como otros vegetales de hoja verde, y una producción de etileno relativamente baja (<0.2 µl / g·h a 5° C). Debe ser almacenarlo bajo condiciones de la alta humedad y temperatura baja. Se puede esperar una vida útil entre 18 y 22 días almacenando el cilantro a una temperatura en torno a los 0° C, periodo en el que permanecerá con una buena calidad visual, aunque la calidad aromática comienza a disminuir a partir de los 14 días. Una temperatura de almacenamiento de 5 y 7.5° C, mantendrá la calidad durante 1 y 2 semanas respectivamente. Con una atmósfera de aire con 5% ó 9% de CO₂ se alarga la vida útil de cilantro almacenado a 7.5° C, aproximadamente 14 días. Atmósferas enriquecidas con un 9%-10% de CO₂ producen lesiones

de color oscuro después de 18 días; con el 20% de CO₂ producen daños severos tras una semana.



Fotografía 8. Cosecha manual en campo en las horas frescas del día.

La alta relación existente entre su superficie y volumen hace que el cilantro sea muy susceptible a la pérdida de agua. Cuando la refrigeración no es posible, el marchitamiento puede ser retrasado enfriando las plantas con agua o hielo, protegiéndolas de la luz solar.

11. APLICACIONES Y CURIOSIDADES

11-1 APLICACIONES MEDICINALES

El fruto del cilantro posee las siguientes propiedades:

- Eupéptico, ya que facilita la digestión.
- Beneficioso en trastornos digestivos, indicado en caso de gastritis, insuficiencia pancreática, digestiones pesadas, inapetencia y flatulencia.
- Carminativo, pues elimina los gases.
- Antiespasmódica, y ligeramente tónica del sistema nervioso cuando se toma en pequeñas dosis.
- Convalecencia, en enfermedades infecciosas.
- Tónico y estimulante.

También se ha empleado como fungicida, antiinflamatorio, antihelmíntico y analgésico por vía externa. Una propiedad que no se han demostrado es la de vermífugo (expulsa las lombrices intestinales). Algunas investigaciones realizadas con ratas han demostrado que los frutos del cilantro logran reducir el colesterol en sangre: disminuyen el colesterol malo (LDL) y los triglicéridos y aumentan el colesterol bueno (HDL). Esto es debido a que el cilantro produce una disminución en la absorción de los ácidos biliares en el intestino.

Las hojas de cilantro secas son una fuente importante de vitamina K, que interviene en la síntesis hepática de los factores de coagulación sanguínea y en la calcificación de los huesos, ya que al promover la formación ósea.

En 1998 se realizó una de las investigaciones más importantes sobre el cilantro, en la que se descubrió que el cilantro posee importantes propiedades

quelantes. Las terapias de quelación son un método muy utilizado en medicina en pacientes que presentan envenenamiento por metales en sangre. Posteriormente el doctor Omura demostró que las propiedades quelantes del cilantro son mayores que el EDTA (ácido etilen diamino tetracético), ya que en fresco logra eliminar cualquier metal pesado en sangre en menos de dos semanas de tratamiento. El cilantro no sólo evitó el envenenamiento, sino que mejoró la salud de los pacientes.

11-2 APLICACIONES CULINARIAS

Una de las principales características del cilantro es su propiedad antibacteriana, por lo que actuará como una barrera natural al utilizarse en fresco sobre alimentos.

El cilantro es una componente fundamental del curry en polvo. Se utilizan en la cocina de Sri Lanka e India, en platos asados o fritos, para ensalzar el sabor de los alimentos. Las hojas del cilantro gozan de gran popularidad en una buena parte de Asia. En la cocina tailandesa se usa para darle mayor sabor a sopas, ensaladas, y en la pasta de curry verde se usan las hojas y las raíces. En el sur de Vietnam, las hojas de cilantro picado aparecen como decoración en casi todos los platos, a veces combinada con menta.

En América latina utilizan principalmente las hojas, especialmente México con uno de sus platos más típicos, el guacamole, que es una pasta de aguacates, tomates, jugo de limón, ajo, cebolla, chiles y hojas de cilantro

11-3 CURIOSIDADES

El nombre genérico proviene de la palabra griega *Korios*, chinche, en alusión al olor repugnante de su fruto verde.

Las hojas del cilantro se asemejan a las del perejil europeo en varios aspectos. Tienen forma similar y ambos son mejor utilizados en fresco, ya que el sabor disminuye considerablemente tras una prolongada cocción. En ambas plantas, la raíz tiene un sabor similar a las hojas, y su sabor tolera mejor la cocción.

12. PRINCIPIOS ACTIVOS

Contiene aceites esenciales, aceites grasos, trazas de glucósido, taninos, oxalato cálcico, etc. La composición química del cilantro se basa principalmente en sus aceites esenciales, entre ellos d-linalol, 70 a 90% pineno, dipenteno, geraniol, felandreno, borneol, limoneno y otros componentes menores. La esencia es ligeramente amarilla o incolora.

13. AGRADECIMIENTOS

Se agradece cilantro la valiosa participación en la consecución de este manual de manejo de cultivo de cilantro, al Productor Cooperante del Proyecto de Acuaponia en el Modulo acuapónico de Los Planes, BCS, Sr. José Ángel Rodríguez Casas, Profesor, Cristóbal Rodríguez Pérez, Sr. Héctor Rubén Castro

Manríquez, Ing. Saúl Briseño Ruiz, Tec. Raymundo Ceseña Núñez, Tec. Adrian Jordán Castro, Dra. Masako Hishida, por su labor de apoyo para las acciones en este manual de cultivo de cilantro en suelo cielo abierto del sistema acuapónico combinado con cultivo en suelo a cielo abierto.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hosseini, H. and Abdollahi, M. 2014. Antimicrobial activity of alginate/clay nano-composite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens. *Food Control* 36: 1-7.
- Alvarez-Fernandez, A., Garcia-Lavina, P., Fidalgo, J., Abadia, J. y Abadia A. 2004. Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) trees. *Plant and Soil* 262: 5-15.
- Bandoni, A. L., Mizrahi, I. and Juarez, M.A. 1998. Composition and quality of essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) from Argentina, *J. Essent. Oil Res.* 10: 581-4.
- Barreyro, R.A., Sánchez, V.G.E. and Bezus, R. 1993. Respuesta del coriandro (*Coriandrum sativum* L.) a la fertilización nitrogenada y fosforada. *Anales SAIPA.* 11: 195-200
- Bhunja, S.R., Ratnoo, S.D. and Kumawat, S.M. 2009. Effect of irrigation and nitrogen on water use, moisture extraction pattern, nitrogen uptake and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in north-western irrigated plains of Rajasthan. *Indian Society for Spices. J. Spices & Arom. Crops.* Vol. 18(2): 88–91.
- Bruulsema, T.W., Fixen, P.E. and Snyder, C.S. 2004. Fertilizer Nutrient Recovery in Sustainable Cropping Systems. *Better Crops*, Vol. 88, No. 4.
- González Pérez Enrique, Villalobos Reyes Salvador, Rodríguez Guillen Alejandro, Avilez Baeza Idelfonso. 2017. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) un cultivo ancestral con potencial sub-utilizado, INIFAP, SAGARPA, libro técnico 9.
- Dadiga, A., Satish, K. and Prajapati, S. 2015. Influences of Organic and Inorganic Sources of Nutrients on Growth, Yield Attributed Traits and Yield Economic of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Cv JD-1. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49 (6): 577-580.
- Guerrero, R.R. 1999. Fertilización de cultivos en clima cálido. Edit. Monómeros. Colombia
- López L., G., Magaña L.N. and Vázquez, R.C. 2014. Carta tecnológica del cultivo de cilantro. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

15. ANEXOS

Programa de siembra de cilantro

Programa Integral para el Desarrollo Rural 2014, Sagarpa. Elaborado Ing. Gamaliel López López, Mc. Natanael Magaña Lira, Ing. Cuauhtémoc Vázquez Romero.

SEMINAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
									
ETAPAS DE DESARROLLO	GERMINACIÓN				DESARROLLO DE HOJAS				
LABORES	RIEGO	RIEGO, DESHIHERBE Y MANEJO DE PLAGAS				COSCHA DE FOLLAJE			

2-3-4. Manual para la Producción de Betabel



Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral¹⁾

M.C. Luis Landa Hernández¹⁾

Dr. Takayuki Ando²⁾

Dr. Hajime Kobayashi²⁾

Dr. Satoshi Yamada²⁾

Dra. Mina Yamada²⁾

¹⁾ *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)*

²⁾ *Universidad de Tottori*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. PRÓLOGO	147
2. INTRODUCCIÓN.....	147
3. PREPARACIÓN DEL TERRENO	148
4. SIEMBRA.....	148
5. ABONO O FERTILIZACIÓN	149
6. CONTROL DE HIERBAS O MALEZA	149
7. CONTROL DE PLAGAS.....	150
8. PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES.....	150
9. COSECHA	150
10. RENDIMIENTO	151
11. AGRADECIMIENTOS	151
12. BIBLIOGRAFÍA	151
13. ANEXO. CRONOGRAMA DE PLANTACIÓN.....	152

1. PRÓLOGO

El cultivo de betabel está ampliamente difundido en la mayor parte de México y el mundo. Es un cultivo con demanda para consumo de alimentación humana y animal, además de su aprovechamiento en otras actividades del sector agropecuario. Este cultivo, tiene buena adaptación a variados climas y suelos, por lo que no es la excepción su cultivo en suelos áridos.

Una característica de esta especie es su resistencia a suelos con pH alcalinos, además su potencial gran rendimiento, el cual depende de las técnicas aplicadas en su cultivo. La aceptación en los mercados para consumo humano, varía con las épocas del año y su demanda es aceptable en la mayoría del año. Por tal razón, el cultivo de esta especie es una buena alternativa para integrarse a módulos intensivos de producción de alimentos como es el caso de acuaponía en nuestro manejo de acuaponía combinada con cultivo en suelo a cielo abierto, donde esta especie, tiene un espacio como alternativa de cultivo en estos sistemas de producción que utilizan agua de mediana calidad en relación a acumulación de sales (aguas salobres), las cuales pueden ser utilizadas para la producción de alimentos que normalmente, no son utilizadas de forma tradicional.

Esta guía pretende mostrar los pasos generales del cultivo para alcanzar una cosecha aceptable, en un modelo integrado a un módulo acuapónico que utiliza aguas salobres, pretendiendo la mayor producción de alimentos por unidad de agua usada en el sistema. La ventaja de usar aguas provenientes de sistema acuapónico, para el cultivo de betabel a cielo abierto, es que el agua viene cargada de nutrientes que son el resultado de la materia orgánica excretada en el cultivo de peces de la sección acuícola del sistema y posteriormente, el paso de estos efluentes a una cámara de cultivo hidropónico bajo técnica de cultivo en cama de agua a raíz flotante, donde las plantas actúan como filtro para remover excedentes de sales de sodio principalmente, provocando con ello las condiciones adecuadas para el riego del cultivo en suelo. Podemos considerar como un valor agregado en el sistema integral de producción, que el cultivo es fertilizado de manera orgánica y esto podrá mejorar la aceptación de sus cosechas en los mercados por sus consumidores.

2. INTRODUCCIÓN

El betabel está considerado como una hortaliza de raíz, aunque en realidad se trata de un tallo engrosado bulboso. Es un alimento nutritivo y muy utilizado en ensaladas y jugos. El jugo tiene importantes cantidades de vitamina B, hierro, magnesio y potasio, esenciales para la salud del organismo. El betabel es un tallo comestible que constituye el órgano de almacenamiento de la planta, principalmente de azúcares y almidones. Las hojas cocidas también son comestibles. El sistema de raíces es muy profundo y ramificado. Las hojas son de color verde intenso y los peciolos, es decir,

los tallos de las hojas, son de color rojo o púrpura. Es una planta de climas fríos, aunque se puede explotar en climas cálidos, pero los bulbos serán de menor calidad. La temperatura ideal para el desarrollo del betabel está entre los 16 y los 21°C. Para la germinación de la semilla se necesita que el termómetro marque entre 20 y 25°C. En cuanto al terreno, se desarrolla mejor en los suelos arenosos, pues en los arcillosos se deforman los bulbos.

3. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se recomienda la preparación de camas de un metro de ancho, se deben eliminar los terrones grandes y revolver la tierra con abono orgánico de preferencia, (en nuestro caso, el agua usada para el riego, trae los nutrientes provenientes del cultivo de peces en el sistema), es importante indicar que las camas de siembra para las zonas áridas, deben tener una altura de entre 15 a 20 cm, para evitar efectos de calentamiento de las camas.

4. SIEMBRA

Para la reproducción se utiliza principalmente la siembra directa. También puede realizarse por trasplante, que se efectúa cuando la plantita presenta tres o cuatro hojas verdaderas. Cuando se siembra directamente en su lugar definitivo, se necesitarán de diez a 15 kilos de semilla por hectárea. Hay que hacer un aclareo, es decir, arrancar las plantas más débiles y dejar buen espacio entre ellas, entre diez y 15 centímetros entre plantas y alrededor de setenta centímetros entre surcos. De esta forma se obtendrán de 215 mil a 220 mil plantas por hectárea. Los betabeles se cosechan cuando el bulbo alcanza un diámetro de ocho a diez centímetros. Época de siembra es mejor de diciembre a enero, aunque se puede sembrar la mayor parte del año. La siembra se lleva a cabo de manera directa en hileras distanciadas a 25 cm y a 20 entre plantas, esto después del deshije que se deberá realizar posteriormente a la emergencia, cuando la planta tenga entre 5 a 8 hojas, de esta manera, se tendrán 20 plantas por m² de superficie de siembra. Las plantas que se extraen del aclareo o deshije, se pueden utilizar en el trasplante, por lo que será bueno considerar esta acción para cuantificar el número de semillas y superficie a cultivar.



Fotografía 1.
Siembra mecanizada de betabel.



Fotografía 2.
Cultivo de betabel con riego por goteo.

5. ABONO O FERTILIZACIÓN

Si se emplea el efluente del sistema acuapónico con la carga de nutrientes, será suficiente para obtener cosechas de calidad, ya que el cultivo responde favorablemente al manejo de fertilización orgánico. En caso de que la concentración de nutrientes sea inferior, es aconsejable aplicar a través del sistema de riego, dosis de fertilización en concentraciones no mayores a 150 mg/L de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, además de 50 mg/l de calcio, Magnesio entre otros. Una dosis de ácido húmico es recomendable a los 20 días después del aclareo o deshije para fortalecer a las plantas.

6. CONTROL DE HIERBAS O MALEZA

El control de la maleza debe ser manual. Antes del inicio de la cosecha se requieren dos deshierbes. El primero se puede hacer junto con el aclareo o deshije dentro de los primeros 10 días después de la siembra y el segundo, aproximadamente a los 20 o 25 días después del primero. Esto favorecerá el control de plagas y enfermedades de manera indirecta, además de mejorar la eficiencia de la nutrición y el riego evitando competitiva por hierbas no comestibles.



Fotografía 3. Control de hierba en el cultivo de betabel.

7. CONTROL DE PLAGAS

Las plagas más comunes son los pulgones y gusanos soldados. Par el control de ellos, se puede utilizar productos como piretroides en dosis de 1 ml/L, aplicándolo en las horas tempranas de la mañana preferentemente. La



Fotografía 4.

Daño en hoja de betabel.

dosis de control, dependiendo del grado del daño podrá ser aplicada una vez por semana en dosis de un 50% más concentrada, es decir a dosis de 1.5ml/L por semana. Para el control de gusano soldado, es recomendable la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en dosis de 0.13 g de ingrediente activo por litro de agua. Con esta dosis, la cosecha se puede realizar el mismo día de la aplicación.

8. PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES

Por la incidencia de elevada humedad relativa en el cultivo junto al suelo, se pueden presentar enfermedades tales como *Pseudomonas* que ocasionan puntos irregulares de color café de 1 mm de diámetro. Cuando el daño es leve(pocas hojas), se recomienda cortar las hojas lastimadas se recomienda cortar las hojas lastimadas. Un daño severo, afecta al cultivo de manera que la cosecha no puede comercializarse, para evitar esto es necesario tener control del riego, aireación del cultivo y uno o dos aporques cada 20 días. Para el control de la enfermedad está indicado la aplicación de oxitetraciclina en dosis de 0.09 a 0.009 g de I.A. por Litro de agua.

9. COSECHA

La cosecha inicia a los 50 días después de la siembra, las hojas maduras se cortan y se hacen mazos de aproximadamente 300 g. Se deberá tener cuidado de no lastimar la parte del cuello del betabel y las hojas jóvenes al estar realizando las cosechas, la cual se lleva en varios cortes, de entre 12 a 15 días una de otra. Es importante realizar una cosecha limpia en el campo para no maltratar plantas para las cosechas subsecuentes.



Fotografía 5. Cosecha de betabel en campo para consumo en fresco.

10. RENDIMIENTO

En la práctica, se pueden tener o cosechar 15 atados de 300g por metro cuadrado, es decir 4.5 kg/m² de betabel. La cosecha dura aproximadamente dos meses la cual puede prolongarse hasta 5 meses dependiendo del cuidado en el proceso de cosecha que se le dé.

11. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la valiosa participación en la consecución de este manual de manejo de cultivo de betabel, al Productor Cooperante del Proyecto de Acuaponia en el Modulo acuapónico de Los Planes, BCS, Sr. José Ángel Rodríguez Casas, Profesor, Cristóbal Rodríguez Pérez, Sr. Héctor Rubén Castro Manríquez, Ing. Agrónomo Briseño Ruiz, Tec. Raymundo Ceseña Núñez, Tec. Adrian Jordán Castro, Dra. Masako Hishida, por su labor de apoyo para este manual de cultivo de betabel en suelo a cielo abierto del sistema acuapónico combinado con cultivo en suelo a cielo abierto.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Cantero J., Gutiérrez J. 1995. Manual Práctico para el huerto escolar ecológico. Ediciones Fhersal, España. 137p.
- Maroto J.V. 1995. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España. 611 p.
- Alvarado P. J. I., Ávila C. E. y Camarillo P. M. 2010. Evaluación de Nuevos Cultivos en el Estado de Baja California. Informe Final del Proyecto de Investigación.
- Alvarado P. J. I., Hernández V. B., Ochoa E. X. m., Medina E. J. J. y Alvarado P. E. S. 2010. La Fertilización de la Remolacha Azucarera para su Producción y Contenido de °Brix. In: XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Realizado del 25 al 29 de octubre en Mexicali, Baja California, México. 169-172 p.
- Guerrero A. 1999. Cultivos Herbáceos Extensivos. Editorial Mundiprensa. España. 6° edición. 831 páginas.
- Ochoa E. X. M., Borbón G. A. y Montoya C. L. 2009. Evaluación de Fechas de Siembra de Remolacha Azucarera (*Beta vulgaris* L.) en el Valle del Yaqui, Sonora. IN: XII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Realizado el 29 y 30 de octubre, en Mexicali Baja California, México. 136-140 p.

13. ANEXO. CRONOGRAMA DE PLANTACIÓN

Guía técnica de Betabel, SAGARPA, Programa Integral de desarrollo Rural 2014.

SEMINAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ETAPAS DE DESARROLLO	GERMINACIÓN		DESARROLLO VEGETATIVO			DESARROLLO DE LA ROSETTA							
LABORES	CONTROL DE PLAGAS DEL SUELO		CONTROL DE MALEZAS			FERTILIZACIÓN			CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES			COSCHA	

3. Manual para Manejo de Acuaponia Combinada con Cultivo a Cielo Abierto

3-1. Manual de Manejo de Higiene



Dr. Ramon Jaime Holguín Peña¹⁾

Dr. Takashi Baba²⁾

Dra. Martín G. de Jesús Aguilar García¹⁾

Dra. Diana Medina Hernández¹⁾

Dra. María Sofía Ramos Galván¹⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

²⁾ Universidad de Tottori

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	155
2. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS ACUAPONICOS	156
3. LA INOCUIDAD ALIMENTARIA Y LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (ETA).....	157
3-1 PELIGROS FÍSICOS	157
3-2 PELIGROS QUÍMICOS	158
3-3 PELIGROS BIOLÓGICOS	158
3-3-1 Análisis Microbiológico	159
4. FUENTES DE CONTAMINACION Y MEDIDAS PREVENTIVAS NECESARIAS... 160	
4-1 FUENTES DE CONTAMINACION.....	160
4-1-1 Agua.....	160
4-1-2 Suelo.....	160
4-1-3 Aire	160
4-1-4 Utensilios	160
4-1-5 Materias Primas e Ingredientes	161
4-1-6 Animales Domésticos y Silvestres	161
4-1-7 Trabajadores	161
4-2 MEDIDAS PREVENTIVAS NECESARIAS.....	161
4-2-1 Selección del Sitio Producción	162
4-2-2 Instalaciones.....	162
4-3 HIGIENE	163
4-3-1 Higiene de las Instalaciones.....	163
4-3-2 Higiene de Herramientas y Equipo de Trabajo	163
4-3-3 Salud e Higiene del Personal.....	163
4-3-4 Preparación de Solución Desinfectante a Base de Cloro	164
4-3-5 Transporte del Producto	164
4-3-6 Capacitación.....	164
5. MANEJO DE HIGIENE EN EL LUGAR.....	165
5-1 PRÁCTICAS DE HIGIENE PERSONAL	165
5-2 PRÁCTICAS DE HIGIENE DE LAS INSTALACIONES.....	165
5-2-1 Con el Propósito de Prevenir la Contaminación en el Área, se Definen las Siguietes Medidas de Higiene	165
5-2-2 Almacenamiento de Alimento	165
5-2-3 Cosecha	166
5-2-4 Monitoreo para el Manejo de la Higiene.....	167
6. LEGISLACION MEXICANA	169
7. BIBLIOGRAFÍA	170
8. COLABORADORES	172

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue creado para los productores que desean incursionar por primera vez en el cultivo de acuaponía

La acuaponía, aunque es un concepto relativamente nuevo, se practica en diversas partes del mundo. Dada la demanda actual en el mercado por productos orgánicos producidos localmente, así como el incremento en la demanda de hortalizas y pescado por razones de salud, la acuaponía se presenta ante los productores como una forma de rentabilizar tendencias (HORTALIZAS, 2012).

La acuaponía es considerada como un sistema de producción sustentable debido a que presenta una serie de características benéficas para el medioambiente. Representa no solo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas del ser humano, contribuyendo a la vez con la seguridad y soberanía alimentaria (Colagrosso, 2015).

El pescado se utiliza como fuente primordial de proteínas y es un alimento rico en numerosos micronutrientes que no suelen estar presentes en las dietas (HLPE, 2014). Así mismo, los productos vegetales constituyen una de las fuentes de alimentación más importante. A través de ellos se obtienen nutrientes esenciales indispensables que favorecen la salud y mejoran la calidad de vida de las personas (SAGARPA-SENASICA, 2018). En resumen, los consumidores aprecian este tipo de alimento, sin embargo, durante el proceso de producción, tanto los peces como los vegetales interactúan con una serie de sustancias y superficies de contacto donde pueden adquirir contaminantes de tipo biológico, químico y/o físico los cuales pueden representar un riesgo para la salud de los consumidores. En este sentido, el mercado de estos alimentos exige que sean “inocuos”, es decir que no causen daño a la salud de quien los consume.

Las Buenas Prácticas de Producción (BPP), son todas aquellas actividades aplicadas durante el proceso de producción de los alimentos para prevenir la contaminación de estos y evitar que sean causa de Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA).

El presente manual tiene como objetivo presentar las medidas mínimas para disminuir los riesgos de contaminación en el proceso de producción acuapónica. Se proporciona información de medidas preventivas, como es la higiene, tanto la higiene personal como la higiene del equipo y materiales empleados cotidianamente en el sistema acuícola. Con ello se protege la producción evitando la contaminación e introducción de patógenos o contaminantes.

Puede ser material de consulta para todos aquellos interesados en la producción de peces y vegetales seguros para los consumidores.

Esperando que este manual sea de gran apoyo para el éxito de su empresa.

2. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS ACUAPONICOS

Los sistemas acuapónicos muestran un verdadero potencial para la producción de alimentos sostenibles en cualquier momento y en cualquier lugar. Según FAO (2014), se han cultivado con éxito más de 150 tipos de diferentes hortalizas, hierbas, flores y árboles pequeños.

En general, los elementos de un sistema acuapónico son:

1. un tanque para el mantenimiento de los peces, 2. un clarificador, 3. un biofiltro, 4. un componente hidropónico donde las plantas flotan en el agua de cultivo,

1. El estanque para la cría de los peces es un componente indispensable en un sistema. Las dimensiones deben ser proporcionales a la carga de peces. Estos deben ser de material resistente, evitando los contenedores de metal ya que este material puede corroerse por el agua.



Fotografía 1. Cultura de peces.

2 y 3. El sistema incluye un biofiltro que está compuesto por un contenedor que alberga materiales porosos como piedra, esponjas o bio-balsas. Éstas últimas son elementos plásticos diseñados para ofrecer una considerable superficie a las bacterias y actuar como filtro mecánico al recoger las partículas en suspensión (Rakocy, 2006; Colagrosso, 2014). Este biofiltro contiene las bacterias que llevan a cabo el proceso de nitrificación. Así mismo, se incluye un filtro mecánico para eliminar los sólidos en suspensión.



Fotografía 2. Clarificador y Biofiltro.



Fotografía 3. Hidropónico.

4. Para el cultivo hidropónico, en lugar de suelo se utilizan varios medios de cultivo inertes, también llamados sustratos o el agua como en el caso de los sistemas de raíz flotante.

3. LA INOCUIDAD ALIMENTARIA Y LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (ETA)

Un alimento inocuo es aquel que está libre de contaminantes que pueden dañar la salud de los consumidores. Un contaminante es un agente biológico o químico, materia extraña u otra sustancia presente en los alimentos o una propiedad de éstos que puede poner en peligro su inocuidad. Las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA) son aquellas que se originan por el consumo de alimentos contaminados con microorganismos o sustancias tóxicas que afectan la salud del consumidor. Cada año enferman 600 millones de personas (1 de cada 10 habitantes), de los cuales 420,000 mueren por causa de las ETA (OMS, 2015).

Un peligro es cualquier componente que pueda estar presente en un producto alimenticio y pueda producir un daño al consumidor (Mortimore y Wallace, 2013). Básicamente, existen tres tipos de peligros de contaminación, 1. físicos, 2. químicos y 3. microbiológicos. Si éstos están presentes en ciertas cantidades en el alimento pueden afectar la salud del consumidor.

3-1 PELIGROS FÍSICOS

Son los más comunes, debido a la presencia de cuerpos extraños en los alimentos. Si bien no causan una enfermedad como tal, son responsables de asfixias y atragantamientos. Pueden ser introducidos en el alimento durante su proceso de producción. Como ejemplo de peligros físicos tenemos: vidrio, trozos de metal, astillas de madera, etc.

3-2 PELIGROS QUÍMICOS



Fotografía 4. Plaguicidas o agroquímicos.

Cuando se habla de peligros químicos, se refiere a la contaminación por sustancias químicas en altas concentraciones (metales pesados, aditivos químicos, plaguicidas o agroquímicos) o el uso de sustancias químicas prohibidas. Para el caso de la producción agrícola, la contaminación por peligros químicos puede ocurrir en cualquier etapa del proceso de producción. Un ejemplo muy claro es el uso inadecuado de los plaguicidas y fertilizantes de síntesis química. En el caso de los peces producidos por acuicultura, los peligros potenciales incluyen los residuos de fármacos o medicamentos veterinarios u otros químicos que se utilizan en la producción y que puedan sobrepasar los límites permitidos.

3-3 PELIGROS BIOLÓGICOS

Los peligros biológicos o microbiológicos están constituidos por la presencia de microorganismos (éstos no se ven a simple vista) en los alimentos (bacterias, virus, hongos, parásitos, entre otros). Son sin duda, los más importantes en la producción de los alimentos. Son el mayor y más importante riesgo para los consumidores.

Las bacterias juegan un papel muy importante en la inocuidad de los alimentos, debido a que son las principales causantes de brotes de ETA de grandes proporciones. Las más importantes que se han encontrado en los vegetales son: *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*. En cuanto a los virus, el de la hepatitis A (VHA) ha sido causa de brotes importantes de ETA.

En lo que se refiere a los peces cultivados, se pueden presentar bacterias como: *Aeromonas hydrophila*, *Plesiomonas shigelloides*, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus initiae*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Leptospira interrogans*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas spp*, *Mycobacterium spp* (SAGARPA-SENASICA, 2008).

3-3-1 Análisis Microbiológico

(1) Método de Cultivo en Placa

Este es un método que consiste en la preparación de medios de cultivo que contienen los nutrientes necesarios y agar para permitir el crecimiento de microorganismos en condiciones específicas de temperatura en un lapso de 24:00 horas. En particular, es posible detectar especies bacterianas específicas mediante el uso de diversos medios selectivos. Aunque es posible detectar microorganismos vivos utilizando la capacidad de proliferación como índice, se ha aclarado que hay muchas bacterias en el medio ambiente que no pueden ser cultivadas (detectables) por métodos convencionales.

(2) Método de Microcolonia

Se ha aclarado que hay muchos microorganismos en el medio ambiente que no forman colonias de un tamaño visible por el método de cultivo tradicional, pero pueden formar colonias finas que los ojos no pueden ver. Por lo tanto, al observar utilizando un microscopio, es posible detectar microorganismos vivos utilizando la capacidad de proliferación como índice de manera más rápida y precisa que el método de cultivo.

(3) Método de PCR

El ADN microbiano se extrae de la muestra, la PCR se realiza utilizando un conjunto de cebadores dirigido a una secuencia genética específica, y la presencia del microorganismo se detecta por la presencia o ausencia de amplificación. Para la detección, se necesita conocer la secuencia genética del microorganismo objetivo. Además, se puede confirmar la presencia o ausencia de microorganismos, pero no se puede determinar la viabilidad de los microorganismos. En los últimos años, existe una técnica que puede detectar la viabilidad de los microorganismos mediante la selección de genes, pero se limita a especies específicas de microorganismos y, además, también se requiere la adquisición de habilidades especiales.

(4) Método de Secuenciación de Adn

Este es un método para detectar microorganismos presentes en una muestra utilizando un secuenciador de nueva generación con un gen como objetivo. Dado que es posible analizar exhaustivamente las especies microbianas presentes en el medio ambiente, se ha convertido en la corriente principal del análisis de la estructura de la comunidad microbiana. A medida que aumenta la demanda, el número de servicios de análisis de contratos aumenta y el precio del análisis también disminuye, sin embargo, es más costoso que otros métodos y lleva tiempo obtener resultados porque es un servicio de contrato. Sin embargo, en los últimos años, se han anunciado analizadores portátiles y se esperan mejoras en el tiempo de análisis y el precio. Al surgir Acuaponia, se recomienda que se realice un análisis exhaustivo utilizando este método para comprender el funcionamiento de la microflora en condiciones normales.

4. FUENTES DE CONTAMINACION Y MEDIDAS PREVENTIVAS NECESARIAS

4-1 FUENTES DE CONTAMINACION

La fuente de contaminación es de donde proviene el contaminante, es decir, el “origen” del contaminante, por lo tanto, es de suma importancia poder identificar las fuentes potenciales de contaminación presentes en nuestra unidad productiva. En el campo, las principales fuentes de contaminación son las siguientes

1 Agua

2 Suelo

3 Aire

4 Utensilios y equipos

5 Materias primas e ingredientes utilizados para la producción

6 Animales domésticos y silvestres

7 Trabajadores

4-1-1 Agua

El agua es esencial para todo sistema de producción de alimentos, se utiliza en el riego de los cultivos, para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, en el cultivo de los peces, las operaciones de empaque, así como en la higiene de los trabajadores.

El agua acarrea al sitio de cultivo microorganismos, sustancias químicas y materiales extraños, es, por tanto, un portador importante de peligros de contaminación biológicos, químicos y físicos.

Entre los principales contaminantes biológicos del agua encontramos diferentes agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos que entran en contacto con el agua.

4-1-2 Suelo

El suelo contiene gran cantidad y variedad de microorganismos. Debido a que éstos se pueden multiplicar en el suelo, su cantidad llega a ser muy elevada. Muchos de estos microorganismos pueden introducirse al alimento desde el suelo. El suelo contaminado con materia fecal puede ser la fuente de bacterias y virus patógenos al hombre.

4-1-3 Aire

En el aire existen microorganismos presentes en el polvo y las gotas de humedad. Las esporas de algunas bacterias patógenas están presentes en el aire.

4-1-4 Utensilios

Muchos de los microorganismos presentes en el ambiente pueden introducirse en el equipo y contaminar los alimentos. Durante la producción de alimentos se utilizan una gran variedad de equipos en la cosecha, el transporte, el procesamiento y el almacenamiento. Todos los utensilios y equipo utilizados deberán mantenerse siempre limpios.

4-1-5 Materias Primas e Ingredientes

En la preparación de los alimentos se incluyen muchos ingredientes y aditivos en diferentes cantidades. Los productos empleados en el control de plagas en la agricultura y el uso de fertilizantes son una fuente importante de contaminación en la producción de alimentos de origen agrícola. En el caso de los peces, los peligros relacionados con las materias primas e ingredientes que se utilizan son los provenientes de la contaminación por productos como los plaguicidas y metales pesados y el uso de medicamentos (SAGARPA-SENASICA, 2008).

4-1-6 Animales Domésticos y Silvestres

Los alimentos pueden contaminarse a través de los animales cuando éstos tienen contacto con los alimentos. Los pelos y plumas de los animales domésticos contienen un gran número de bacterias, siendo algunas patógenas para el hombre.

4-1-7 Trabajadores

En la producción de alimentos, éstos entran en contacto con numerosas personas a través de las diferentes etapas del proceso. Los trabajadores se consideran una fuente importante de contaminación para el producto ya que son portadores de microorganismos patógenos. Un deficiente lavado de manos y la falta de higiene personal son las causas más comunes de contaminación por ser portadores de microorganismos patógenos. Es necesario capacitar al personal involucrado con temas de higiene para reducir el riesgo de contaminación por esta fuente.

4-2 MEDIDAS PREVENTIVAS NECESARIAS

Todos los alimentos están propensos a contaminarse, la ingestión de un alimento contaminado con microorganismos patógenos o de otras sustancias ajenas al producto puede ser causa de una Enfermedad Transmitida por Alimentos (ETA), por lo tanto, es necesario identificar y controlar los peligros de contaminación presentes en la unidad de producción, mediante la implementación de las medidas preventivas necesarias.

Los peligros de contaminación están presentes en el suelo, el agua, el aire, en los insumos que se utilizan para la producción, en utensilios, en todas las superficies de contacto con los alimentos, incluyendo los propios trabajadores. Todas las personas que intervienen en el proceso de producción de los alimentos (desde la obtención del producto en la granja hasta el consumidor final) son los responsables del control de los peligros de contaminación. Para obtener alimentos libres de contaminantes, los productores deben implementar un programa de aplicación de Buenas Prácticas de Producción (BPP).

Las BPP se definen como el conjunto de recomendaciones o la aplicación de las medidas necesarias para reducir los riesgos de contaminación de los alimentos, las cuales se aplican en la unidad de producción y procesamiento. Así mismo, están diseñadas para proteger el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

Dentro de estas medidas se encuentran:

4-2-1 Selección del Sitio Producción

La adecuada selección del sitio es fundamental para el éxito de cualquier unidad productora de alimentos. Se recomienda contar con la información del uso previo de la tierra y de los predios colindantes con el fin de conocer el probable impacto para la inocuidad en la producción.

Se debe evaluar el uso de los terrenos colindantes con el fin de identificar las fuentes potenciales de contaminación y poder establecer barreras físicas para prevenir la contaminación por escurrimientos, animales u otros factores de riesgo provenientes de los terrenos colindantes (SAGARPA-SENASICA, CESAVEJAL, 2007).

4-2-2 Instalaciones

Las BPP requieren de instalaciones básicas para facilitar su correcta aplicación.

(1) Cerco Perimetral y Puerta de Ingreso

El cercado perimetral tiene el objetivo de evitar el ingreso de animales domésticos y silvestres, así como de personas ajenas a la unidad de producción.

(2) Sanitarios

Los sanitarios tienen como objetivo, evitar defecar al aire libre, además de ser un lugar para el lavado de manos. Deben cumplir con lo siguiente (SAGARPA-SENASICA, 2018; CESAVEMICH, 2006a):

- Contar con papel higiénico, jabón líquido, agua potable, toallas de papel para secado de manos y bote para basura.
- Colocar señales que indiquen el lavado de manos después de usar el sanitario.
- Contener solución desinfectante para las manos.
- Equipo de limpieza y desinfección de uso exclusivo.
- No presentar fugas.

Instalarse a distancias que no representen riesgo de contaminación. No deberán estar en el área de producción.

(3) Área de Consumo de Alimentos (Área de Descanso)

Debe contar con un área destinada para el consumo de alimentos de los trabajadores. Debe cumplir con lo siguiente:

- No estar dentro del área de producción de alimentos.
- Contar con material y accesorios para su higienización y depósito para basura.
- Protegida para evitar el ingreso de animales domésticos y silvestres.
- No debe compartirse con el área de almacenamiento de sustancias químicas u otros materiales que pongan en riesgo la salud humana.

(4) Botes para Basura

Estos botes tienen el objetivo de evitar la dispersión de la basura dentro de la unidad de producción.

(5) Señalización.

Todas las instalaciones deben estar etiquetadas para ser identificar. Estas señales tienen como objetivo, informar las acciones prohibidas, obligatorias, informativas y de seguridad a los trabajadores y/o visitantes. Debe cumplir con lo siguiente:

-Ser clara, gráfica y escrita en el idioma del trabajador.

(6) Educación y Formación

Las empresas productoras de alimentos deben contar con una persona responsable de la aplicación de las BPP, debe demostrar que todos los trabajadores están involucrados en el cumplimiento de las medidas de utilizadas para prevenir los riesgos de contaminación. Así mismo, deberá contar con un plan de capacitación para la implementación de las BPP.

4-3 HIGIENE

La higiene, se define como todas aquellas medidas necesarias de lavado y desinfección con el objetivo de mantener limpias las áreas productivas y las superficies de contacto con los alimentos, incluyendo las manos de los trabajadores.

Para evitar que el alimento se contamine con microorganismos patógenos o residuos de productos químicos, se debe conservar la higiene durante todo el proceso de producción, manteniendo limpias las instalaciones, herramientas, maquinaria, equipos de trabajo, así como los alrededores de la unidad de producción.

Las medidas de higiene deberán ser continuas y respetadas por los trabajadores y personas que visiten las instalaciones.

El proceso de lavado y desinfección comprende:

- Eliminar el exceso de material.
- Enjuagar con agua.
- Lavar con detergente y cepillo.
- Dejar escurrir el exceso de agua.
- Aplicar la sustancia sanitizante.
- Dejar secar al ambiente.

4-3-1 Higiene de las Instalaciones

Las instalaciones deben mantenerse limpias durante todo el proceso de producción. Los residuos derivados de la higiene, no deberán ingresar al área productiva o ser derramados sobre fuentes de agua para uso humano (CESAVEMICH, 2006b).

4-3-2 Higiene de Herramientas y Equipo de Trabajo

Todas las herramientas y equipos de trabajo deben lavarse y desinfectarse. Los equipos y utensilios de uso diario que tengan contacto directo con el producto como tijeras, mesas, cubetas, entre otras deben ser lavadas y desinfectadas y previo y después a su uso.

4-3-3 Salud e Higiene del Personal

Uno de los factores más importantes de contaminación de los alimentos es la salud e higiene de los trabajadores. El personal de la unidad de producción debe conocer y aplicar las prácticas de higiene para disminuir el riesgo de contaminación del alimento durante su elaboración.

Se debe implementar un programa de capacitación y entrenamiento para asegurarse de que todo el personal, incluyendo el que no participa directamente en la manipulación de los alimentos, se apegue a las prácticas de higiene establecidas (Martinez-Tellez et al, 2007).

Según el CESAVEMICH (2006b), los trabajadores y visitantes deberán observar las siguientes prácticas de higiene:

- No defecar al aire libre.
- Lavar y desinfectarse las manos.
- Uñas limpias y cortas.
- Consumir alimentos en el comedor.
- No tirar basura dentro de la unidad productiva.
- Avisar de cualquier herida que esté sangrando.

4-3-4 Preparación de Solución Desinfectante a Base de Cloro

La concentración de cloro para la desinfección se mide en partes por millón (ppm).

Para desinfectar superficies en instalaciones, sanitarios, pisos, mesas y herramientas de trabajo, se recomienda una concentración de 50-100 ppm.

4-3-5 Transporte del Producto

Los alimentos deben ser transportados en condiciones que aseguren minimizar la posibilidad de contaminación. Los vehículos utilizados para el transporte deben estar contruidos de manera que se reduce el daño del producto, se evite el acceso de plagas o polvo y permitan su fácil limpieza. Las plataformas o contenedores deben estar diseñados de tal forma que se proteja el producto con malla sombra, lonas o transporte cerrado (caja refrigerada o caja seca). La transportación del producto debe realizarse de manera cuidadosa y oportuna.

4-3-6 Capacitación

Todos los trabajadores deben recibir capacitación constante para desarrollar y actualizar conocimientos sobre las medidas higiénicas necesarias durante la elaboración y manipulación de los alimentos, y así evitar que los consumidores se puedan enfermar por consumir alimentos contaminados. Se debe capacitar a empleados permanentes y eventuales, al inicio, durante la temporada, cada vez que ingrese personal y cuando se realicen cambios en los procedimientos.

Algunos de los temas básicos de capacitación son los siguientes (SAGRAPA-SENASICA, 2018):

- Microbiología básica.
- Manejo de fauna.
- Prácticas de higiene de los trabajadores.
- Preparación de sustancias desinfectantes.
- Limpieza y desinfección de maquinaria y equipo.
- Manejo del agua.
- Calibración de equipos.

- Almacenamiento de material e insumos.
- Transporte del producto.

5. MANEJO DE HIGIENE EN EL LUGAR

5-1 PRÁCTICAS DE HIGIENE PERSONAL

- Es conveniente llevar un cambio de ropa que se usará solo en el área de trabajo, esta ropa debe estar siempre limpia.
- Mantener las uñas cortas.
- Lavar las manos con jabón es muy importante ya que a través de las manos se pueden transportar microorganismos dañinos para la salud humana y para los peces de cultivo (después de ir al baño, antes y después de cambiar de actividad).
- Hay que recordar que el mejor desinfectante es el jabón y el agua.

5-2 PRÁCTICAS DE HIGIENE DE LAS INSTALACIONES

5-2-1 Con el Propósito de Prevenir la Contaminación en el Área, se Definen las Siguietes Medidas de Higiene

- Las redes y cubetas usadas deben estar limpias, al terminar de usarlas se lavan y se secan al sol.
- El equipo y materiales necesarios para realizar las labores de limpieza en el área de cultivo acuícola deberán estar presentes en cantidades suficientes y en buenas condiciones.
- Es importante que el equipo y material de limpieza que esté asignado a una sección específica del módulo sea utilizado exclusivamente para esa área y no sea utilizado en otra área para prevenir la contaminación cruzada.
- En los tanques de cultivo tienen que limpiarse los residuos de alimento (materia orgánica) que se pegan en las paredes del tanque diariamente.



Fotografía 5. Roedores.

- En el sedimentador se debe quitar diariamente la materia orgánica que se encuentra en la superficie. Incluyen organismos intestinales (incluyen Coliformes, Salmonella, Shigella y Vibrio).

5-2-2 Almacenamiento de Alimento

- Los alimentos balanceados deben guardarse en lugares frescos y secos, para evitar la descomposición de sus ingredientes y la contaminación por bacterias y hongos que al encontrar un ambiente propicio podrían generar toxinas que pueden ser dañinas para los peces.
- El almacenaje del alimento debe estar separado de combustibles, plaguicidas u otros agentes químicos que representen un riesgo para la inocuidad.
- Es importante tener un programa de control de fauna nociva como roedores, e, insectos para evitar la contaminación de los alimentos y a su vez el ingreso al sistema.

-Es conveniente evitar que el alimento esté al alcance de mamíferos menores como perros gatos.

-Es importante lavarse las manos antes de manipular el alimento balanceado.

-El alimento se coloca en los recipientes secos.

5-2-3 Cosecha

La cosecha es un proceso que se realiza cuidando la higiene de los participantes, los utensilios, los recipientes empleados, el entorno, el agua y hielo potable para preservar la inocuidad del alimento evitando la contaminación bacteriana.

Antes de la cosecha, se lleva a cabo la depuración.

La finalidad de la depuración es eliminar posibles malos olores y sabores de la carne de pescado, disminuyendo la carga bacteriana.

El proceso de depuración consiste en suprimir la alimentación de los peces y se transfieren a agua limpia y es realizar un recambio de agua al 50-90%. Esto es bajar el nivel del tanque donde están contenidos los peces a un 10% o 50% e introducir agua nueva al tanque.

Este tratamiento reduce el riesgo de microorganismos como los coliformes. Los grupos de bacterias coliformes son las de mayor patogenicidad (producen enfermedades con mayor frecuencia y virulencia) y es un microorganismo intestinal. Otros organismos intestinales incluyen Salmonella, Shigella y Vibrio.

La cosecha se lleva a cabo lo más temprano posible debido a que la temperatura es un factor determinante para el deterioro del producto. Para ello se debe tener preparado los instrumentos que se utilizan durante el proceso

-Redes de cuchara limpias

-Jabas y cubetas limpias

-Mesas de plástico limpia y desinfectada

-Tijeras, limpios y desinfectados

-Guantes antiderrapantes limpios

-Hieleras limpias

-Hielo

Inmediatamente después del corte los peces se colocan en una jaba con agua limpia para acelerar el desangrado y a continuación a otra cubeta con agua limpia se enjuaga el pescado quitando restos de sangre de la superficie.

La hielera se prepara con hielo triturado (en partes pequeñas) en el fondo, después se colocan sobre el hielo los peces de forma vertical hasta llenar la superficie, una vez acomodados se cubren los peces con hielo y nuevamente se acomodan los peces en el siguiente nivel nuevamente se cubren con hielo, de esta forma se asegura que el producto este completamente rodeado por el hielo provocando un enfriamiento uniforme de esta manera se conserva mejor el producto.

El proceso de desangrado, lavado y acomodo en hielas es muy rápido y lo realizan dos o tres personas.



Fotografía 6. Cosecha.

5-2-4 Monitoreo para el Manejo de la Higiene

Para mantener el producto y el sistema de acuaponía seguros, se debe realizar un monitoreo regular para evitar la contaminación por sustancias extrañas, patógenos y contaminantes.

Por tanto, es de suma importancia registrar y controlar los parámetros físico -químicos para detectar inmediatamente cualquier cambio brusco que pueda afectar la salud de los organismos así como mantener las áreas de cultivo limpias ya que esto influye en la proliferación de microorganismos. Así que recomendamos lo siguiente.

(1) Comprender la Condición Normal

El sistema Acuapónico utiliza una gran cantidad de agua, que durante el proceso de engorda disminuye su calidad debido a la acumulación de materia orgánica, generada por el alimento que no es consumido y las heces de los peces, lo que favorece la proliferación de microorganismos. En particular las bacterias entéricas tienen un alto riesgo de contaminación por tanto deben vigilarse cuidadosamente. Durante el período de engorda desde el inicio del ciclo hasta la primera cosecha, el agua se monitorea periódicamente realizando análisis bacteriológicos, primero cada semana, después cada 15 días mientras se estabiliza el sistema. Como resultado, se comprende la variación en el número y tipo de microorganismos en tiempos normales.

(2) Inspección Microbiológica Antes del Envío

Realizar un análisis microbiológico del producto antes del primer envío para asegurarse de la inocuidad del producto.

(3) Muestreo Regular

Si se eliminan i) y ii), el muestreo se realiza aproximadamente una vez al mes. Periódicamente recolecte agua (aproximadamente 500 ml) y transpórtela a una institución analítica para su análisis. El tiempo de recolección es una semana antes del envío (antes de un proceso de eliminación de alimentos en el caso de la acuicultura), y el análisis se basa en el método de cultivo, y se confirma que no hay anomalía en comparación con el tiempo normal. Si hay una anomalía, detenga el envío de inmediato y tome las medidas necesarias.

(4) Muestreo Temporal

Si hay un cambio en el procedimiento del método de gestión de la higiene o si se encuentra una anomalía, el administrador tomará muestras temporalmente para dilucidar la causa. El sistema se detiene hasta que se completen la causa y la contramedida.

(5) Visitas Regulares

Incluso si el sistema acuapónico está funcionando normalmente, asegúrese la gestión de sanitaria y tome medidas inmediatas si hay alguna deficiencia.

(6) Respuesta de emergencia

1) Sistema de Acuapónico y/o Anormalidades del Producto

Si se encuentra alguna anormalidad en el sistema o producto de acuaponía, informe de inmediato la situación al gerente y tome las medidas necesarias. El administrador se pondrá en contacto con las agencias pertinentes y verificará la situación. Analice la causa según sea necesario. Además, recuerde registrar la situación.

2) Mala Condición Física o Lesión de los Trabajadores

Si un trabajador está enfermo o está lesionado, tome medidas inmediatas, como ver a un médico e informar la situación al administrador. El administrador confirma la situación con prontitud.

3) Situación Grave Anormal

Si se observan anomalías graves, como la muerte masiva de productos pesqueros o la muerte de cultivos, informe inmediatamente la situación al gerente e identifique la causa del problema esta puede ser de carácter técnico, mecánico o por contaminación.

Si el problema es por enfermedad se desecha el lote para evitar contaminación y propagación y se toman medidas de limpieza, desinfección y secado sanitario.

4) Desinfección del Sistema

Deseche el agua del sistema después de desinfectarla con cloro. Después de limpiar el sistema de acuaponía con un cepillo, prepare un agente de cloro (4-3-d) y rocíelo en un tanque de agua. Dejar durante 30 minutos o más y realizar la desinfección dos veces. Después de completar el lavado, drene el agua e introduzca agua nueva.

En este momento, el cloro residual tiene una gran influencia en los productos marinos, por lo tanto, se mide la concentración de cloro residual y, si es necesario, se toman las medidas necesarias, como la adición de tiosulfato de sodio.

Después de confirmar la seguridad en el sistema de acuaponia entre las partes interesadas, se reiniciará. Después de reiniciar, realice 1) y 2) nuevamente.

5) Garantizar la Seguridad de los Trabajadores Durante la Desinfección

La ingestión de una solución de cloro (50-100 ppm) no afectará al cuerpo humano, pero el gas de cloro generado a partir del agua de cloro de alta

concentración es tóxico, tenga cuidado evite inhalar gas de cloro use una máscara de gas o un respirador de oxígeno, evite el contacto con la piel por tanto emplee EPP (equipo de protección personal) como guantes, gafas de seguridad, overol, botas, mascarilla. Al emplear este producto asegúrese de tener ventilación adecuada.

6. LEGISLACION MEXICANA

NOM-003-SEMARNAT-1997 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

NOM-009-PESC-1993 Establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.

NOM-010-PESC-1993 Que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional.

NOM-027-SSA1-1993 Bienes y Servicios - Productos de la pesca - Pescados frescos-refrigerados y congelados - Especificaciones sanitarias.

NOM-011-PESC-1993 Para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato en los estados unidos mexicanos.

NOM-092-SSA1-1994 Bienes y servicios - Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 1995.

NOM-110-SSA1-1994 Bienes y servicios - Preparación y dilución de muestras de alimentos para sus análisis microbiológicos

NOM-111-SSA1-1994 Bienes y servicios - Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

NOM-112-SSA1-1994 Bienes y servicios - Determinación de bacterias coliformes - Técnica del número más probable.

NOM-113-SSA1-1994 Bienes y servicios - Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NOM-114-SSA1-1994 Bienes y servicios - Método para la determinación de salmonella en alimentos.

NOM-115-SSA1-1994 Bienes y servicios - Métodos para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos.

NOM-128-SSA1-1994 Establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca.

NMX-F-578-SCFI-2001 productos de la pesca - tilapia fresca refrigerada. – especificaciones

7. BIBLIOGRAFÍA

- CESVEMICH (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán). 2006a. Subprograma de Inocuidad Alimentaria. Instalaciones básicas en unidad de producción. Uruapan, Michoacán. México. 56p.
- CESVEMICH (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán). 2006b. Subprograma de Inocuidad Alimentaria. Prácticas de higiene del personal y de la unidad de producción. Uruapan, Michoacán. México. 62p.
- Colagrosso, F. A., 2015. Acuaponía. Pp 2-4. En: Boletín del Programa Nacional sectorial de producción agrícola bajo ambientes protegidos. Ministro de Agricultura y Ganadería de Costa Rica.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2014. Small-scale aquaponics food production. Integrated fish and plant farming. Rome.
- Gómez, F. C., Ortega, N. E., Trejo, L. I., Sánchez, R., Salazar, E. y Salazar, J., 2015. La acuaponía: alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México. *Agroproductividad*, 8(3), 60-65.
- HLPE, 2014. La pesca y la acuicultura sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Un informe de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.
- HORTALIZAS (Productores de hortalizas), 2012. Acuaponía: una opción ecológica y rentable (online). Disponible en: <https://www.hortalizas.com/horticultura-prottegida/acuaponia-una-opcion-ecologica-y-rentable/>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2019.
- Martínez-Téllez, M.A., Vargas-Arispuru, I., Silva-Bielenberg, H.K., Espinoza-Medina, I.E., Rodríguez-Leyva, F.J. y González-Aguilar, G., 2007. Producción y manejo poscosecha de hortalizas. pp 223-238. En: García-Béjar, A., Gonzalez, A.G., Higuera-Ciápara, I., Cuamea-Navarro, F. (Eds). Buenas prácticas en la producción de alimentos. Edit. CIAD, A.C., Trillas. México.
- Morgado, V. A., 2014. Balance de nutrimentos en un sistema acuapónico de tilapia-jitomate. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 68p.
- Mortimore, S. y Wallace, C., 2013. HACCP. Enfoque práctico. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. 427p.
- Muñoz, M. Sistemas de recirculación acuapónicos. En: *Informador Técnico (Colombia)* Edición 76, Enero-Diciembre 2012, p 123-129.
- Nelson, L. R. 2008. *Aquaponics Food Production. Raising Fish and Profit.* Nelson and Pade, Inc. First Edition. Virgen Islands. 218 p.
- Norma Oficial mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de noviembre de 2008. México, D.F.
- OMS (Organización Mundial de la Salud), 2015. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases (online). Disponible en: https://www.who.int/foodsafety/areas_work/foodborne-diseases/ferg/en/.

Fecha de consulta: 5 de marzo de 2019.

SAGARPA-SENASICA, CIAD, A.C., 2008. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Mazatlán, Sinaloa, México. 158p.

Scott, J. 2002. Evolutions Aquaponics. Aquaponics Journal 6 (1): 14-17.

SAGARPA-SENASICA. 2018. Requisitos Generales para Certificación y Reconocimiento de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC), Buen Uso y Manejo de Plaguicidas (BUMP) o Buenas Prácticas Agrícolas en la Actividad de Cosecha (BPCo) durante la producción primaria de vegetales. Cd de México. 40p.

SAGARPA-SENASICA-CESAVEJAL (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco), 2007. Proceso de reconocimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y de las Buenas Prácticas de Manejo por el SENASICA. Guadalajara, Jalisco. México. 94pp.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLES

Edgar Daniel Balbuena Rivarola, Consultor Nacional et al.2011. MANUAL BASICO DE SANIDAD PISCICOLA. AGRICULTURA PARA EL DESARROLLO. FAO.

FAO 2011. MANUAL BASICO DE SANIDAD PISCICOLA

FAO 2014.MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE PRODUCCION ACUICOLA DE TILAPIA PARA LA INOCUIDAD ALIMENTARIA.

Bautista J. C. y Ruiz J.M .2011. CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA EN TANQUES DE GEOMEMBRANA. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - septiembre 2011

Saavedra, M. A. (2006). MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA.

LEY GENERAL DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLES CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. Secretaría General de Servicios Parlamentarios Última Reforma DOF 24-04-2018

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993, que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional DOF: 23/11/1993.

Paúl M. Baltazar.2007. LA TILAPIA EN EL PERÚ: ACUICULTURA, MERCADO, Y PERSPECTIVAS Rev. Perú Biol. v.13 n.3

Luis Fernando Castillo Campo. TILAPIA ROJA 2001 UNA EVOLUCION DE 20 AÑOS, DE LA INCERTIDUMBRE AL ÉXITO DOCE AÑOS DESPUES.69pp

Roberto Jiménez. 2007.ENFERMEDADES DE TUILAPIA EN CULTIVO. Universidad de Gyaquil, Facultad de Ciencias Naturales. PROYECTO

SENACYT-PIC-229

Fernando Cantor Atlatenco. 2007. MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA. Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.

Fimbres Acedo. 2015. CARACTERIZACION DE NUTRIENTES E INTERES HIDROPONICO CONTENIDOS EN LA FRACCION PARTICULADA RESIDUAL DEL CULTIVO DE TILAPIA. (*Oreochromis spp*)

Arturo Angulo. 2014. NOMBRES COMUNES Y TÉCNICOS DE LOS PECES DE AGUA DULCE DE COSTA RICA. Revista de Filología y Lingüística de la Universidad de Costa Rica, pag 78 a 82.

PAGINAS DE CONSULTA ELECTRONICA

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es

<http://www.fao.org/news/story/es/item/889476/icode>

<http://www.msdb.com.ar/bubble2.htm>

<http://programainfosalud.com/Noticia.aspx?id=886097&sec=Epidemiolog%C3%ADa,%20SIDA%20y%20E.T.S.&idsec=9>

<http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/tilapia.pdf>

<http://www.aquafeed.co/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/>

<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

<https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/1memoriastilapia1.pdf>

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/744/3/TILAPIA.pdf>

<http://www.catatandokteran.com/2017/05/saprolegniasis.html>

<http://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2008/myl081-2c.pdf>

<http://www.aquamarinternacional.com/doctos/draemma.pdf>

<https://www.gob.mx/senasica/articulos/detecta-senasica-virus-de-la-tilapia-del-lago-en-granjas-acuicolas?idiom=es>

<http://www.sanipes.gob.pe/videos/ficha.pdf>

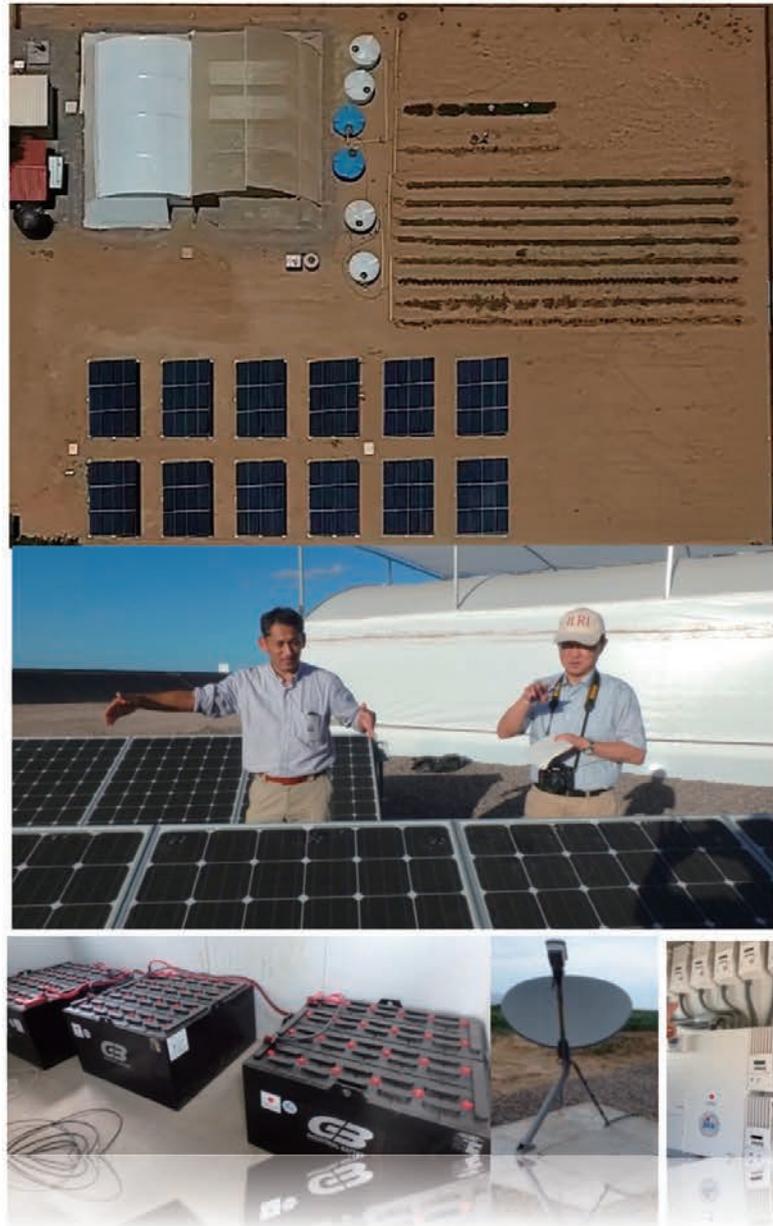
<https://panoramaacuicola.com/2018/10/11/genetilapia-a-la-vanguardia-en-produccion-y-abastecimiento-de-crias-de-tilapia/>

<https://www.elsevier.com/es-es/connect/actualidad-sanitaria/los-pasos-para-una-tecnica-correcta-de-lavado-de-manos-segun-la-oms>

8. COLABORADORES

Dra, Masako Hishida, Universidad de Tottori

3-2. Manual Técnico del Sistema de Suministro de Energía: Mantenimiento y Gestión



Dr. Joaquín Gutiérrez¹⁾

Dr. Kotaro Tagawa²⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

²⁾ Universidad de Tottori

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA	175
1-1 SISTEMA FOTOVOLTAICO Y GENERADOR DE EMERGENCIA	175
1-2 SISTEMA FOTOVOLTAICO, RED ELÉCTRICA Y GENERADOR DE EMERGENCIA.....	176
1-3 RED ELÉCTRICA Y GENERADOR DE EMERGENCIA.....	176
2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA	177
2-1 LIMPIAR Y MANTENER ESPACIO LIBRE ALREDEDOR DEL SISTEMA FV	177
2-2 LIMPIAR LA SUPERFICIE DEL PANEL FOTOVOLTAICO	177
2-3 GESTIÓN DEL ENTORNO DEL EQUIPO ELÉCTRICO.....	178
2-4 GESTIÓN DEL GENERADOR ELÉCTRICO DE EMERGENCIA	178
2-5 GESTIÓN ADECUADA DE ENCHUFES/CONTACTOS	179
2-6 INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	179
2-7 MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	180
2-8 MEDIDAS PARA HURACANES	180
2-9 INFORMACIÓN DE CONTACTO POSTERIOR A LA EMERGENCIA	181
3. INSPECCIÓN VISUAL PERIÓDICA DE INSTALACIONES Y EQUIPO	181
3-1 PANELES FOTOVOLTAICOS	182
3-2 DISPOSITIVOS DE CONTROL	182
3-3 BANCO DE BATERÍAS	182
3-4 CAJA DE DISTRIBUCIÓN.....	182
3-5 ESTADO DE CONTACTOS DE ENERGÍA EN EL INVERNADERO	183
4. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA PROPIETARIOS / USUARIOS	183
5. COLABORADORES	185
6. AGRADECIMIENTO	185

1. SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA

La configuración del sistema de suministro de energía para acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto está diseñada principalmente en consideración de los servicios de la red eléctrica en el sitio de instalación. Hay tres configuraciones del sistema de suministro de energía basadas en las fuentes fotovoltaicas y la red eléctrica:

- I. Sistema fotovoltaico y generador de emergencia
- II. Sistema fotovoltaico, red eléctrica y generador de emergencia
- III. Red eléctrica y generador de emergencia

1-1 SISTEMA FOTOVOLTAICO Y GENERADOR DE EMERGENCIA

Este sistema suministra energía eléctrica para la producción de alimentos en acuaponía combinada con cultivo abierto en tierras agrícolas sin red eléctrica. La ventaja de este sistema de suministro de energía es generar y consumir la electricidad en el sitio. Este sistema se configura combinando un sistema fotovoltaico (FV) independiente con un generador eléctrico de emergencia (Fig. 1). El sistema fotovoltaico consta de un arreglo módulos solares, controladores de carga / descarga, inversor (es) y banco de baterías.

El generador eléctrico de emergencia funciona y suministra automáticamente la electricidad al banco de baterías cuando el nivel de voltaje del banco de baterías se vuelve más bajo que un voltaje de referencia, así como por una falla en el inversor del sistema FV para suministrar directamente la energía a las cargas eléctricas.

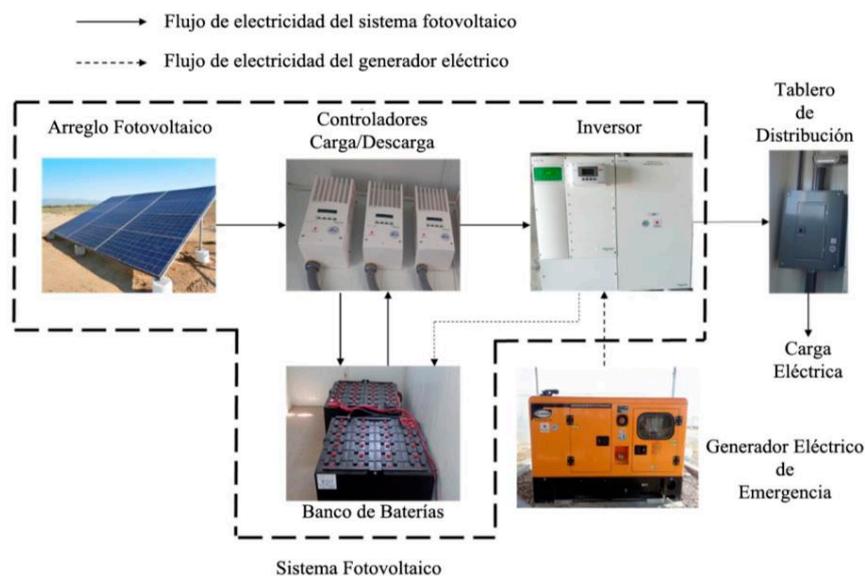


Figura 1. Diseño típico del sistema de suministro de energía que consiste de un sistema fotovoltaico independiente y un generador eléctrico de emergencia.

1-2 SISTEMA FOTOVOLTAICO, RED ELÉCTRICA Y GENERADOR DE EMERGENCIA

La configuración típica del sistema de suministro de energía compuesta por un sistema fotovoltaico, red eléctrica y un generador de emergencia, como se muestra en la Fig. 2. Este sistema de suministro eléctrico es útil en el área donde se tiene acceso a la red eléctrica. El suministro de energía a la carga eléctrica es mediante la combinación del sistema fotovoltaico y la red eléctrica. Por ejemplo, el sistema fotovoltaico generalmente funciona durante el día, mientras que la red eléctrica se usa durante la noche. La red eléctrica también es útil para suministrar electricidad inmediatamente cuando exista un nivel bajo de energía en el banco de baterías. Por otro lado, si se presenta repentinamente una falla de energía, el generador de emergencia trabaja para suministrar la energía a la carga eléctrica y cargar el banco de baterías.

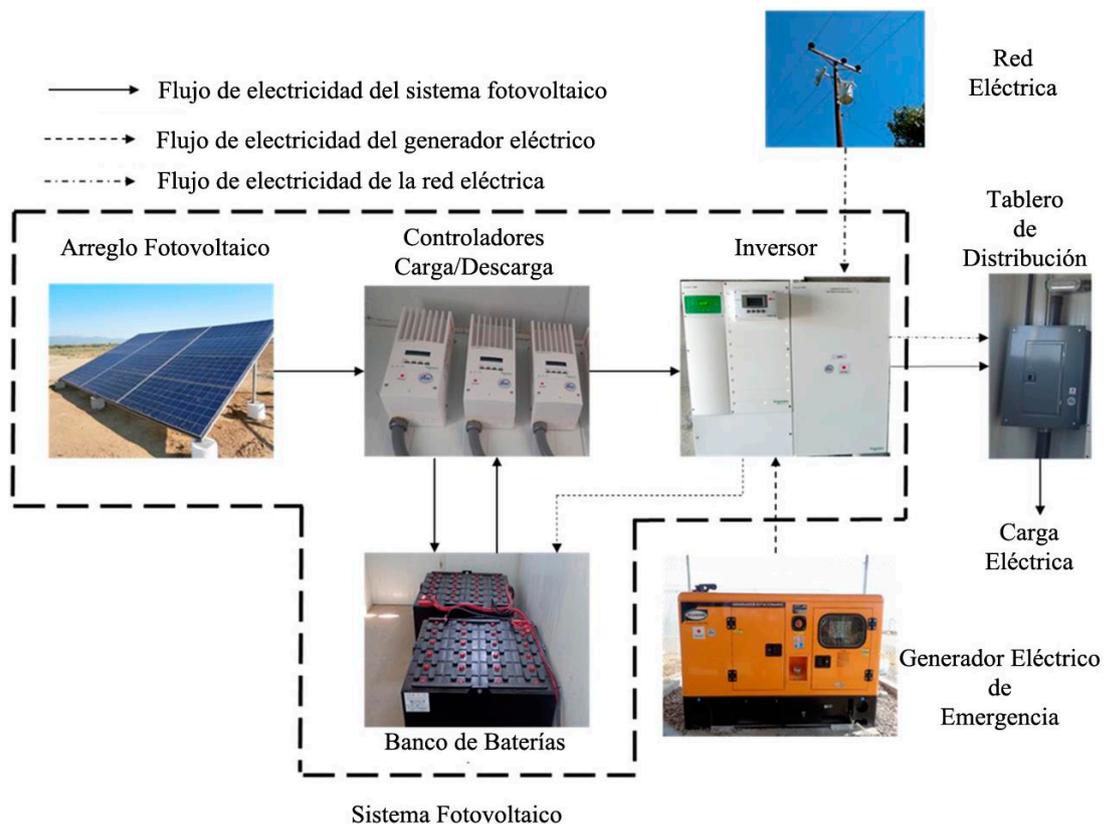


Figura 2. Diseño típico del sistema de suministro de energía que consiste de un sistema fotovoltaico independiente, red eléctrica y un generador eléctrico de emergencia.

1-3 RED ELÉCTRICA Y GENERADOR DE EMERGENCIA

Esta configuración generalmente consiste en una red eléctrica y un generador eléctrico de emergencia en el área donde la red eléctrica está

completamente desarrollada. El generador de emergencia debe estar equipado para fallas de energía y accidentes inesperados. En situaciones de poca capacidad de cargas eléctricas, se puede utilizar un generador de tipo portátil.

2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA

El sistema de suministro de energía configurado con un sistema FV y un generador eléctrico es una instalación eléctrica con la generación de alto voltaje y corriente eléctrica. En general, el contratista que tiene los conocimientos y habilidades especiales de ingeniería eléctrica debe realizar los trabajos de instalación y mantenimiento correctivo. Por lo tanto, los propietarios / usuarios no deben reparar y modificar la conexión y el equipo del sistema de suministro de energía por su propia decisión. Las acciones del usuario para el mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico son las siguientes:

2-1 LIMPIAR Y MANTENER ESPACIO LIBRE ALREDEDOR DEL SISTEMA FV

- No coloque nada encima o debajo del arreglo de módulos solares
- Limpieza de la periferia del arreglo fotovoltaico
- Eliminar la maleza de alto crecimiento que rodea del arreglo fotovoltaico
- Cuide la dispersión de piedras sobre arreglo fotovoltaico (evite el paso de vehículos)

2-2 LIMPIAR LA SUPERFICIE DEL PANEL FOTOVOLTAICO

- Limpiar la arena, el polvo y la caída de excrementos de pájaros acumulados en la superficie de los módulos solares, utilizando material suave y seco una vez cada dos semanas
- Se debe tener mucho cuidado para no dañar la superficie de los módulos solares
- No se recomienda el uso de agua subterránea porque se deposita sal en la superficie después de la limpieza. Además, se espera que el depósito de sal provoque la corrosión y el deterioro del metal en el conector eléctrico



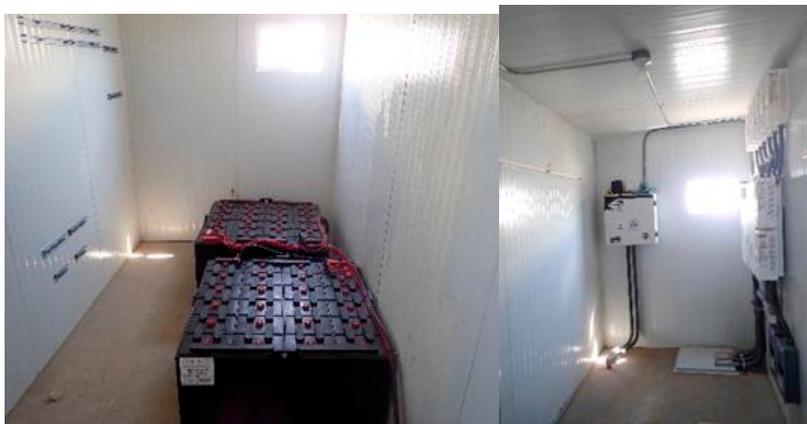
Fotografía 1. Limpieza de panel fotovoltaico.

2-3 GESTIÓN DEL ENTORNO DEL EQUIPO ELÉCTRICO

- Por seguridad, NO coloque nada alrededor de los dispositivos de control, como controladores de carga / descarga y acondicionador de energía
- Por seguridad, NO coloque nada alrededor del equipo eléctrico, como en el banco de baterías y el tablero de distribución
- Por seguridad, NO toque ni se acerque al equipo eléctrico con las manos y el cuerpo mojados
- Limpiar la habitación en la que están instalados los dispositivos de control y el equipo eléctrico
- Realizar la ventilación dentro de la habitación para eliminar el calor emitido por los dispositivos y cualquier gas generado por la reacción química de la batería

2-4 GESTIÓN DEL GENERADOR ELÉCTRICO DE EMERGENCIA

- El generador funciona automáticamente para suministrar energía eléctrica



(a) Banco de baterías

(b) Inversor

Fotografía 2. Equipo eléctrico del sistema fotovoltaico.



Fotografía 3. Generador eléctrico de emergencia.

- Se debe permitir la ventilación para eliminar el calor y los gases debido a la quema de combustible cuando el generador se instala en interiores
- Revisar que haya fuga de agua refrigerante o no
- Revisar hayan nidos de animales dentro y fuera del generador. Remover nidos en caso afirmativo
- Cuando el generador se instala al aire libre, limpie la suciedad en el cuerpo y elimine los desechos y la vegetación cerca de la unidad
- Arrancar manualmente el generador una vez al mes para garantizar un funcionamiento correcto

2-5 GESTIÓN ADECUADA DE ENCHUFES/CONTACTOS

- Se debe tener cuidado de que no se derramen líquidos, como agua o nutrientes, en la toma de corriente o en la fuente de alimentación del invernadero para acuaponía e hidroponía
- Limpie la suciedad y la sal que se encuentran en el tomacorriente o el enchufe de la fuente de alimentación para evitar fugas eléctricas y cortocircuitos

2-6 INSPECCIÓN VISUAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

- Realizar inspecciones periódicas del sistema fotovoltaico, generador y dispositivos eléctricos

2-7 MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA

- Colocar letrero de ¡Peligro! ¡Mantenerse Alejado! para evitar a personas ajenas al sistema de suministro de energía
- Cerrar con candado el acceso a la habitación en la que están instalados los dispositivos de control y el equipo eléctrico



Fotografía 4. Señal y advertencia para equipos eléctricos.

2-8 MEDIDAS PARA HURACANES

- Antes de que llegue el huracán, verifique los pernos para la fijación del panel fotovoltaico
- Visite el sitio después de que pase el huracán y verifique con seguridad el daño del sistema fotovoltaico, como el colapso del arreglo fotovoltaico, roturas del panel fotovoltaico, desconexión de cable, entre otros, en caso de desastres naturales como huracanes, terremotos, inundaciones, fuertes lluvias y relámpagos



Fotografía 5. Daño de panel fotovoltaico debido por un huracán.



Fotografía 6. Datos de contacto en caso de emergencia.

- Cuando se encuentran fallas o una operación anormal de los dispositivos en el sistema de suministro de energía, contacte al contratista / gerente rápidamente y siga las instrucciones para tomar contramedidas

2-9 INFORMACIÓN DE CONTACTO POSTERIOR A LA EMERGENCIA

- Publique el detalle (nombre e información de contacto de emergencia) de todas las personas interesadas en la puerta de la habitación del equipo de control, para comunicarse con ellos en cualquier emergencia

3. INSPECCIÓN VISUAL PERIÓDICA DE INSTALACIONES Y EQUIPO

Los propietarios / usuarios deben mantener operativo el entorno de uso del sistema de suministro de energía y realizar la inspección visual diaria del equipo para evitar una degradación significativa del rendimiento y la falla del equipo, así como de las instalaciones. Los detalles para la inspección visual diaria se describen a continuación:



Fotografía 7. Polvo en panel fotovoltaico.

3-1 PANELES FOTOVOLTAICOS

- Condiciones de suciedad en la superficie del panel fotovoltaico (polvo, excremento de pájaros, ...)
- Sombra producida por maleza
- Daños en la superficie del panel fotovoltaico
- Deformación y daño del marco del panel fotovoltaico
- Desprendimiento/quema de la caja de terminales en el panel posterior
- Deformación y daño del marco de montaje del panel fotovoltaico
- Deformación de los tornillos para la fijación del panel fotovoltaico
- Rotura de forro de cables que se conecta al panel fotovoltaico

3-2 DISPOSITIVOS DE CONTROL

- Descompostura y corrosión del controlador de carga/descarga
- Descompostura y corrosión del inversor
- Rotura de forro de cables
- Aflojamiento y deformación de pernos y terminales
- Presencia (o ausencia) de ruidos extraños, vibraciones y malos olores emitidos por los dispositivos
- Verificar temperatura en los dispositivos de control (condición de temperatura en operación nominal)
- Verifique el contenido indicado en la pantalla
- Mensajes de error en pantalla
- Limpieza de la habitación

3-3 BANCO DE BATERÍAS

- Verificar expansión, grietas o ruptura en el exterior de las baterías
- Holgura y corrosión de las terminales de conexión
- Rotura del forro de cables
- Retirar elementos metálicos de la superficie superior de las baterías
- Ventilación interior de la habitación de baterías
- Compruebe la temperatura del aire en la sala de baterías
- Presencia y ausencia de malos olores emitidos por las baterías
- Evitar obstáculos que rodean a las baterías
- Eliminar el polvo acumulado en la superficie superior de las baterías
- Limpieza del cuarto de las baterías

3-4 CAJA DE DISTRIBUCIÓN

- Rotura del forro del cable y holgura de cada terminal
- Comprobar el estado ON/OFF de cada interruptor (break)

3-5 ESTADO DE CONTACTOS DE ENERGÍA EN EL INVERNADERO

- Conectar del cable eléctrico de cada equipo a una toma de corriente firmemente
- Comprobar el enchufe expuesto de los cables eléctricos
- Cubrir el enchufe expuesto de los cables eléctricos para evitar que se moje
- Comprobar la adherencia del polvo en cada contacto eléctrico

4. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA PROPIETARIOS / USUARIOS

La solución de problemas del sistema fotovoltaico se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Solución de problemas.

Fallas	Medidas/Soluciones
Condición de suciedad en la superficie del panel fotovoltaico	Limpieza de la suciedad acumulada en la superficie del panel fotovoltaico con un material suave y seco.
Colapso y ruptura del panel fotovoltaico	Contactar al contratista utilizando los datos de contacto posterior a la emergencia y luego siga las instrucciones del contratista.
El equipo eléctrico (bomba, aireador, etc.) en el invernadero no funciona cuando se suministra la energía eléctrica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar la conexión del enchufe del cable eléctrico para el equipo. Si el enchufe está desconectado, conéctelo a la toma de corriente. 2. Verificar el estado ON/OFF del interruptor (break) para el equipo eléctrico (bomba, aireador, etc.) en el tablero/caja de distribución en el cuarto de baterías. Si el interruptor está en estado APAGADO (OFF), encenderlo. 3. Reemplazar con bombas de repuesto y aireadores.
El suministro de energía eléctrica se detiene	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el mensaje de error indicado en la pantalla del dispositivo de control. 2. Comprobar que el generador funciona automáticamente y suministra energía eléctrica. 3. Verificar el estado ON/OFF de los interruptores para equipos eléctricos (bomba, aireador, etc.) en el tablero de distribución en

	<p>el cuarto de baterías después de que el generador esté funcionando.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Si el interruptor está en estado APAGADO, enciéndalo para que el equipo eléctrico funcione nuevamente 5. Comprobar que el equipo eléctrico vuelva a funcionar. 6. Comprobar que la energía eléctrica se suministre de manera estable. 7. Ponerse en contacto con el contratista utilizando los datos de contacto posterior a la emergencia y luego siga las instrucciones del contratista.
<p>Después de que el generador está funcionando en caso de falla, se repite la operación y la parada del equipo eléctrico</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el estado ON/OFF de los interruptores para equipos eléctricos (bomba, aireador, etc.) en el tablero de distribución en el cuarto de baterías después de que el generador esté funcionando. 2. Encienda el interruptor para hacer funcionar el equipo eléctrico nuevamente 3. Compruebe que el equipo eléctrico funciona de manera estable.
<p>El generador no funciona cuando se detiene el suministro de energía eléctrica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique y registre el nivel de combustible. Si el combustible el nivel es más bajo, llene el tanque de combustible. 2. Revisar que haya fuga de agua refrigerante o no. 3. Revisar hayan nidos de animales dentro y fuera del generador. Remover nidos en caso afirmativo. 4. Trabaje el aireador utilizando un generador portátil. 5. Ponerse en contacto con el contratista utilizando los datos de contacto posterior a la emergencia y luego siga las instrucciones del contratista.
<p>Fuego en el sistema fotovoltaico y dispositivos relacionados</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si el fuego es pequeño, apague el fuego. 2. Si un incendio se agranda, manténgase alejado del sistema y dispositivos relacionados durante y después de un incendio. 3. Llame a la estación de bomberos. 4. Ponerse en contacto con el contratista

	utilizando los datos de contacto posterior a la emergencia y luego siga las instrucciones del contratista.
Falla y anomalía en el sistema de suministro de energía, incluido el panel fotovoltaico, el banco de baterías, los dispositivos de control y el generador	Ponerse en contacto con el contratista utilizando los datos de contacto posterior a la emergencia y luego siga las instrucciones del contratista.

5. COLABORADORES

Dr. Miguel Ángel Porta Gándara, Programa de Planeación y Conservación (PLAC), CIBNOR

Ing. Juan Manuel Mandujano, Servicios Generales, CIBNOR

6. AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a los siguientes miembros por el mantenimiento, gestión y análisis de datos del sistema fotovoltaico y equipos relacionados durante del proyecto. Su apoyo y trabajo fueron de gran ayuda para operar el sistema de suministro de energía y para crear este manual.

Ing. Martín Sandoval Martínez, Director General, SAMMtech

Dra. Masako Hishida, Investigadora Doctoral, Universidad de Tottori

Sr. Itsuo Kuzasa, Coordinador de Proyecto, Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Sr. Mario Enrique Pillado Rojo, Estudiante, CIBNOR

Sra. Viviana Flores Herrera, Estudiante, CIBNOR

Sr. Baiyin Bateer, Estudiante, Universidad de Tottori

Sr. Yu Takaki, Estudiante, Universidad de Tottori



4. Manual de Manejo del Negocio de Acuaponía Combinada con Cultivos a Cielo Abierto



Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral¹⁾

Dr. Takayuki Ando²⁾

Dr. Hajime Kobayashi²⁾

¹⁾ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR)

²⁾ Universidad de Tottori

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. PRÁCTICA DE GESTIÓN EMPRESARIAL ADECUADA CON EL OBJETIVO DE ESTABLECER UNA GESTIÓN DE ACUAPONIA COMBINADA CON UNA CULTURA ABIERTA.....	189
2. ACTIVIDADES DE GESTIÓN PLANIFICADAS	190
3. MANEJO DE MEJORAS DE GESTIÓN BASADO EN ANÁLISIS DE GESTIÓN ...	190
4. PRÁCTICA DE ANÁLISIS DE GESTIÓN EN ACUAPONIA COMBINADA CON CULTURA ABIERTA	191
4-1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GESTIÓN DEL SITIO MODELO PARA EL ANÁLISIS DE GESTIÓN DE ACUAPONIA COMBINADO CON CULTIVO ABIERTO.....	191
4-1-1 Elementos de Gestión.....	191
4-1-2 Target Objetivo de Producción y Escala de Producción en la Prueba de Verificación de Campo de Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto.....	192
4-2 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD	192
4-3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD.....	193
4-3-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Rentabilidad	193
4-3-2 Práctica de Análisis de Rentabilidad en Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto	194
4-4 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	198
4-4-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Costos de Producción	198
4-4-2 Práctica de Análisis de Costos de Producción en Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto.....	199
4-5 ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO.....	205
4-5-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Punto de Equilibrio ...	205
4-5-2 Práctica de Análisis de Punto de Equilibrio en Acuaponia Combinada con Cultivo Abiert.....	205
5. ANEXOS	208
6. AGRADECIMIENTOS	209

1. PRÁCTICA DE GESTIÓN EMPRESARIAL ADECUADA CON EL OBJETIVO DE ESTABLECER UNA GESTIÓN DE ACUAPONIA COMBINADA CON UNA CULTURA ABIERTA

La acuaponía combinada con el cultivo a cielo abierto, se basa en una inversión de capital elevada y una tecnología de producción precisa, en el cual existe un riesgo para la administración. Por lo tanto, para que la gestión de acuaponía crezca, es importante establecer de manera efectiva un método de gestión empresarial que se adapte al propio organismo de gestión.

Las funciones principales que conforman la gestión empresarial incluyen producción, trabajo, ventas, compras, finanzas e información. Al promover el manejo de acuaponía, el método para adoptar estas funciones varía según el ciclo de vida del manejo y las características corporativas.

La acuaponía combinada con la cultura abierta se basa en una inversión de capital costosa y una tecnología de producción precisa, y existe un riesgo para la gestión. Por lo tanto, para que la gestión de acuaponía crezca, es importante establecer de manera efectiva un método de gestión empresarial que se adapte al propio organismo de gestión.

Las funciones principales que conforman la gestión empresarial incluyen producción, trabajo, ventas, compras, finanzas e información. Al promover el manejo de acuaponía, el método para adoptar estas funciones varía según el ciclo de vida del manejo y las características corporativas.

Por ejemplo, desde el aspecto del ciclo de vida, en el período de introducción de la gestión de acuaponía, con el fin de poner en marcha las actividades de gestión de manera temprana, se da prioridad a la función de gestión de producción para que la producción estable sea posible primero. Al mismo tiempo, el gerente debe esforzarse por establecer una función de gestión financiera para pasar a una gestión rentable lo antes posible. Al pasar al período de desarrollo de la gestión, a fin de promover la expansión de la escala de producción, se hará hincapié en las funciones de gestión empresarial, como las finanzas, las ventas y la información.

Si el carácter del organismo de gestión que trabaja en acuaponía combinado con cultura abierta es diferente, el patrón de comportamiento que refleja la función de gestión también será diferente. Si el organismo de gestión es una gestión familiar, se dará prioridad a la gestión a la obtención de ingresos, y habrá un problema de cooperación orgánica entre la gestión de acuaponía y los hogares. Por otro lado, si el órgano de administración es una empresa, se concentrará en actividades que persiguen ganancias corporativas al separar claramente la gestión de acuaponía de los hogares.

Es necesario aclarar qué tipo de gestión de acuaponía quiere crear el gerente y establecer un método de gestión adecuado para su propio organismo de gestión. Cuando se enfrentan a problemas de gestión, es necesario hacer

esfuerzos para adquirir conocimiento y experiencia para que se puedan tomar las acciones de selección adecuadas en cuanto a qué función de gestión empresarial corresponde a la resolución de problemas.

2. ACTIVIDADES DE GESTIÓN PLANIFICADAS

Para llevar la gestión de acuaponía al crecimiento, es importante luchar por una gestión empresarial sistemática de acuerdo con el ciclo PDCA. El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Action) se utiliza para desarrollar la gestión mediante la acumulación constante de actividades de gestión de acuerdo con una serie de flujo de planificación, práctica de gestión, análisis de los resultados de gestión y mejora de la gestión. Se basa en la idea de tomar la gestión operativa de acuerdo con el plan, analizar y resumir los resultados de la gestión, y tomar medidas efectivas para mejorar la gestión.

Para llevar a cabo una gestión comercial sistemática, es importante acumular primero los datos relacionados con la gestión de acuaponía mediante el uso de diarios de operación de las instalaciones, diarios laborales, contabilidad de negocios, etc. A continuación, el análisis de gestión se realiza utilizando sus datos de libros para aclarar Características actuales del manejo de acuaponía. A través de este trabajo, se hace posible identificar elementos que requieren mejoras en la gestión. Si los elementos de mejora de la gestión se aclaran, se incorporarán medidas para ellos y se creará un plan de gestión para el próximo período. Es posible promover el crecimiento de la gestión mediante la acumulación de tales actividades de gestión empresarial diarias y administrativas. La perspectiva de innovación en la gestión se abrirá en la línea de extensión de las actividades de gestión estratégica.

3. MANEJO DE MEJORAS DE GESTIÓN BASADO EN ANÁLISIS DE GESTIÓN

En el caso del organismo de gestión a pequeña escala, los gerentes pueden dirigir la gestión en función de la experiencia y la intuición. Sin embargo, en el caso de aumentar el tamaño de las instalaciones y el tamaño de la empresa, aumenta la necesidad de una gestión científica basada en registros comerciales, como la gestión de acuaponía. En particular, el papel del análisis de gestión es importante para identificar con precisión los problemas en la gestión y tomar las medidas de mejora adecuadas.

Para el análisis de gestión, se han desarrollado y practicado muchos métodos con el objetivo de análisis, el organismo de gestión y el departamento de gestión a analizar, los métodos de comparación de los resultados de análisis y los indicadores de análisis. Aquí, en base al entendimiento de que tantas personas como sea posible deben comprender las características del manejo de acuaponía desarrollado a través del proyecto SATRPS, explicaremos acerca de los métodos de análisis de manejo comúnmente utilizados.

Lo que presentamos como métodos de análisis de gestión son análisis de productividad, análisis de rentabilidad, análisis de costos de producción y análisis de punto de equilibrio. Al aplicar estos métodos analíticos al sitio modelo en Los Planes, Baja California Sur, donde se realizó la prueba de verificación de campo, se aclararán las características técnicas y de manejo de la acuaponía combinada con el cultivo abierto y se aclararán las condiciones para la popularización. Los resultados del análisis de gestión serán información útil para los gerentes y líderes de organizaciones relacionadas que trabajan en prácticas de acuaponia.

Para realizar un análisis de gestión con mayor precisión, se requieren datos de libros relacionados con el rendimiento de la gestión. La contabilidad empresarial, el diario laboral, el libro mayor de gestión de producción, el libro mayor de ventas, etc. se incluyen en esta categoría, pero los estados financieros basados en la contabilidad administrativa y el diario laboral son datos indispensables para el análisis empresarial. Se exige el cumplimiento de la elaboración de datos de libros con el objetivo de la práctica de la gestión empresarial científica.

4. PRÁCTICA DE ANÁLISIS DE GESTIÓN EN ACUAPONIA COMBINADA CON CULTURA ABIERTA

4-1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GESTIÓN DEL SITIO MODELO PARA EL ANÁLISIS DE GESTIÓN DE ACUAPONIA COMBINADO CON CULTIVO ABIERTO

4-1-1 Elementos de Gestión

<Trabajo>

Trabajo familiar; Propietario

Empleo laboral; 2 empleados permanentes, contratando trabajadores temporales según sea necesario

<Tierra>

Área de tierras agrícolas propias 10 ha (Incluyendo tierra de acuaponia 2,372 m²)

<Maquinaria e instalaciones>

A continuación, se muestra una lista de maquinaria e instalaciones introducidas en el sitio modelo para la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto.

Tabla 1. Maquinaria e instalaciones utilizadas en la demostración de campo de acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto, Modulo en Los Planes.

Componente		Valor de adquisición (peso)	Vida útil de infraestructura (año)	Valor de depreciación anual (peso)	Costo de mantenimiento anual (peso)
Acuaponia	Componente acuicola	179,294	10	17,929	8,965
	Camas hidroponicas	129,316	10	12,932	6,466
	Camas a cielo abierto	173,321	10	17,332	8,666
	Paneles solares	2,800,249	10	280,025	140,012
	Cuarto control de energía	2,132,241	10	213,224	106,612
	otras instalaciones comunes	39,116	10	3,912	1,956
Compartido con existente del area de cultivo	Tractor	720,000	10	72,000	36,000
	unidad movil pickup	400,000	5	40,000	20,000
Costo total en peso mexicano		6,573,537	–	657,354	328,677
Referencia	Costo total en dolares	328,677	–	32,868	16,434
	Costo total en yenes	40,197,179	–	4,019,718	2,009,859

Note 1) Vida útil de maquinaria y equipos, basados en los estándares del Gobierno Mexicano.

Note 2) Valor de depreciación esta calculada usando el método de extrapolación.

Note 3) Costo de mantenimiento anual calculados por la aplicación del valor del 5% de los precios de compra con referencia a "New para la asociación japonesa de investigación agrícola "New Edition Farming Handbook", Japan Agriculture and Forestry Statistics Association, 1985.

Note 4) Tasa de conversión de peso a 6.11516 yen / peso and 20 peso / US \$.

4-1-2 Target Objetivo de Producción y Escala de Producción en la Prueba de Verificación de Campo de Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto <Acuicultura (tilapia)>

6 tanques de dos toneladas, 1,800 peces (300 peces/tanques de 2 toneladas x

6) Operación de la instalación: 3 rotaciones por año

Producción anual 2,700 kg (5,400 peces × 500 g/cola),

precio de venta 51.8 peso/kg

<Hidroponía (acelga)>

4 camas para hidroponía (48m², 12 m² × 4 camas)

Operación de la instalación: 3 rotaciones por año.

Producción anual 1,248 kg, precio de venta 24.13 pesos/kg

<Cultura abierta (chile (habanero))>

Área del sitio 283 m², superficie de 250 m²

Producción anual, producción 1,000 kg,

precio de venta 93.18 pesos/kg

Nota) Para el precio de venta del producto, el valor promedio de 3 años se aplicó utilizando los datos de la encuesta de precios de mercado de pescado y verduras realizada en La Paz por el proyecto SATREPS (Referencia: Apéndice 1 y Apéndice 2 al final de El material de referencia).

4-2 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD

El análisis de productividad es uno de los métodos básicos de análisis de gestión. Al aclarar la relación entre el trabajo, la tierra y los bienes de capital utilizados en la producción de la cosecha que serán mercancías, y la conexión técnica entre ellos, se pueden revelar las características de la tecnología de producción del departamento de gestión.

Los indicadores de productividad obtenidos de la prueba de verificación de campo del proyecto SATREPS para los artículos que son el objetivo de la producción de acuaponia combinada con cultivo abierto se muestran a continuación.

< Acuicultura, tilapia >

Volumen de producción anual con tanque de dos toneladas:

450 kg (900 peces, 500 g/pescado)

Producción anual por tonelada de suministro de agua:

66.7 kg/1 metro cuadrado (agua utilizada 6.75 t/tanque de agua de 2 toneladas, 6 tanques)

Horas de trabajo por 100 kg de producción:

98 horas (total de horas de trabajo 2,646 horas)

Tasa de alimentación (relación de costo de alimentación a ventas): 38.9%

< Hidroponía, acelgas >

Producción anual por 1 metro cuadrado de lecho hidropónico:

26 kg (área del lecho hidropónico, total 48 metros cuadrados)

Producción anual por tonelada de suministro de agua: 30.8 kg (suministro total de agua 40.5 t)

Horas de trabajo por 100 kg de producción: 65.4 horas (horas de trabajo totales 816 horas)

< Cultura abierta, chile (habanero) >

Producción anual por 10 por área plantada: 4,000 kg

Producción anual por tonelada de suministro de agua: 5 kg (suministro total de agua 100 t)

Horas de trabajo invertidas por 100 kg de producción: 6 horas (horas de trabajo totales 60 horas)

4-3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

4-3-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Rentabilidad

El análisis de rentabilidad es un método para aclarar las características de la gestión mediante el análisis de los resultados de adquisición de beneficios que son objetivos de gestión y los factores que los forman. Los ingresos son el mejor indicador del nivel de resultados de gestión, y el análisis de rentabilidad juega un papel central en el análisis de gestión.

Sin embargo, los indicadores de ganancias que representan “ganancias” para la administración varían según las características de la administración. Por lo general, el indicador de rentabilidad se capta por los ingresos en el caso de la gestión familiar y el beneficio corporativo en el caso de la gestión corporativa. La gestión familiar es dominante en la agricultura y la pesca en el sur de Baja California. Sin embargo, en algunos casos, existe una administración corporativa que opera en forma de corporación, y la administración de acuaponia también se ve desafiada como una empresa grupal o individual.

<Indicadores de rentabilidad de la gestión familiar>

* Ingresos = Ingresos brutos - Costo operativo

(El costo operativo no incluye el costo estimado de mano de obra familiar, el interés estimado de capital propio y el alquiler estimado de la tierra propia)

Indicadores relacionados:

* Tasa de ingreso = $\text{Ingresos} / \text{Beneficio bruto} \times 100$

* Mano de obra familiar en ingresos = $\text{Ingresos} - \text{Interés de capital propio estimado}$

- Alquiler propio estimado de la tierra

Según las estadísticas del gobierno de México, el ingreso anual promedio por hogar en el sur de Baja California en 2016 es de 225,404 pesos. En el caso del manejo de acuaponía por manejo familiar, el objetivo es que el ingreso anual exceda este valor.

<Indicadores de rentabilidad de la gestión empresarial>

* Beneficio corporativo = $\text{Ingreso laboral familiar} - \text{Costo laboral familiar estimado}$

En el caso de la gestión corporativa, el objetivo es crear el mayor valor positivo posible sin que las ganancias corporativas se conviertan en déficit.

4-3-2 Práctica de Análisis de Rentabilidad en Acuaponía Combinada con Cultivo Abierto

Se mostrará un ejemplo concreto de análisis de rentabilidad con referencia a los resultados de la prueba de verificación de campo para acuaponía combinada con la cultura abierta del proyecto SATREPS. Se hicieron los siguientes supuestos para el análisis de rentabilidad. (1) Realice ventas ventajosas a precios de tienda en el mercado a través de esfuerzos de gestión para las ventas de pescado producido por acuicultura (tilapia), vegetales por hidroponía (acelgas) y vegetales por cultivo abierto (chile (habanero)) (2) Introducción de acuaponía maquinaria e instalaciones por capital propio.

Sin embargo, la acuaponía combinada con el cultivo abierto, que se estableció en el sitio modelo en Los Planes para la prueba de verificación de campo, tiene un fuerte carácter como verificación de tecnología. Dado que el monto de la inversión en maquinaria e instalaciones es muy grande y la escala de producción del equipo instalado es pequeña, desde el aspecto económico no es adecuado manejarlo como una verificación de gestión. Por lo tanto, el valor del indicador se registra como datos de referencia asumiendo que todas las inversiones en maquinaria e instalaciones están subsidiadas.

En el análisis de rentabilidad, primero, se confirma el estado de las ganancias para la administración general. A continuación, examinaremos la realización de ingresos por departamento de gestión y analizaremos los factores que forman estos ingresos.

En la prueba de verificación de campo de la acuaponía combinada con el cultivo abierto en el sitio modelo, se asume que la administración familiar es

el órgano de administración. Por lo tanto, al prestar atención a los ingresos como un indicador de rentabilidad, queda claro que la gestión general y los tres departamentos de gestión, incluidos la acuicultura, la hidroponía y el cultivo abierto, están en rojo. Todavía es difícil salir de la red incluso si tomamos medidas para reducir el costo operativo asumiendo el caso en que la inversión total en maquinaria e instalaciones de acuaponia está subsidiada como se muestra como un indicador de referencia. (Tabla 2, Fig. 1)

Los siguientes tres puntos pueden señalarse como los principales factores detrás de la baja rentabilidad. Primero, la inversión de capital de la acuaponia combinada con el cultivo abierto es grande y los costos operativos aumentan considerablemente. En segundo lugar, el tamaño del equipo de producción introducido es pequeño y la cantidad de producción es pequeña. En tercer lugar, la tilapia de la acuicultura y la acelga suiza de hidroponía que se han adoptado como objetivos de producción tienen las características técnicas de que pueden producirse incluso dentro del agua que contiene sal, pero el precio de mercado como característica del producto es de bajo nivel. Por lo tanto, los siguientes problemas pueden señalarse de acuerdo con los tres factores principales como medidas para mejorar la rentabilidad de la acuaponía combinada con el cultivo abierto en el sitio modelo. En línea con el primer factor, persigue una reducción en el costo de las máquinas e instalaciones a introducir. En línea con el segundo factor, aumentar el tamaño del equipo de producción y reducir el precio de adquisición de maquinaria e instalaciones. En línea con el tercer factor, mejora de la productividad en los artículos, promoción de ventas ventajosas en los artículos de producción seleccionados, selección de artículos con condiciones de precio de mercado superiores, etc.

Además de lo anterior, las medidas para mejorar la rentabilidad incluyen la diversificación del negocio de gestión por acuaponia. Desde el aspecto de la forma de gestión, la acuaponía combinada con el cultivo abierto es una gestión mixta que combina horizontalmente los tres departamentos de gestión de la acuicultura, la hidroponía y el cultivo abierto utilizando agua que contiene sal. Si este departamento horizontal se combina con la venta directa de productos, el suministro de alimentos por parte de restaurantes que

Tabla 2. Rentabilidad de Modelo Acuaponico combinado con cultivo a cielo abierto en Los Planes, BCS.

(Prerequisitos: Ventas aceptables de productos, subsidio total para maquinaria y equipos)*

		(Unit: peso)			
Concepto		Overall management	Aquaculture (Tilapia)	Hydroponics (Swiss chard)	Open culture (Chili)
1)	Cantida de ventas	263,154	139,860	30,114	93,180
2)	Costos de semillas y plantulas	31,865	27,000	4,105	760
3)	costo de fertilizantes y compostas	623	0	0	623
4)	costos de quimicos	1,500	0	0	1,500
5)	Costos de alimentos peces	54,410	54,410	0	0
6)	Costo de otros materiales	14,715	2,965	683	11,067
7)	Coasto de mano de obra	64,400	60,750	2,925	725
8)	Costos de mantenimiento para reparacion de maquinaria y equipos	283,397	106,437	75,085	101,875
9)	Cosotos de depreciacion demaquinaria y equipos	566,794	212,873	150,171	203,750
10)	Costo de uso de agua para el campo	324	59	5	260
11)	Costo de transporte y ventas	14,495	9,485	4,382	628
12)	Costos de otras variables	0	0	0	0
13)	Cosotos de manejo (1)+... +12	1,032,523	473,979	237,356	321,188
14)	Ingresos (1)-13))	-769,369	-334,119	-207,242	-228,008
15)	Intereses de capital estimados	82,602	37,918	18,988	25,695
16)	Renta estimada por el dueño de campo	949	504	109	336
17)	Ingresos por labores en la familia (14)-15)-16))	-852,920	-372,542	-226,339	-254,039
18)	Costos de labor por familia	22,050	16,200	3,600	2,250
19)	beneficio corporativo (17)-19))	-874,970	-388,742	-229,939	-256,289
Reference	Rendimeinto total (kg)		2,700	1,248	1,000
	Precio unitario (peso/kg)		51.8	24.1	93.2
	Horas de trabajo (hour)	3,522	2,646	816	60
(Cuando se subsidian todas las inversiones en acuaponia, maquinaria y equipos)					
20)	Ingresos (14)+9))	-202,576	-121,246	-57,071	-24,258
21)	Ingresos por labor de familia (17)+9))	-286,126	-159,669	-76,169	-50,289
22)	Beneficio corporativo (19)+9))	-308,176	-175,869	-79,769	-52,539

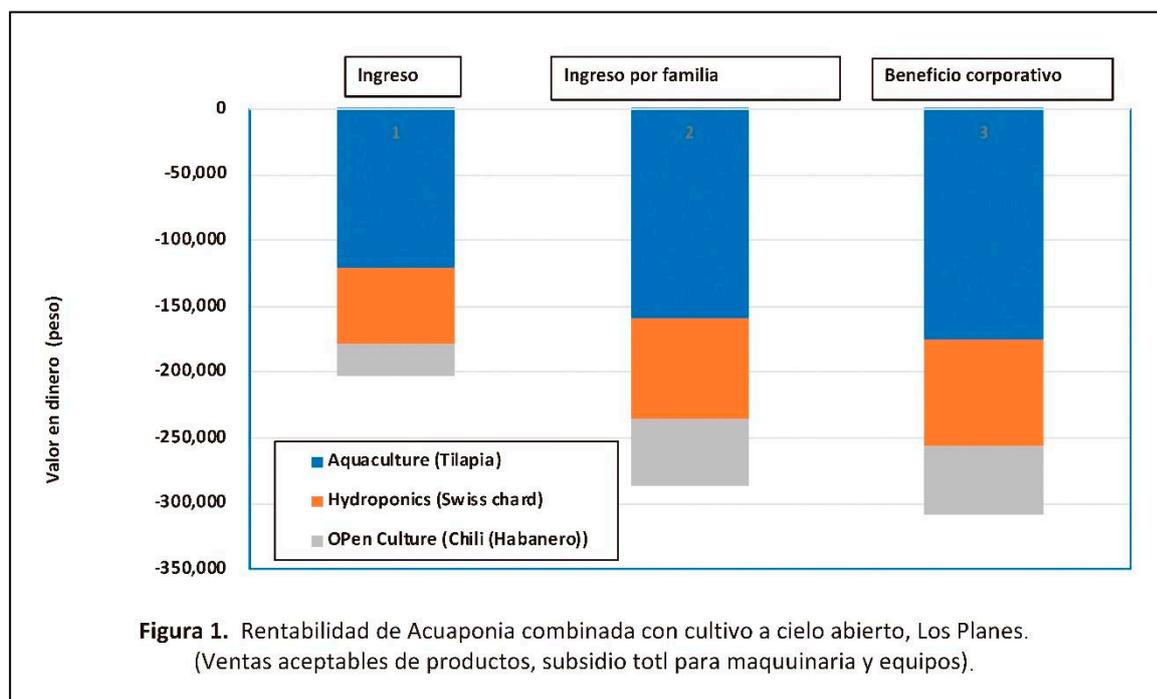


Figura 1. Rentabilidad de Acuaponia combinada con cultivo a cielo abierto, Los Planes. (Ventas aceptables de productos, subsidio totl para maquuinaria y equipos).

usan ingredientes, etc., estará disponible para desarrollarse como una gestión diversificada para el departamento de gestión para formar mayor valor agregado. Este es un asunto que se ha introducido como una gestión de alto valor agregado mediante la construcción de una cadena de valor en la administración de empresas.

De hecho, tales casos de manejo avanzado existen en Jalisco y otras provincias donde la producción de tilapia está prosperando en México. Se confirman los mismos ejemplos en el sur de Baja California que buscan la gestión de acuaponia a través de subsidios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos (SAGARPA). La siguiente foto presenta el ejemplo de gestión diversificada que combina estanques de pesca y restaurantes con acuaponia común que combina la acuicultura de tilapia e hidroponía de vegetales como lechuga y acelgas en las afueras de la ciudad de Guadalajara en Jalisco. Este es un ejemplo de actividades como órgano de gestión correspondiente al turismo verde.

El proyecto SATREPS trabajó en ventas directas de productos y producción de productos procesados en línea con el objetivo de diversificar el negocio de gestión. En cuanto a las ventas de tilapia y acelgas, las ventas se hicieron directamente a las tiendas sin la intervención de mayoristas. Para las acelgas, además de vender como verduras frescas, se preparó un prototipo de refresco usando jugo exprimido para satisfacer las preferencias de salud. Aunque los refrescos aún no se han comercializado, este es un ejemplo de desafío a la producción de productos procesados utilizando productos primarios por acuaponia combinada con cultivo abierto.



Photograph. Example of business diversification by Aquaponics (“A” management body in Guadalajara, Mexico).

El proyecto SATREPS trabajó en ventas directas de productos y producción de productos procesados en línea con el objetivo de diversificar el negocio de gestión. En cuanto a las ventas de tilapia y acelgas, las ventas se hicieron directamente a las tiendas sin la intervención de mayoristas. Para las acelgas, además de vender como verduras frescas, se preparó un prototipo de refresco usando jugo exprimido para satisfacer las preferencias de salud. Aunque los refrescos aún no se han comercializado, este es un ejemplo de desafío a la producción de productos procesados utilizando productos

primarios por acuaponia combinada con cultivo abierto.

4-4 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

4-4-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Costos de Producción

El análisis de costos de producción es un método para revelar cómo reducir los costos de producción y mejorar la tecnología de producción mediante el análisis de cómo la mano de obra y los bienes de producción utilizados en el proceso de producción se utilizan y conducen a la producción de los productos principales. El punto del proceso de cálculo es que solo los bienes de trabajo y producción que se utilizan para producir el producto principal como mercancía se convierten en dinero y en costos. Los gastos relacionados con el envío / ventas y la gestión empresarial no están incluidos en los costos de producción.

El costo que compone el costo de producción consiste en el costo del material y el costo de la mano de obra. El costo del material incluye el costo de la semilla y la siembra, el costo del fertilizante, el costo de la alimentación, el costo de los químicos, el costo de la energía fototérmica, el costo del material, el costo de la depreciación y el costo de las reparaciones de maquinaria / instalaciones y edificios, mejoras de la tierra y tarifas de riego, etc. El costo laboral incluye el costo relacionado con el trabajo familiar y laboral. En la gestión familiar, los salarios laborales generalmente no se pagan por el trabajo familiar, pero en el análisis del costo de producción, el costo estimado del trabajo familiar se registra con referencia al precio unitario salarial del mercado laboral general en la región.

Tres indicadores, el costo de producción (deducción del valor del subproducto), el costo de producción, incluido el interés de pago / renta de pago, y el monto total del costo de producción, incluido el interés de capital / renta de la tierra, se utilizan como índices que representan el costo de producción. El monto total del costo de producción, incluido el interés de capital / renta de la tierra, es un indicador analítico adecuado para la gestión corporativa.

* Costo total = Costo de material (costo de semilla y plántulas + costo de fertilizante + ... + costo de depreciación de maquinaria / instalaciones / construcción + costo de reparación + mejora de la tierra y costo de uso del agua) + Costo laboral (costo laboral familiar + costo laboral laboral)

* Costo de producción = Costo total - Valor del subproducto

* Costo de producción incluyendo intereses de pago y renta de pago = Costo de producción + Intereses de pago + Renta de pago

* Costo total de producción, incluido el monto total de los intereses de capital y la renta de la tierra = Costo de producción que incluye los intereses de pago y la renta de pago + Interés de capital propio estimado + Alquiler de tierra propio estimado

En la gestión de acuaponia en el sur de Baja California, hay muchos casos en los que el pescado y las verduras producidas se venden directamente a supermercados, mercados mayoristas y hogares vecinos de la región. En tal caso, es esencial negociar con el comprador, por lo que es importante comprender con precisión el costo de producción por adelantado para no realizar una venta deficitaria.

4-4-2 Práctica de Análisis de Costos de Producción en Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto

El análisis del costo de producción real se explicará utilizando un estudio de caso de gestión de acuaponia combinado con cultivo abierto en el proyecto SATREPS.

(1) Acuicultura (Tilapia)

En la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto, el sector de la acuicultura recogió la tilapia como objetivo de producción. Se utilizarán seis tanques con una capacidad de almacenamiento de 2 toneladas, y 300 papas fritas compradas por tanque se transportarán en una producción, se terminarán a 500 g/con cola y se enviarán al mercado. La instalación se rotará tres veces en un año. El volumen de producción anual es de 5,400 con cola (2,700 kg).

Indicando el valor del indicador como resultado del análisis del costo de producción, el costo de producción es de 17,803 pesos por cada 100 kg de cuerpo vivo con cola de tilapia, el costo de producción, incluidos los intereses de pago y el pago del alquiler, es de 17,803 pesos, y el costo de producción incluye el monto total de capital El interés y la renta del terreno son 19,227 pesos. Los costos de depreciación y reparación relacionados con los activos fijos de maquinaria, instalaciones y casa neta representan una alta participación del 66.4% del costo de producción. El costo laboral y el costo de alimentación son los segundos más caros después de la depreciación y el costo de reparación de maquinaria, instalaciones y casa neta. Dado que las ventas de tilapia por 100 kg son de 5,180 pesos, está claro que el costo de producción actualmente es mucho más alto que las ventas y no tiene condiciones económicas de reproducción (Tablas 3 y Figura 2).

Para reducir el costo de producción, primero, reduzca la entrada de materiales y mano de obra relacionada con el equipo de producción, como se puede ver en los resultados mostrados como costo de producción por tanque de 2 toneladas, y segundo, aumentar el rendimiento de tilapia es un tema importante. El principal problema para reducir la entrada de material y mano de obra son las medidas para reducir la depreciación y el costo de reparación de maquinaria, instalaciones y casa neta que representan un alto porcentaje del costo de producción. En particular, la mejora de la eficiencia energética en la generación y el uso de electricidad, que tiene una inversión extremadamente grande, juega un papel importante en la reducción de los costos de producción. Y, con respecto al aumento del rendimiento de tilapia, hay dos siguientes temas

principales para estudiar. El primero es la expansión de volumen de los tanques de cría que se ve respaldada por la mejora de la eficiencia energética en la generación de energía solar, el segundo es el cambio de la densidad de cría en un tanque al acortar el período de cría hasta el envío.

(2) Hidroponía (Acelgas)

En la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto, el departamento de hidroponía seleccionó la acelga de vegetales blandos. La acelga es un vegetal con función de eliminación de sal y se cultiva ampliamente en el sur de Baja California. En el sitio modelo, las aguas residuales generadas por el departamento de acuicultura se almacenaron en cuatro tanques con un área de 12 metros cuadrados por tanque y se cultivaron tres veces en un año. El agua residual suministrada por el tanque de acuicultura contiene una gran cantidad de residuos de alimento y estiércol de tilapia, que son las fuentes de suministro de nutrientes para la producción de vegetales. Por lo tanto, no se usa fertilizante. De acuerdo con los resultados de la prueba de verificación de campo, es posible obtener un rendimiento de 1,248 kg anuales sin fertilizantes en un lecho hidropónico con un área de cultivo total de 48 metros cuadrados.

En este caso, el costo de producción por 100 kg de acelgas será de 18,956 pesos, el costo de producción que incluye el pago de intereses y el pago del alquiler es de 18,956 pesos, y el monto total del costo de producción, incluidos los intereses de capital y el alquiler de la tierra, es de 20,486 pesos. En cuanto a la proporción del costo por artículo de cuenta, el costo de depreciación y reparación de maquinaria, instalaciones y cuenta neta de la casa representa la abrumadora porción del 95.2%. Para examinar las medidas para reducir el costo de producción de la acelga suiza, queda claro que la reducción del costo de los insumos para la maquinaria, las instalaciones y el hogar neto es más importante que la tilapia (Tablas 3 y Figura 2).

Un aumento en el rendimiento de la acelga también es un elemento indispensable para reducir el costo de producción. Para aumentar el rendimiento de la acelga, se necesitan los siguientes temas, aumentar el rendimiento por unidad de área basado en tecnología básica completa, el establecimiento de tecnología de cultivo durante todo el año para superar el ambiente de alta temperatura en verano, la expansión del volumen del tanque respaldada por la mejora de la eficiencia energética en Generación de energía solar. En relación con el establecimiento de la tecnología de cultivo durante todo el año que supera el ambiente de alta temperatura en el verano, la prueba de verificación de campo en el sitio modelo demostró que es posible producir albaca y menta durante la temporada de verano cuando es difícil cultivar el suizo. acelga.

(3) Cultivo en Campo Abierto (Chile Habanero)

En la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto, el departamento de cultivo abierto recogió el chile (naranja

habanero, en lo sucesivo denominado "habanero") como objetivo de producción. El habanero es una variedad que tiene un sabor muy picante, y aunque la demanda no es grande, se comercializa a un precio alto en el mercado. El agua residual generada por la hidroponía es recibida y mezclada con agua recolectada de la atmósfera por seis deshumidificadores instalados en la casa de la red y la utilizan como agua de riego. Además, el agua de pozo, que es agua de riego normal, se utilizará para las partes que carecen del suministro de agua del departamento de hidroponía. En consideración a la cantidad de aguas residuales suministradas por el departamento de hidroponía, se aseguró un área de cultivo de 250 metros cuadrados adyacente a la red de cultivo hidropónico. El costo de producción por 100 kg de habanero es de 32,281 pesos, el costo de producción incluye el pago de intereses y el pago de la renta de 32,281 pesos, y el costo total de producción que incluye el interés de capital propio estimado y la renta de la tierra propia estimada es de 34,884 pesos. En cuanto a la proporción del costo de producción por elementos de cuenta, la depreciación y el costo de reparación de maquinaria, instalaciones y casa neta representaron el 94.7%, la misma tendencia que la de las acelgas. Aclara que, para tomar medidas para reducir el costo de producción del habanero, es importante reducir el costo de insumos para maquinaria e instalaciones (Tablas 4 y Figura 3).

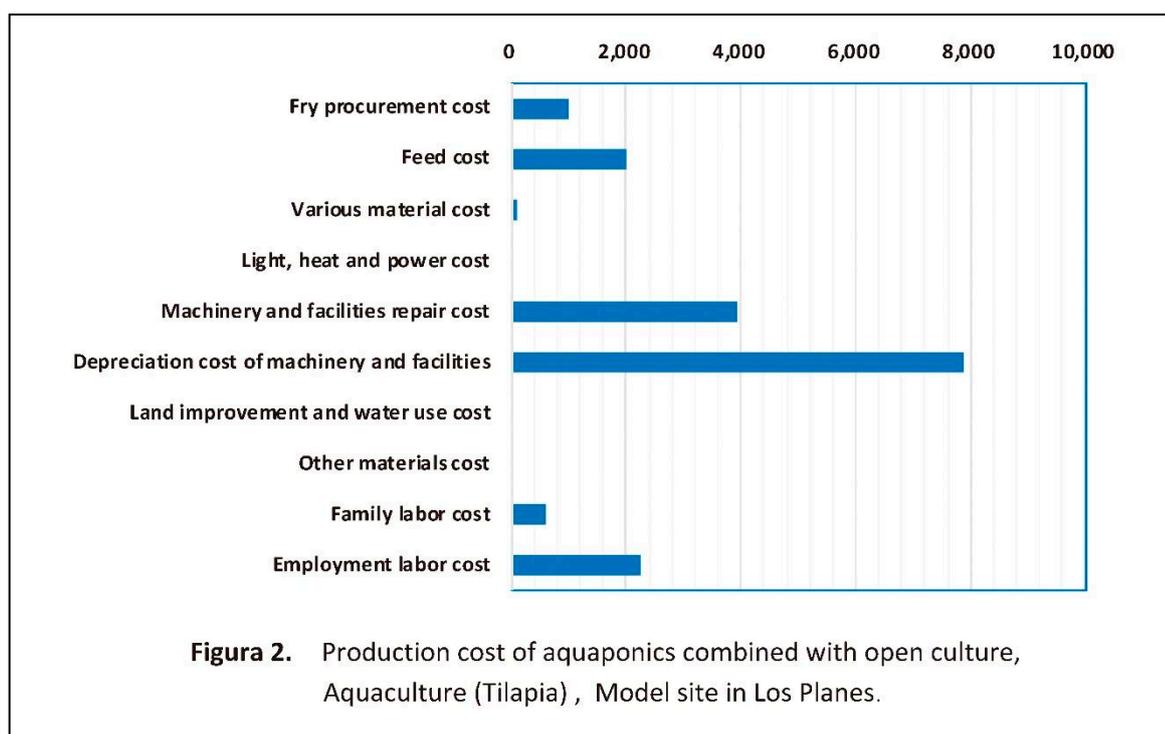
Un aumento en el rendimiento del habanero también es un factor importante para reducir el costo de producción. Con el fin de aumentar la cosecha de habanero, además de las técnicas generales de cultivo adoptadas en el área de Los Planes del sitio modelo, el uso efectivo de las aguas residuales suministradas por el establecimiento del departamento de acuicultura e hidroponía es un desafío. Al igual que con los departamentos de acuicultura e hidroponía, la expansión del área de cultivo apoyada por la mejora en la eficiencia energética de la generación de energía solar también es un tema a considerar.

Además, el departamento de cultivo abierto recibe una cantidad fija de aguas residuales durante todo el año de los departamentos de acuicultura e hidroponía, por otro lado, la producción de cultivos es generalmente difícil en el área de Los Planes durante el período de verano desde julio hasta principios de septiembre por el calor. . Por lo tanto, es necesario seleccionar cultivos y establecer un sistema de cultivo que pueda usar constantemente las aguas residuales. En la prueba de verificación de campo en el sitio modelo, se demostró que es efectivo cultivar frijoles comunes y ararlo como abono verde durante el período de verano como un cultivo posterior de habanero para hacer frente a este problema.

Tabla 3. Costos de producción de acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto. Acuacultura (Tilapia), Módulo en Los Planes.

(Unidad: peso)

Concepto		Aquaculture (Tilapia)	
		Per 2 t tank	Per 100 kg
1)	Costo de adquisición	4,500	1,000
2)	Costo de alimentos	9,068	2,015
3)	Costo de materiales diversos	494	110
4)	Costo de energía	0	0
5)	Costo de reparación de equipos y maquinaria	17,739	3,942
6)	Costo de depreciación de equipos y maquinaria	35,479	7,884
7)	Costo de preparación de campo y agua	10	2
8)	Costo de otros materiales	0	0
9)	Costo de labor familia	2,700	600
10)	Costo de mano obra	10,125	2,250
11)	Costo total (1)+...+10))	80,116	17,803
12)	Valor del producto	0	0
13)	Costo de producción (by-product value deduction) (15) – 16))	80,116	17,803
14)	Intereses de pago	0	0
15)	Pago de renta	0	0
16)	Costo de producción incluyendo pago de interés y pago de renta (17)+18)+19))	80,116	17,803
17)	Interés patrimonial	6,320	1,404
18)	Renta del campo por el dueño	84	19
19)	Costo de producción incluyendo cantidad total de interés de capital la renta de campo (20)+21)+22))	86,519	19,227
< Referencia >			
20)	Costo de envío de material	1,581	351
21)	Gastos de venta	0	0
22)	Costos de venta (19)+20)+21))	88,100	19,578



4. Manual de Manejo del Negocio de Acuaponia Combinada con Cultivos a Cielo Abierto

Tabla 4. Costo de producción del manejo de acuaponia combinado con cultivo a cielo abierto seccio hidroponica (Acelga), Modulo en Los Planes.

(Unit: peso)

Concepto	Seccion Hidroponica (Cultivo de acelgas)	
	Por 10 a	Por 100 kg
1) Costo de semillas y plantulas	85,521	329
2) Costos de fertilizantes y compostas	0	0
3) Costos de agroquimicos	0	0
4) Costo de materiales diversos	14,229	55
5) Costo de energia	0	0
6) Costo de reparacion de maquinaria y equipos	1,564,278	6,016
7) Costos de depreciacion de equipos y maquinaria	3,128,555	12,033
8) Costo de agua y preparacion de campo	103	0
9) Cosotos de labor familia	75,000	288
10) Costo de mano de obra	60,938	234
11) Costo total (1)+ ... +10))	4,928,624	18,956
12) Valor por producto	0	0
13) Costo de produccioni (por producto, deducccion de valor) (11) – 12))	4,928,624	18,956
14) pago de intereses	0	0
15) Pago de renta	0	0
16) Costo de produccion incluyendo pago de intereses y pago de renta (13)+14)+15))	4,928,624	18,956
17) Interes patrimonial	395,583	1,521
18) alquiler de renta	2,271	9
19) Costos de produccion incluyendo el total de interes de capital y renta de campo (16)+17)+18))	5,326,478	20,486
< Referencia >		
20) costos de envio de material	91,292	351
21) Gastos de venta	0	0
22) Costos de venta (19)+20)+21))	5,417,770	20,838

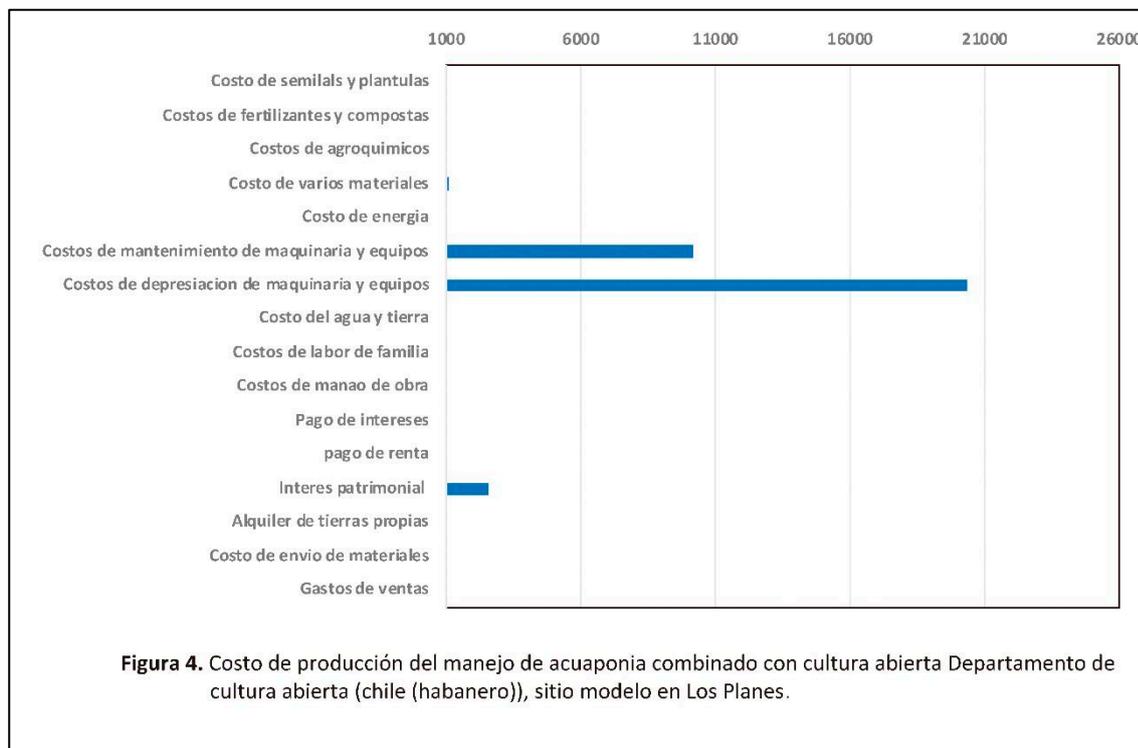


Figura 3. Costo de producción del manejo de acuaponia combinado con cultura abierta Departamento de hidropoía (acelgas), sitio modelo en Los Planes.

Tabla 5. Costos de producción de manejo acuicola combinado con cultivo a cielo abierto, (chili (habanero)), modulo en Los Planes.

(Unit: peso)

Concepto	Open culture division (Chili (Habanero))	
	Per 10 a	Per 100 kg
1) Costo de semilals y plantulas	3,040	76
2) Costos de fertilizantes y compostas	2,492	62
3) Costos de agroquimicos	6,000	150
4) Costo de varios materiales	44,268	1,107
5) Costo de energia	0	0
6) Costos de mantenimiento de maquinaria y equipos	407,500	10,187
7) Costos de depreciacion de maquinaria y equipos	814,999	20,375
8) Costo del agua y tierra	1,040	26
9) Costos de labor de familia	9,000	225
10) Costos de manao de obra	2,900	73
11) Costo total (1)+ ... +10))	1,291,239	32,281
12) Valor por producto	0	0
13) Costo de produccion (por deduccion de valor de producto) (11) –12)	1,291,239	32,281
14) Pago de intereses	0	0
15) pago de renta	0	0
16) Costos de produccion incluyendo pago de intereses mas pago de renta (13)+14)+15))	1,291,239	32,281
17) Interes patrimonial	102,780	2,570
18) Alquiler de tierras propias	1,344	34
19) Costo de producción que incluye el monto total de intereses de capital y la renta de la tierra(16)+17)+18))	1,395,363	34,884
<Referencia >		
20) Costo de envio de materiales	2,512	63
21) Gastos de ventas	0	0
22) Costos de ventas (19)+20)+21))	1,397,875	34,947



4-5 ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO

4-5-1 Indicadores de Análisis Utilizados para el Análisis de Punto de Equilibrio

El propósito del análisis de punto de equilibrio es comprender el monto de las ventas del punto marginal de ganancias y pérdidas, y examinar la dirección futura de la gestión empresarial basada en esto. El punto de equilibrio se calcula con base en la correlación entre el monto de ventas de la administración y el costo requerido para lograrlo. Al mismo tiempo, los costos se manejan por separado como costos fijos y costos variables, pero se debe tener cuidado porque el manejo de los costos fijos difiere entre la administración familiar y la administración corporativa. En general, el análisis de equilibrio es un método aplicado a la gestión con carácter corporativo.

Los indicadores analíticos utilizados a menudo en el análisis de punto de equilibrio y sus fórmulas de cálculo son los siguientes.

Coste variable:

Este es un costo relacionado con el capital líquido consumido en un período de producción, y el costo cambia de acuerdo con la fluctuación del volumen de producción. Los artículos de la cuenta incluyen el costo de semilla y siembra, costo de fertilizante, costo de alimentación, costo químico, costo de medicamentos, costo de energía fototérmica, costo de materiales, costo de reparación, costo de mano de obra temporal, etc.

Costo fijo:

Este es un costo relacionado con el capital fijo utilizado durante el período de producción plural, y el costo es constante incluso si cambia el volumen de producción. Las partidas de la cuenta incluyen la mejora de la tierra y el costo del uso del agua, el costo de depreciación, el costo de la mano de obra familiar, el costo anual de la mano de obra laboral, el pago de la renta, la renta estimada de la tierra propia, el interés de pago, el interés estimado del capital propio, etc.

* Ventas de equilibrio = Costo fijo / (1 - (Costo variable / Cantidad de ventas))

* Tasa de margen de seguridad = (Break - ventas pares - Cantidad de ventas) / Cantidad de ventas × 100

* Ventas netas para obtener cierto beneficio

Ventas requeridas = (Costo fijo + Beneficio requerido) / (1 - (Costo variable / Cantidad de ventas))

4-5-2 Práctica de Análisis de Punto de Equilibrio en Acuaponia Combinada con Cultivo Abierto

Con referencia a los resultados de la prueba de verificación de campo en el proyecto SATREPS, el análisis se realiza asumiendo las siguientes condiciones. Los ingresos se toman como un indicador de rentabilidad, las ventas de productos se venden favorablemente a precios de mercado, la maquinaria, las instalaciones y la casa neta para acuaponia se introducen mediante un subsidio total.

De acuerdo con los resultados de la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto, el costo total, incluido el costo fijo

y el costo variable, supera el monto de ventas para la gestión general y para los tres departamentos de gestión, acuicultura, hidroponía y cultura abierta, y Todos los ingresos están en rojo. La tasa de margen de seguridad que indica hasta qué punto la cantidad de ventas difiere del punto de equilibrio muestra valores negativos (Tablas 5 y Figura 4).

Teniendo en cuenta los requisitos de producción que los ingresos convierten en plus, es necesario elevar las ventas actuales al punto de equilibrio o superior. Específicamente, se requiere asegurar las ventas para que la administración general sea más de 465,729 pesos que se compara con los 263,154 pesos actuales. el departamento de acuicultura es más de 261,106, el departamento de cultivo hidropónico es más de 87,185 pesos, y el departamento de cultivo abierto es más de 117,438 pesos. Además, la cantidad de cosecha que satisface esta condición se calcula en 5,041 kg para tilapia, al menos 3,613 kg para acelgas y 1,252 kg para habanero. Si tal aumento en el rendimiento es factible o no, debe examinarse en detalle considerando las condiciones del sitio de producción y el nivel de la tecnología de desarrollo actual.

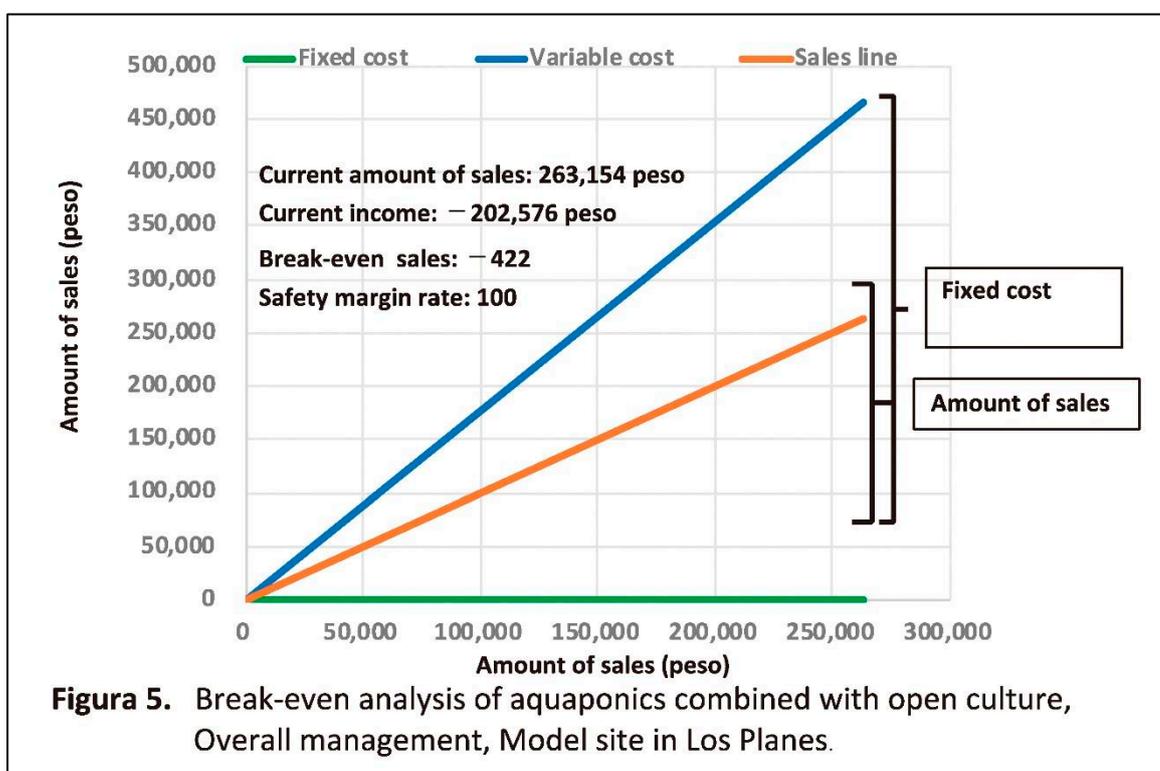
Según las estadísticas del gobierno mexicano, el ingreso promedio anual por hogar en el sur de Baja California en 2016 es de 225,404 pesos. Teniendo en cuenta este valor estadístico, el organismo de gestión que se dedica a la acuaponía combinado con la cultura abierta como empresa familiar en esta región necesita generar ingresos de la misma cantidad o más. Sin embargo, en el caso de asumir la prueba de verificación de campo actual de acuaponía combinada con cultivo abierto, se debe decir que obtener el mismo nivel de ingresos no es fácil.

Tabla 6. Análisis de equilibrio de acuaponia combinado con cultivo abierto
Modulo en Los Planes.

(Venta de productos, subsidio total para maquinaria e instalaciones).

(Unit: peso,%)

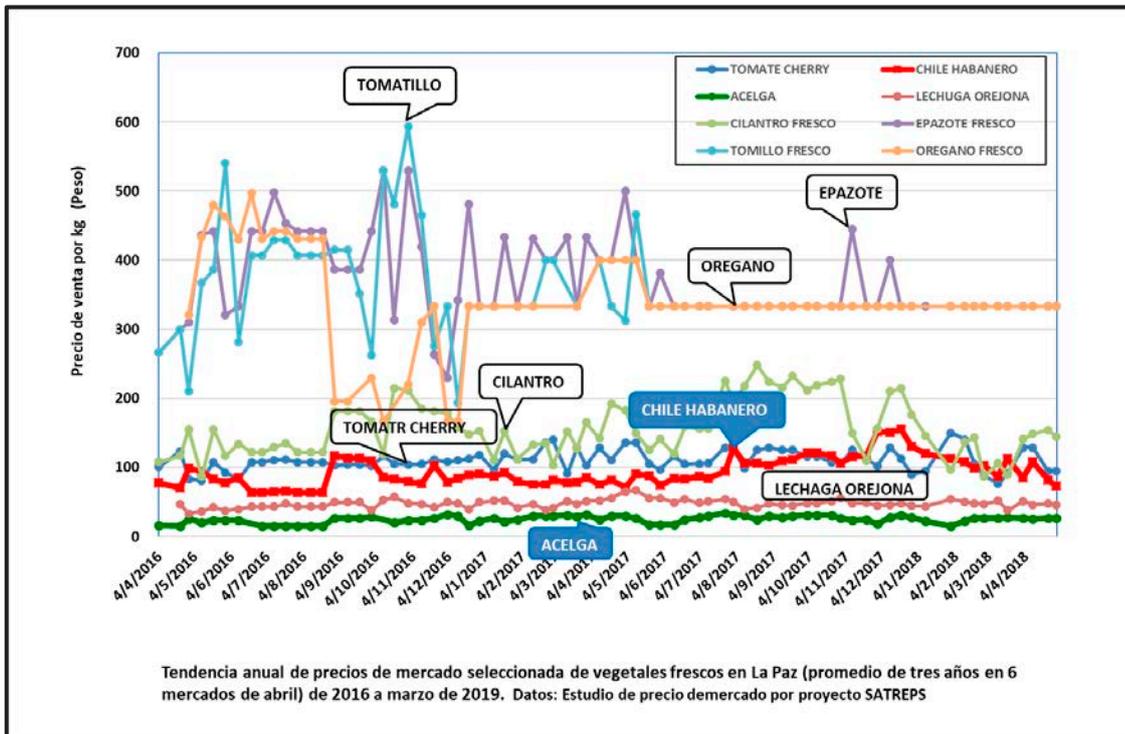
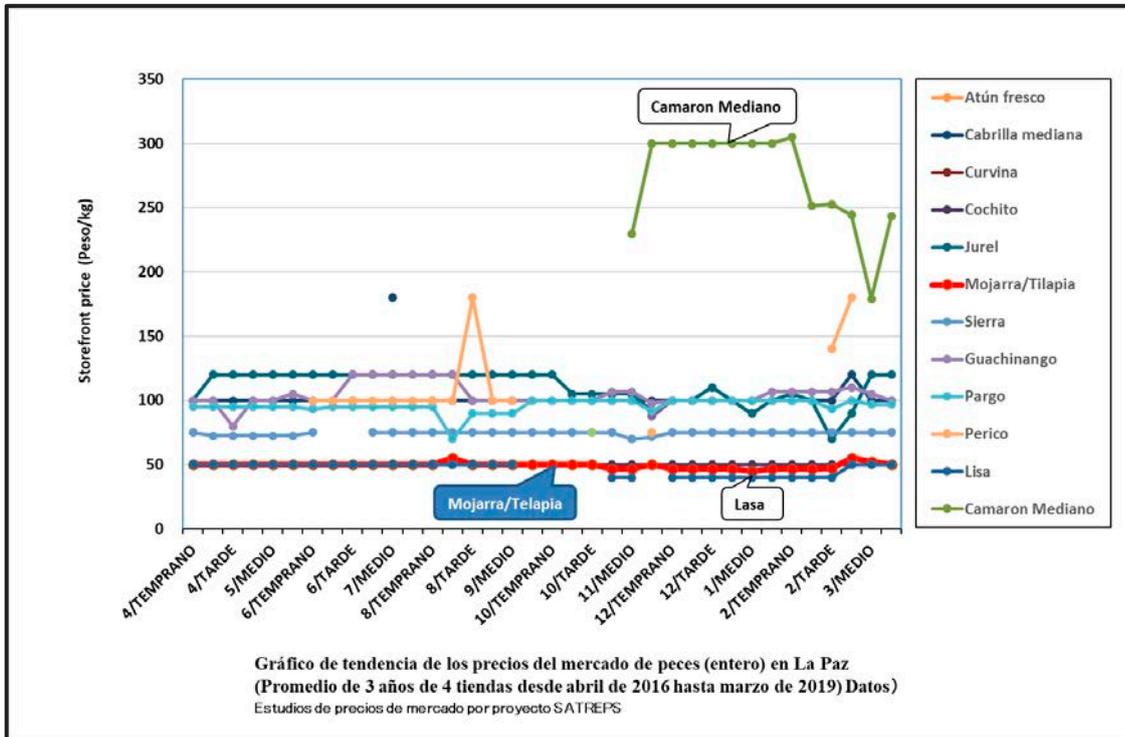
Item	Gestion General	Seccion acuicola	Seccion hidroponica	Seccion cultivo cielo abierto
[Ingresos]				
Volumen total de ventas	4,948	2,700	1,248	1,000
Montos de ventas	263,154	138,860	30,114	93,180
Costos fijos	324	59	5	260
Costos variables	465,405	261,047	87,180	117,178
Equilibrio en ventas	-422	-68	-3	-1,010
Tasa del margen de seguridad	100	100	100	101
[Beneficio corporativo]				
Volumen total de ventas	4,948	2,700	1,248	1,000
Volumen de ventas	263,154	138,860	30,114	93,180
Costos fijos	105,925	54,682	22,702	28,541
Costos variables	465,405	261,047	87,180	117,178
Equilibrio de ventas	-137,822	-62,143	-11,980	-110,820
Tasa del margen de seguridad	152	145	140	219



5. ANEXOS

Principales resultados de la encuesta de precios de mercado de pescado y verduras por proyecto SATREPS

-South Baja California, La Paz, promedio de 3 años desde abril de 2016 hasta marzo de 2019



Nota 1) La encuesta de precios de mercado de pescado y verduras se realizó mediante la extracción de artículos relevantes de acuerdo con el propósito de determinar el objetivo de producción de cultivo abierto combinado con acuaponia en el proyecto SATREPS. La encuesta se realizó en 45 artículos para peces y 32 artículos para vegetales.

Nota 2) La encuesta de precios de mercado se realizó a intervalos de 10 días, con la cooperación de 4 tiendas para peces y 6 tiendas para verduras.

Nota 3) Según el resultado de la encuesta de precios de mercado entre tres años, desde abril de 2016 hasta marzo de 2019, el precio promedio por kg de los productos mencionados anteriormente que se seleccionaron como objetivo de la encuesta en la prueba de verificación de campo de cultivo abierto combinado con acuaponia, es siguiendo.

Acuicultura: tilapia 51.80 pesos/kg

Hidroponia: acelgas 24.13 pesos/kg

Cultivo del suelo: chile (habanero) 93.80 pesos/kg

6. AGRADECIMIENTOS

Al preparar el manual de manejo, pudimos pedir ayuda al Sr. Jose Angel Rodríguez como agricultor cooperante para la prueba de verificación de campo de acuaponia combinada con cultivo abierto, en la recolección de datos de manejo. Le agradecemos con la escritura. Es un gerente que se espera que juegue un papel importante para la extensión de la acuaponia combinada con la cultura abierta que el proyecto SATREPS ha desarrollado para el sur de Baja California. Esperamos que continúe cooperando después del final del proyecto.

Las siguientes ocho tiendas facilitaron la información cooperando con lo cual y obtuvimos las encuestas de precios de mercado para pescado y verduras, que se llevó a cabo durante poco más de tres años como parte del registro para la encuesta básica y soportar la preparación del manual de gestión. Les estamos muy agradecemos a todos ellos con su aportación a nuestro estudio.

Tienda de pescado fresco: PESCADERIA MOLARES, PESCADERIA SINALOA

Tienda mayorista de verduras: SEM. Y CERARES CENTRAL, FRUTAS Y LEGUMBRES ELTRIUNFO, FRUTERIA LO VEO Y LO NO CREO, FRUTAS FINAS COLIMAN

Supermercado: CASA LEY-LAS GARZAS, ARAMBURO

Además de lo anterior, hemos obtenido la cooperación de muchos agricultores y representantes de Ejido en el sur de Baja California en la realización de una encuesta básica para preparar un manual de manejo. La lista se omite debido a limitaciones de espacio, pero nos gustaría agradecer a todos los que ayudaron a promover el proyecto.

Epilogo

El Sistema desarrollado en este proyecto es acuapónica combinada con cultivo a cielo abierto adaptado en la zona árida. Adaptar en la zona árida significa (1) utilizar agua salobre que es difícil para producir alimentos, (2) producir productos pesqueros y agrícolas que tienen resistencia a la sal, (3) utilizar electricidad obtenida por sistema fotovoltaico aprovechando la energía solar abundante. El sistema combinado con cultivo a cielo abierto significa que originalmente acuapónica era sistema combinado con acuicultura e hidroponía, pero nosotros utilizamos agua residual para cultivo a cielo abierto. Como lo que hemos mencionado, este sistema de acuapónica incluye impactos importantes en aspectos ambientales y económicos, quiere decir que utilizamos agua salobre que es difícil para producir alimentos, logramos el uso eficiente de agua como utilización de la misma agua por tres veces, para acuicultura, hidroponía y cultivo a cielo abierto, producimos simultáneamente peces y verduras, prevenimos salinización, logramos la posibilidad de introducir este sistema en la zona remota y mitigación de calentamiento global por sistema fotovoltaico, además realizamos garantía de sanidad y seguridad a los productos.

Técnicas de acuapónica se dividen en técnicas de producción (acuicultura, hidroponía y cultivo a cielo abierto), técnicas de control de ambiente y sanidad (suministro de electricidad, control de salinidad, seguridad, técnicas de manejo y administración de comercio. Seré muy feliz si ustedes aplican las partes necesarias después de leer este manual.

Nosotros asumimos que objetos de introducir este sistema fueran agricultores, pescadores y empresas privadas, por eso hemos tenido las visitas de pescadores y agricultores al sitio de verificación. Pero también hemos recibidos la visitas de estudiantes de escuela primaria, secundaria y técnica. Así es muy significativo que la generación joven tenga interés de sistema de acuapónica con la armonía ambiental como este modelo. Si el gobierno quisiera promover a introducir sistema de producción de alimentos con armonía ambiental y aprovechar energía natural, podría ser posible de promover apoyo público.

Instalamos dos módulos de acuapónica combinada con cultivo a cielo abierto en el municipio de La Paz de Baja California Sur, uno en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. (CIBNOR) y otra en la parcela de un productor agrícola en Los Planes. En ambos lugares se registra poca precipitación y su clima se clasifica como desértico que caracteriza el ambiente natural de las Zonas Áridas, con limitaciones en la disponibilidad de agua, tanto de cantidad como de calidad. La salinidad de agua subterránea utilizada en agricultura, impide crecimiento en caso de plantas sensibles a la sal. Al elaborar este manual consideramos versatilidad, para que se puedan introducir en las regiones con

zonas áridas, las técnicas de acuapónia desarrolladas en nuestro proyecto. Buscando la manera sustentable para producir alimentos, deseo que los productores de las zonas áridas, utilicen al agua subterránea con máxima eficiencia, menos agua y menos salinización de suelo.

Quiero manifestar gran agradecimiento y respeto a las personas que nos brindaron apoyo para llevar a cabo este proyecto. Nosotros recibimos apoyo financiero para cooperación internacional y desarrollo de tecnología por JICA y JST. También recibimos apoyo financiero, apoyo de recursos humanos y sugerencias y consejos por SADER, CONAZA y CONACYT. Era indispensable apoyo de familias para que los miembros de investigación de CIBNOR, Universidad de Tottori y Universidad de Tokio de Ciencia y Tecnología Marina puedan continuar sus actividades. Lastimosamente tuvimos el fallecido durante el proyecto de un compañero.

Finalmente con todo mi corazón, quiero manifestar a todos gran agradecimiento.

Atentamente

Dr. Satoshi Yamada

Responsable Técnico por el Grupo de Investigadores Japoneses
Profesor, Facultad de Agricultura, Universidad de Tottori



ANEXOS

Tabla LISTA de MIEMBROS de SATREPS

NOMBRE	POSICIÓN	PERTENENCIA	GRUPO DE INVESTIGACIÓN						OTROS
			G1	G2	G3	G4	G5	G6	
LADO MEXICANO									
Dr. Alfredo Ortega Rubio	Director	Director General, CIBNOR	Director General						Oct. 2019 - May 2020
Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota	Director	Director General, CIBNOR	Director General						Abr.2015 - Sep. 2019
Dr. Ilic Racotta Dimitrov	Invetigador	Departamento de Operación Institucional, CIBNOR	Director del Proyecto						
Dr. Juan Ángel Larrinaga Mayoral	Invetigador	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR	Lider de Investigadores						
				○			○	●	
Dr. Francisco Javier Magallón Barajas	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	●						
Dr. Bernardo Murillo Amador	Invetigador	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		●			○		
Dr. Joaquin Gutierrez Joaguey	Invetigador	Programa de Planificación Ambiental y Conservación (PLAC), CIBNOR			●			Feb.2017 - May 2020	
Dr. Miguel Angel Porta Gándara	Invetigador	Programa de Planificación Ambiental y Conservación (PLAC), CIBNOR			●			Abr2015 - Ene.2017	
Dr. Ramón Jaime Holguín Peña	Invetigador	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR				●			
Dr. Enrique Troyo Diéguez	Invetigador	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR					●		
Dr. Pedro Cruz Hernández	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Dr. Rafael Campos	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Dr. Dariel Tovar	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Dr. Juan Carlos Pérez	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Ing. Enrique Murillo Moreno	Técnico	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Ing. Gilberto Colado	Técnico	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Dr. Hector Salmon Acosta	Invetigador	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						
Dra. Yenitze Elizabeth Fimbres Acedo	Invetigadora	Acuicultura (PAC), CIBNOR	○						

Grupo 1 (G1); Acuicultura, Grupo 2 (G2); Cultivo de Plantas, Grupo 3 (G3); Energía, Grupo 4 (G4); Sanidad y Seguridad, Grupo 5 (G5); Irrigación, Grupo 6 (G6); Extension.Círculo cerrado significa jefe de cada grupo de investigación.

Tabla LISTA de MIEMBROS de SATREPS

NOMBRE	POSICIÓN	PERTENENCIA	GRUPO DE INVESTIGACIÓN						OTROS
			G1	G2	G3	G4	G5	G6	
LADO MEXICANO									
Ing. Saul Edel Briseño Ruíz	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○				○	○
Tec. Pedro Luna Gracia	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○				○	
Tec. Adrian Jordán Castro	Técnico	Agricultura para Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○				○	○
Tec. Raymundo Ceseña Núñez	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○				○	○
Dr. Gregorio Lucero Vega	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR						○	
Tec. Maria Sofia Ramos Galvan	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR					○		
M.C. Martin Aguilar Garcia	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR					○		
Dra. Carmen Mercado Guido	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○					
M.C. Lidia Hiraes Lucero	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○					
Ing. Mario Benson Rosas	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○					
M.C. Alvaro González Michel	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR						○	
M. D. A. Manuel Salvador Trasviña Castro	Técnico	Analytical laboratories, CIBNOR						○	
Dr. Arturo Cruz Falcón	Técnico	Programa de Agricultura en Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR		○					
M.C. Norma Ochoa	Técnico	Analytical laboratories, CIBNOR						○	
Ing. Juan Manuel Mandujano	Técnico	Servicies Departement, CIBNOR			○				
Dra. Diana Medina Hernandez	Técnico	Agricultura para Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR					○		
M.C. Luis Landa Hernández	Técnico	Agricultura para Zonas Áridas (PAZA), CIBNOR	○	○	○	○	○	○	○

Grupo 1 (G1); Acuicultura, Grupo 2 (G2); Cultivo de Plantas, Grupo 3 (G3); Energía, Grupo 4 (G4); Sanidad y Seguridad, Grupo 5 (G5); Irrigación, Grupo 6 (G6); Extension. Circulo cerrado significa jefe de cada grupo de investigación.

Tabla LISTA de MIEMBROS de SATREPS

NOMBRE	POSICIÓN	PERTENENCIA	GRUPO DE INVESTIGACIÓN						OTROS
			G1	G2	G3	G4	G5	G6	
LADO JAPONES									
Dr. Hiromitsu Nakajima	Profesor	Universidad de Tottori	Rector						Abr. 2019 - May 2020
Dr. Ryota Teshima	Profesor	Universidad de Tottori	Rector						Abr.2015 -Mar. 2019
Dr. Satoshi Yamada	Profesor	Universidad de Tottori	Jefe de Proyecto						
				●					
Dr. Masato Endo	Profesor Asociado	Universidad de Tokyo de Ciencia y Tecnología Marina	●						
Dr. Shigehide Iwata	Profesor Asistente	Universidad de Tokyo de Ciencia y Tecnología Marina	○						
Dra. Ayako Matsui	Investigadora del Proyecto	Universidad de Tokyo de Ciencia y Tecnología Marina	○						
Dr. Hideyasu Fujiyama	Profesor	Universidad de Tottori		○					
	Profesor Emérito	Universidad de Tottori							
Dra. Mina Yamada	Investigadora del Proyecto	Universidad de Tottori	○	○	○	○	○	○	
Dra. Emi Kaburagi	Profesor Asistente	Universidad de Tottori	○	○	○	○	○	○	
Dr. Kotaro Tagawa	Profesor Asociado	Universidad de Tottori			●				
Dr. Takashi Baba	Investigadora del Proyecto	Universidad de Tottori				●			
Dr. Koji Inosako	Profesor	Universidad de Tottori					●		
Dr.Tadaomi Saito	Profesor Asociado	Universidad de Tottori					○		
Dr. Takayuki Ando	Profesor	Universidad de Tottori						●	
Dr. Hajime Kobayashi	Director	Universidad Abierta del Japón						○	
	Profesor Emérito	Universidad de Tottori							
Dra. Masako Hishida	Doctoral Researcher		○	○	○	○	○	○	
Sr. Itsuo Kuzasa	Coordinador del Proyecto	Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Coordinador del Proyecto						Jul. 2017 - May 2020
Sr. Tomohiro Okabe	Coordinador del Proyecto	Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Coordinador del Proyecto						Jul. 2015 - Jun. 2017
Sra. Megumi Shimizu	SATREPS clerical staff	Universidad de Tottori	Clerical Staff						

Grupo 1 (G1); Acuicultura, Grupo 2 (G2); Cultivo de Plantas, Grupo 3 (G3); Energía, Grupo 4 (G4); Sanidad y Seguridad, Grupo 5 (G5); Irrigación, Grupo 6 (G6); Extension.Circulo cerrado significa jefe de cada grupo de investigación.

(a)



Figura Lugar (a) y apariencia (b and c) de 2 aquaponias combinadas con cultivo a cielo abierto

- (a) Lugar geográfico indica que 1 es el sitio de Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Latitud: $24^{\circ} 08' N$, Longitud: $-110^{\circ} 18' W$), y 2 es el módulo de verificación (Latitud: $23^{\circ} 97' N$, Longitud: $-109^{\circ} 94' W$)
- (b) Apariencia de módulo en Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) establecido en Julio 2016.
- (c) Apariencia de módulo de verificación en San Juan de Los Planes establecido en agosto 2018.

ISBN978-4-9907587-9-0
C3061

