

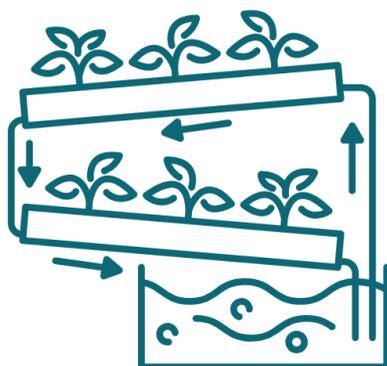
Protocolo:

CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE UN SISTEMA ACUAPONICO DE MEDIANA ESCALA





PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO DE MEDIANA ESCALA



Proyecto de investigación

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS PARA LA PRODUCCIÓN LIMPIA Y SOSTENIBLE DE PECES Y HORTALIZAS COMO ESTRATEGIA PARA PROMOVER EL EMPRENDIMIENTO Y LA COMPETITIVIDAD EN LAS COMUNIDADES PISCÍCOLAS DE LAS PROVINCIAS DE LENGUPA Y RICAURTE, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Convocatoria:

865-2019 PARA EL CIERRE DE BRECHAS SECTOR AGROPECUARIO BOYACÁ



MINISTERIO DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GOBERNACIÓN DE
Boyacá



Juan D Castellanos
Fundación Universitaria

VISILADA MIREDUCCIÓN



Juan de Castellanos
Fundación Universitaria

Realización:

Grupo de Investigación en Ciencia, Innovación y Tecnología (CiyT)
Investigadores en Reproducción Animal y Biotecnología, IRABI
Grupo de Eco toxicología, Evolución, Medio ambiente y Conservación, E=MC2

Entidades Financiadoras:

Gobernación de Boyacá
Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación

Autores:

Edna Rocció Riaño Castillo
Edwin Gómez Ramírez
Ana Constanza Torres Mesa
Ludy Paola Villamil Moreno

Primera Edición: 2023
ISBN: 978-958-8966-64-9

Colaboradores:

Luis Alexander Páez
Adriana Isabel Muelas Campo
William Fernando Bernal Suárez
Elizabeth Rodríguez Caicedo

Impresión:

Búhos Editores Ltda.
Tunja - Boyacá - Colombia

Cítese como:

Riaño et al (2023). Protocolo - Guía de construcción y manejo de un sistema acuapónico de mediana escala. Fundación Universitaria Juan de Castellanos- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colombia- Gobernación de Boyacá.

Todos los derechos reservados. Este texto puede ser reproducido y divulgado de manera libre únicamente para fines educativos o no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría.



©Fundación Universitaria Juan de Castellanos
©Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación
©Gobernación de Boyacá



PRESENTACIÓN

La emergencia del cambio climático y los desafíos asociados al crecimiento poblacional han obligado de manera urgente a la innovación y tecnificación de los sistemas agroalimentarios en equilibrio con los servicios ecosistémicos.

La acuaponía como tecnología propone un sistema cerrado sustentable, con mayor aprovechamiento y reciclaje de los recursos hidrobiológicos que integra (plantas-peces-agua) y transforma (compuestos nitrogenados). Su implementación permite el cultivo simbiótico con menos del 90% de agua que se usaría con la agricultura y acuicultura tradicional, además de una mayor biomasa vegetal y animal por metro cuadrado y metro cúbico de agua (alcanzando a duplicar la biomasa en kg de lo que se produce tradicionalmente). La construcción de un modelo acuaponico depende en gran medida de los objetivos del sistema tanto técnicos como económicos.

Este documento busca brindar a los productores una guía básica sobre la construcción de un prototipo de acuaponía; y una serie de protocolos sobre aspectos importantes en la producción: siembra de alevinos; maduración química y siembra de plántulas. Una propuesta que nace en el marco del proyecto realizado por la Fundación Universitaria Juan de Castellanos y en alianza con la Universidad Militar Nueva Granada, bajo la convocatoria: cierre de brechas en el sector agropecuario. Bogotá, Colombia.

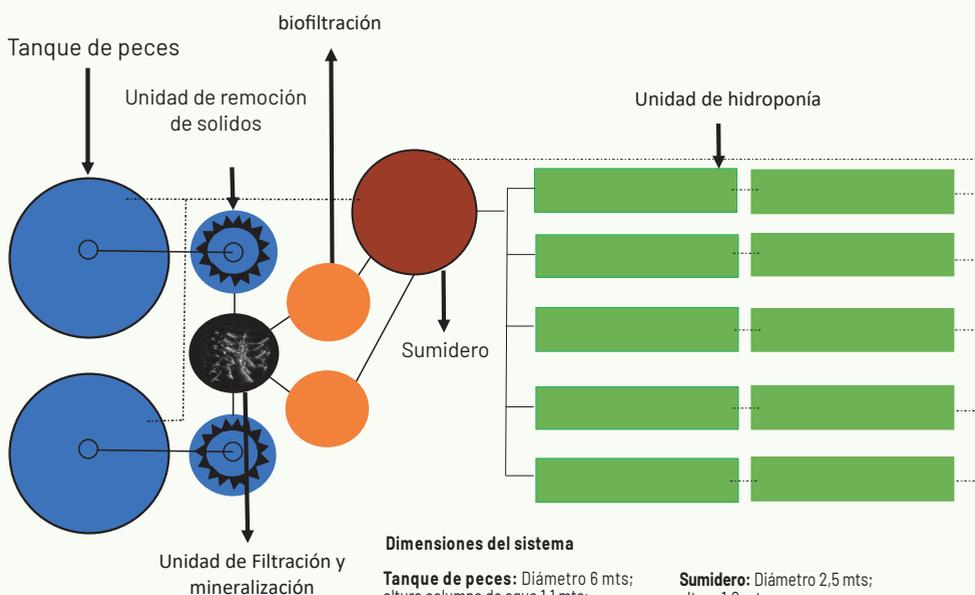




GUÍA PASO A PASO CONSTRUCCIÓN SISTEMA ACUAPÓNICO

Los sistemas de acuaponía se componen principalmente de 6 unidades: 1. Unidad de peces; 2. Unidad de remoción de sólidos; 3. Unidad de mineralización; 4. Unidad de biofiltración; 5. Unidad de hidroponía y 6. Sumidero o Unidad de bombeo. Cada unidad o componente del sistema cumple una función específica el cual permite mantener las condiciones de calidad de agua óptimas para el crecimiento y desarrollo de las especies a cultivar.

En el presente documento se describirá paso a paso la construcción de un sistema acuapónico de mediana escala bajo la técnica hidropónica de cama flotante, resultado de la experiencia obtenida en el trabajo colaborativo con la comunidad piscícola de la Asociación Asopisboy del municipio Chitaraque-Boyacá. En la figura 1 se describe el plano general del sistema con capacidad de producir 25 Kg/m³ y 1500 unidades de hortalizas.



Dimensiones del sistema

Tanque de peces: Diámetro 6 mts;
altura columna de agua 1.1 mts;
Volumen: 31 m³.

Tanque remoción: Diámetro 1.8 mts;
altura columna de agua 1.7 mts;
Volumen: 3 m³.

Tanque filtración y mineralización:
Diámetro 1.8 mts;
altura columna de agua 1.7 mts;
Volumen: 3 m³.

Unidad hidroponía:
Longitud: 5 y 7 mts; ancho: 1 mt;
altura 0,4 mts;
Volumen: 2,8 y 2m³.

Sumidero: Diámetro 2,5 mts;
altura 1.0 mts;
Volumen: 4 m³.

Blowers: 2 blowers de 1 Hp para biofiltro y peces.

Bomba de agua:
½ Hp etapa inicial
1 Hp etapa inicial

Total área: 250 m²

Figura 1. Diseño general sistema acuapónico mediana escala con técnica de cama flotante en hidroponía.

En la siguiente tabla se ilustra los materiales requeridos en cada componente para la construcción del sistema acuapónico:

<p>Tanque circular de Geomembrana</p> 	<p>Tanque cónico de 3000L</p> 
<p>Malla de polisombra al 80% color negro.</p> 	<p>Espuma Yumbolon</p> 
<p>Camas hidropónicas</p> 	<p>Escoria de carbón</p> 
<p>Turbina-Blower 1 Hp</p> 	<p>Bomba sumergible</p> 
<p>Tubería PVC Sanitario y de Presión (Hidráulico)</p> 	<p>Accesorios de PVC</p> 

PASO 1: *Instalación tanque de peces*

Para la instalación de los tanques de peces de 6 mts de diámetro en geomembrana previamente se debe adecuar el terreno de la siguiente manera:

- Señalizar el círculo sobre el área o la zona donde se instalará el tanque.
- Realizar un desnivel del 5%, que equivale aproximadamente 15 a 20 cm.
- Realizar una zanja en el centro del círculo para adecuar el tubo de drenaje de 4 pulgadas y la brida.

- Adicionar una capa de arena fina tamizada sobre cada uno de los círculos.



Finalizada la adecuación del terreno se debe realizar la instalación de una capa de plástico sobre la arena; posteriormente se puede instalar la estructura en platina que dará la forma circular del tanque; se extiende una espuma de Yumbolon a lo largo de la estructura para proteger la geomembrana y finalmente se instala la geomembrana. A continuación, se muestra la instalación paso a paso:



Instalación de tanques de Geomembrana : 1. Adecuación del terreno con arena, 2. Instalación del plástico, 3. Instalación de la estructura de platina y Yumbolon, 4. Instalación de la brida en la geomembrana, 5. Instalación de la geomembrana (resultado final)

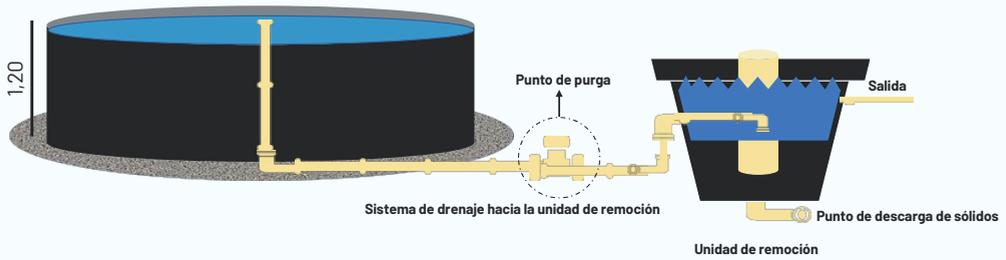
PASO 2: Instalación del tanque de remoción

La unidad de remoción de sólidos es el segundo componente del sistema acuapónico. Su principal función es, sedimentar las partículas o los residuos sólidos que se generan durante el crecimiento de los peces, principalmente las heces y el alimento no consumido. Hay diferentes técnicas que se pueden implementar para sedimentar los residuos, sin embargo, para el sistema que se describe en el presente protocolo se enseña la técnica de flujo radial.

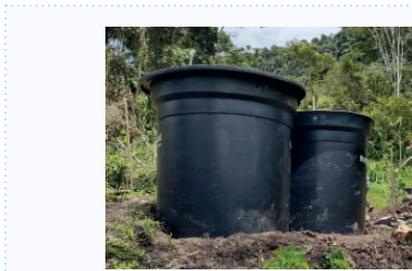
La técnica de remoción de flujo radial consiste en introducir el agua en el centro del tanque por medio de tubería de 4 pulgadas,

donde el agua se conduce a un primer radio (tubo de 8 a 10 pulgadas), el cual choca con las paredes del tubo, baja y pasa hacia el segundo radio (zona de desbordamiento o zona dentada), obligando que la velocidad del agua disminuya y las partículas se sedimenten.

Esta unidad de remoción consta de un tanque cónico de 3000 L de volumen con un desagüe en el centro del tanque para la eliminación de los lodos y una salida en la parte superior que conecta al siguiente componente del sistema (unidad de filtración y mineralización), como se muestra a continuación:



Cada unidad de remoción debe ser instalado por cada tanque de peces de 6m de diámetro o 31 m³ de agua. Para este proyecto se instaló dos unidades de remoción (una unidad para cada tanque de peces).



Tanques de remoción

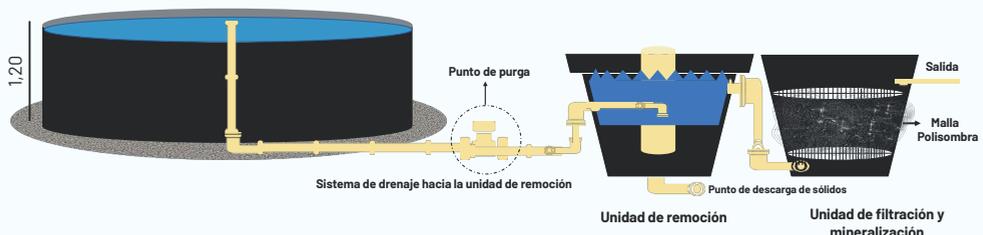


Técnica de flujo radial

PASO 3: Instalación del tanque de filtración y mineralización

El tercer componente del sistema acuapónico es la unidad de filtración y mineralización. Esta unidad consta de un tanque de 3000 L, con un desagüe en el centro del tanque para su limpieza; y en su interior se debe instalar malla polisombra del 80%, con la finalidad de: 1. Filtrar las partículas que no se hayan logrado sedimentar y 2. Generar un

sustrato para el establecimiento de bacterias heterótrofas que ayudarán a incrementar la degradación de los residuos sólidos (heces y alimento no consumido). El agua debe recorrer de manera ascendente toda la malla de filtración hasta la parte superior del tanque, el cual se conducirá hacia la siguiente unidad de biofiltración, con menos carga de sólidos suspendidos y sedimentables, como se ilustra a continuación:



Una unidad de filtración y mineralización puede ser instalado por los dos tanques de remoción. Para este sistema se instaló un tanque, el cual se encarga de recibir el flujo de las unidades de remoción por medio de tubería de tres pulgadas. A continuación, se ilustra en las fotos:



Unidad de filtración y mineralización

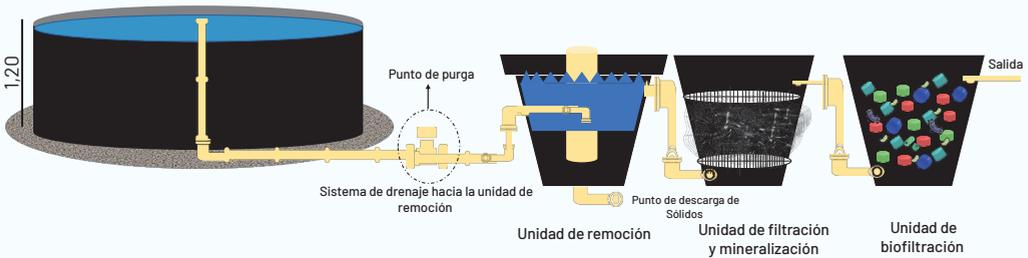


Instalación de malla polisombra al tanque

PASO 4: Unidad de biofiltración

El cuarto componente de acuaponía es el biofiltro. Tiene como finalidad mantener las bacterias nitrificantes, las cuales se encargarán de transformar el nitrógeno amoniacal total (NAT) y nitrito a nitrato, siendo este último elemento la principal fuente de Nitrógeno en las plantas. Esta unidad consta de un tanque de 3000 L, en el

cual al interior se debe adicionar un sustrato (ver protocolo de maduración química del biofiltro) que permita el alojamiento de las bacterias nitrificantes. El agua que proviene de la unidad de filtración y mineralización debe ingresar por la parte inferior del tanque y recorrer toda el área del sustrato hasta salir por la parte superior hacia el sumidero, como se muestra a continuación:



Para este sistema, se instaló 2 tanques de 3000 L y como sustrato se adicionó por cada tanque 1 m³ de escoria de carbón (área superficial específica aproximadamente 400 m²/m³) y 300 L de tapas de gaseosa (área superficial específica aproximadamente 100 m²/m³).



Unidad de Biofiltración



Instalación de malla polisombra al tanque

PASO 5: Instalación del sumidero

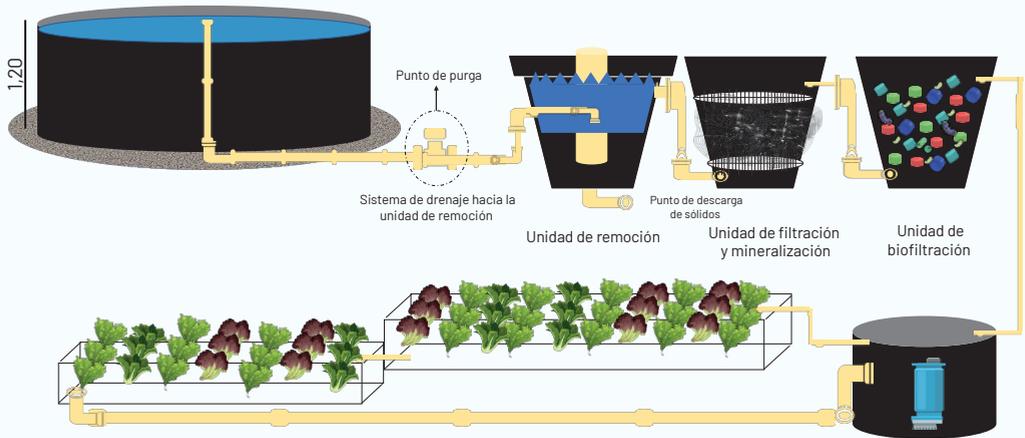
El sumidero es el punto más bajo del sistema que se encarga de recolectar el agua para distribuirla o recircularla en todo el sistema por medio de una bomba sumergible o centrífuga de funcionamiento 24/7. Se puede implementar un tanque el cual tiene que ir enterrado o se puede realizar un estanque

pequeño en tierra forrado en geomembrana o plástico de alta densidad. Para este sistema se manejó un sumidero de 10 m³ (estanque en tierra forrado con geomembrana), en donde se instaló en su interior una bomba sumergible de 1.5 Hp.

PASO 6: Instalación de la unidad hidropónica

La unidad hidropónica es el componente de acuaponía, donde se aprovecha todos los nutrientes generados por los peces y por la actividad microbiana presente en el sistema para la producción de diversas hortalizas de hoja y de fruto. En el presente protocolo se implementó la técnica de cama flotante o Deep water crop para la producción de hortalizas de bajo porte o de hoja. Esta técnica consiste en sembrar las plantas sobre una lámina (Yumbolon o icopor), el cual se

mantiene flotando y sus raíces permanecen sumergidas sobre una columna de solución nutritiva de 30 a 40cm. La unidad hidropónica debe ser alimentada con el agua que proviene del biofiltro o de los peces. En el sistema que se describe en el protocolo, las unidades hidropónicas fueron alimentadas a través de una tubería de una pulgada, el cual fue bombeada desde el sumidero por medio de una bomba sumergible de 1.5 Hp, como se muestra a continuación:



Para la instalación de las camas hidropónicas, previamente se deben realizar las siguientes actividades en el terreno:

- Señalar el área donde se instalará cada cama hidropónica, junto con los senderos para manejo y cosecha de las hortalizas.
- Nivelar el terreno, quedando una pendiente leve, menos del 0,5%.
- Ubicar los drenajes de las camas e instalar la tubería.

Posteriormente, a la adecuación del terreno, se puede realizar la instalación de las camas hidropónicas. Para este sistema se instaló 10 camas, las cuales fueron organizadas de la siguiente forma: A la salida del sumidero se instalaron 5 camas de 7 x 1 x 0,4 m y al frente de cada cama de 7 metros se instaló una cama de 5 x 1 x 0,4 m, hasta completar las 5 camas, (para un total de 10 camas). La estructura de cada cama fue hecha en estructura galvanizada y recubierta con bolsas de geomembrana HPLC de alta densidad, como se muestra a continuación:



Nivelación del terreno



Instalación y acople de la estructura galvanizada

Adecuación de los drenajes o desagües a la salida de cada cama



Adecuación de la geomembra en cada cama.

Adecuación de los remaches en la geomembrana de cada cama.

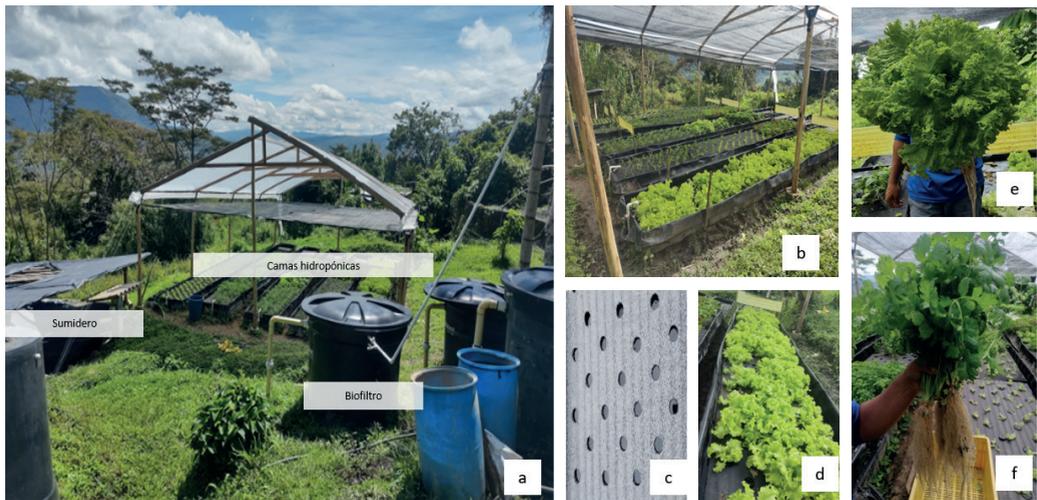


Adecuación de la geomembra al codo de drenaje o desagüe de cada cama.

Resultado final (instalación de las camas hidropónicas)

Adecuación de las láminas para la siembra de plantas en las camas hidropónicas

En acuaponía la densidad de siembra está relacionado con el alimento que ingresa al sistema, ya que es la principal fuente de nutriente de los peces y por ende será la principal entrada de nutrientes para las plantas. La densidad que se maneja en el sistema descrito en este documento es de 25 plantas/m², lo cual, para las 10 camas equivale a un área de producción de 60 m² (1500 plantas). Para la siembra de las plantas se utilizó como material de sustrato o soporte láminas de Yumbolon con 2 cm de grosor. donde se realizó un orificio de 5 cm a una distancia de 20 cm del centro de planta y planta en forma de zig zag, como se muestra a continuación:



a, b y d. Montaje camas hidropónicas, **c.** Lámina de Yumbolon para siembra de plantas, **e.** Lechuga acuapónica, **f.** Cilantro acuapónico

PROTÓCOLO DE MADURACIÓN QUÍMICA DEL SISTEMA ACUAPÓNICO

El proceso de maduración química de un sistema acuapónico consiste en establecer las bacterias nitrificantes que nos ayudarán a oxidar u eliminar los compuestos tóxicos para los peces: el nitrógeno amoniacal total (NAT) y nitrito (NO₂). Estas bacterias requieren 2 componentes: 1. Un sustrato para poder desarrollar el biofilm microbiano y 2. Una fuente que aporte carbonato y oxígeno para poder desarrollar todo proceso metabólico. Por lo tanto, es importante antes de sembrar los peces adecuar el biofiltro en el sistema, con su respectiva aireación y con la adición del área de sustrato requerida para el alojamiento de las bacterias. A continuación, te explicaremos el protocolo a seguir:

1. Calcular el área y volumen de biofiltración requerido en nuestro sistema, según la capacidad de carga de peces en producir y la estimación de la máxima excreción de nitrógeno amoniacal total generada por los peces (Ver anexo 1).
2. Lavar el sustrato con clorox, si se requiere, manejando una relación de 5mL/L de agua.
3. Dejar reposar durante 24 horas y realizar otro lavado para eliminar completamente el clorox.

4. Adicionar al tanque de biofiltración el sustrato requerido para establecer la población bacteriana (Ver Anexo 1).
5. A partir del volumen total de la unidad de biofiltración pesar Sulfato de amonio, manejando una relación de 10 mg/L y pesar Bicarbonato de sodio, manejando una relación de 30 mg/L.
6. Tomar 1 litro de agua del biofiltro y disolver el peso total del sulfato de amonio, y bicarbonato de sodio.
7. Adicionar la solución anteriormente preparada al biofiltro.
8. Pasado unos minutos tomar una muestra de agua y realizar la medición de nitrógeno amoniacal total (No debe sobrepasar a una concentración de 2 mg/L).
9. Realizar inoculación de las bacterias nitrificantes, por medio de la adición de agua madura de otro sistema acuapónico o a partir de la adición del inoculo comercial de bacterias, por ejemplo, microbacter.
10. Durante 3 semanas y diariamente realizar medición de Nitrógeno amoniacal total, Nitrito, Nitrato, KH y pH. (Registrar los datos en el anexo 2).
11. Realizar siembra de peces cuando el NAT se encuentre en 0 a 0.25 mg/L; el nitrito en 0 a 0.25 mg/L y el nitrato > 20 mg/L.
12. Realizar siembra de plantas cuando el Nitrato se encuentre > 60 a 80 mg/L.

PROTOCÓLO DE SIEMBRA DE PLANTÚLAS EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO

El proceso de siembra en acuaponía está estrechamente relacionado con la maduración y por ende la acumulación de nutrientes en el agua del sistema acuapónico. Por lo tanto, se recomienda realizar la siembra conforme el sistema vaya madurando, siendo una de las estrategias más efectivas, a partir de siembras escalonadas. En acuaponía, la principal fuente de nutrientes para las plantas proviene del alimento que ingresa al sistema. La relación recomendada manejar en sistemas acuapónicos con la técnica hidropónica de cama flotante es 60-100 gramos de alimento por metro cuadrado de plantas de bajo y alto porte (relación recomendada por Rakocy); en sistemas acuapónicos con la técnica hidropónica de película nutritiva o NFT se recomienda manejar una relación de 35 gramos de alimento por metro cuadrado de plantas de bajo porte (relación recomendada por la Universidad Militar Nueva Granada).

Es importante tener presente las siguientes consideraciones al momento de trasplantar:

1. Realizar la siembra o trasplante de las plántulas al sistema cuando el nitrato se encuentre en concentraciones mayores a 60 mg/L.
2. Sumergir las plántulas por 2 hasta 24 horas en solución con Trichoderma a una relación de 1 gramo por litro de agua del sistema, con la finalidad de ayudar a prevenir la aparición del phytium (hongo patógeno)
3. Realizar siembra o trasplante a primera hora o cuando el sol se esté ocultando (posterior de las 4 pm).
4. Durante la siembra realizar una limpieza leve de las raíces de cada plántula, con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de sustrato utilizado en la germinación.

PROTOCOLO DE SIEMBRA DE PECES EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO

Manejo pre-siembra

Se debe realizar maduración química del biofiltro para el establecimiento de las bacterias nitrificantes, al menos 15 días antes de la siembra de los peces. Esta maduración se puede realizar solo a las unidades de biofiltro, es decir sin permanecer todo el sistema recirculando.

Al iniciar con la maduración de los biofiltros, se debe realizar cada dos días la medición de NAT, nitrito y nitrato. El biofiltro se encuentra maduro cuando las concentraciones de NAT sean $<0,5$, nitrito 0 o $0,25$ y nitrato >10 mg/L (Revisar protocolo de maduración del sistema acuapónico).

Manejo de siembra de los Peces. Proceso de aclimatación

1. Al recibir las bolsas donde se encuentran los alevinos, se debe realizar observación de la condición de llegada de los peces, teniendo en cuenta:
 - Que los peces tengan un tamaño homogéneo
 - Revisar el estado de los peces (si presentan afectaciones por enfermedades y/o afectaciones por el transporte)
 - Revisar y descontar la mortalidad por bolsa.
 - Que las bolsas traigan suficiente agua (que normalmente es la 4ta parte de la bolsa)
 - Que las bolsas estén infladas es decir con oxígeno suficiente. (más de la mitad de la bolsa inflada).
 - Registrar todas las observaciones encontradas.
2. Posteriormente se debe aclimatar en cuanto a temperatura: para ello se les retira la doble bolsa, y luego se ponen a flotar las bolsas cerradas en el tanque de cultivo, tener en cuenta que, si el estanque es demasiado grande, es conveniente amarrar las bolsas a una cuerda para que no floten lejos de la orilla. Las bolsas se dejan flotando hasta que, al tocar la bolsa por debajo, la temperatura del agua de la bolsa, sea igual a la del tanque de cultivo.
3. Agrupar en algún lado del estanque o tanque las bolsas donde se observe un comportamiento QUE NO ES NORMAL. A estas bolsas hay que darles prioridad en el proceso de aclimatación.
4. Después deben aclimatarse en cuanto a las condiciones de agua, para ello: Una vez igualadas las temperaturas, se procede a ir desamarrando las bolsas una a una, sacudirlas suavemente desde la parte superior para liberar los gases que trae, e ir llenando poco a poco con agua del estanque, hasta completar el doble del agua que traía la bolsa.
5. En lo posible sacar los alevinos muertos antes de incorporar todos los alevinos al tanque o estanque. Estos alevinos deben ser registrados.
6. Posterior al proceso de aclimatación, es conveniente hacer el conteo de los alevinos recibidos:

Es muy importante, Verificar cantidad alevinos recibidos, y llevar un registro, para poder realizar todos los cálculos que se verán más adelante y para garantizar que el precio pagado por el lote de peces corresponde a la cantidad recibida.

El proceso de conteo se realiza de la siguiente manera:

- Inicialmente contar los alevinos que vienen en 2 bolsas, las cuales deben ser escogidas al azar. Con ayuda de un colador, se debe ir sacando y contando los peces. Si el conteo es muy variable, es decir si se encuentra una amplia diferencia en el número de alevinos en cada bolsa o la cantidad de alevinos que llega es menor de los que el proveedor decía que traía cada bolsa, se deben contar más bolsas.
- Luego, se debe promediar el número de alevinos que vienen en las bolsas.

$$\# \text{Promedio alevinos / Bolsa} = \frac{\text{(sumatoria del total de alevinos de las bolsas contadas)}}{\text{(# de bolsas contadas)}}$$

Posteriormente, se debe multiplicar el número total de bolsas recibidas X el número promedio de alevinos encada bolsa, para obtener el total de alevinos recibidos. Este dato se debe registrar en formatos de siembras.

Por último, se procede a sacar los peces de las bolsas y sembrarlos al tanque o estanque, con ayuda de un colador. EL AGUA DE LA BOLSA SE DEBE DESECHAR, ya que pueden presentar altas concentraciones de NAT o tener alguna presencia de patógenos.

ANEXO 1.



Escaneame
para ver Anexo 1

1. En acuicultura capacidad de carga es la densidad máxima en Kg/m³ de la especie a cultivar que puede soportar el sistema en un período de tiempo, teniendo en cuenta las limitaciones de los factores físicos y ambientales (calidad de agua). En acuaponía uno de los parámetros que determina dicha capacidad de carga es el oxígeno disuelto. En varios estudios se ha demostrado poder mantener una capacidad de carga entre 20 hasta 40 Kg/m³ con la implementación de blower.

¿Qué es el área superficial específica?

El área superficial específica es la relación del área expuesta en un volumen dado del medio, la cual se representa como m²/m³. Por lo tanto, las partículas del medio más pequeñas y porosas representan una mayor área superficial disponible para la colonización de las bacterias. Es decir, entre mayor área expuesta mayor población de bacterias nitrificantes. A continuación, describimos el área de los sustratos más comúnmente usados en acuaponía.

¿Qué es la tasa de remoción de NAT?

La tasa de remoción es el proceso biológico que consiste en la oxidación o eliminación del nitrógeno amoniacal total (NAT) por parte de las bacterias autótrofas, principalmente del grupo nitrosomonas. Este parámetro indica la cantidad de NAT oxidado u eliminado por m² de área de bacterias nitrificantes por día (g NAT/m²/día). La eficiencia de la tasa de remoción está directamente relacionada con las condiciones requeridas por el microorganismo: temperatura, oxígeno disuelto y fuente de carbono. Por lo tanto, para estimar la tasa de remoción que se presentará en el sistema según las condiciones en el cultivo se toma como referencia el estudio de Timmons & Ebeling (2007), donde describe la tasa de remoción por gramo de NAT presente en el agua. A continuación, se ilustra el estudio:

Remoción o Conversión de NAT basado en	Tasa de Remoción de NAT	
	Remoción de NAT en 15 a 20 °C	Remoción de NAT en 25 a 30 °C
Área superficial del medio 200 a 300 m ₂ /m ₃	0,2 a 1,0 g/m ² por día	1,0 a 2,0 g/m ² por día
Volumen del medio (> 500 m ₂ /m ₃)	0,6 a 0,7 Kg/m ³ por día	1,0 a 1,5 Kg/m ³ por día

Nota. Se recomienda tomar un promedio y considerando la temperatura más baja. En el caso de 18°C se recomienda tomar una tasa de remoción de 0.45 g/m²

$$\text{Área del medio} = \frac{\text{Producción de nitrógeno amoniacal total (Kg } \frac{\text{NAT}}{\text{día}})}{\text{Tasa de remoción (} \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \text{)}$$

ANEXO 2.

PLANTILLA DE REGISTRO-MADURACIÓN QUÍMICA

Semana	Día	NAT mg/L	NO2 mg/L	NO3 mg/L	KH mg/L	pH	°C	OD mg/L
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							



Las principales dificultades en la implementación de tecnologías acuapónicas en los sistemas agropecuarios se relacionan con el desconocimiento de su montaje y las dimensiones sobre las que el productor puede estimar inversión, producción y rentabilidad.

Este libro incluye el protocolo paso a paso sobre la construcción de un modelo de mediana escala, en el que se explica en un lenguaje sencillo e ilustrado los materiales y características de los elementos requeridos para el montaje y correcto funcionamiento del mismo.

