

INFORME TECNICO DE LA PRODUCCION DEL SISTEMA ACUAPONICO EN LA ZONA PILOTO DE HUACHO



“Servicio de Consultoría para la implementación de un módulo productivo acuapónico sostenible y asistencia técnica de campo para el manejo del cultivo en el área piloto de Huacho”

iac

INTEGRAL
AQUACULTURE
CONSULTING



CONTENIDO

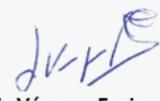
RESUMEN EJECUTIVO	6
INTRODUCCION	7
OBJETIVOS	8
ACUAPONÍA.....	9
1. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO	11
2. COMPONENTES DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO	13
2.1. FILTRACIÓN MECÁNICA	13
2.2. MINERALIZADOR	16
2.3. FILTRACIÓN BIOLÓGICA	17
2.4. MADURACIÓN DEL BIOFILTRO	21
2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES Y SISTEMA DE FILTRACION.....	23
2.6. BALANCE DEL SISTEMA ACUAPÓNICO	27
3. CALIDAD DE AGUA.....	29
3.1. TEMPERATURA.....	30
3.2. OXÍGENO DISUELTO	31
3.3. pH.....	32
3.4. DUREZA Y ALCALINIDAD	33
3.5. OTROS PARÁMETROS Y FUENTES DE AGUA DE ABASTECIMIENTO	34
3.6. DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES.....	35
3.7. TANQUES PARA ALOJAMIENTO DE LOS PECES	37
3.8. PECES EN ACUAPONIA	37
4. PLAN DE MANEJO DE LOS PECES.....	39
5. DISEÑO DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS	47
5.1. TÉCNICA DE LA PELÍCULA DE NUTRIENTES	47
5.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA NFT.	48
5.2.1. TANQUE ROTOPLAS.....	48
5.2.2. BOMBA DE AGUA	
5.2.3. MECANISMO DE CONDUCCIÓN DE INGRESO DEL AGUA MADURA A LOS TUBOS DE CULTIVO:	
5.2.4. MECANISMO DE CONDUCCIÓN DE RETORNO DE AGUA MADURA AL TANQUE:	51
5.2.5. TUBOS DE CULTIVO:	52



Firmado digitalmente por:
GANOZA ALONSO Francisco
Alfredo FAU 20148138886 soft
Intetivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27/08/2023 14:47:38-0500




Ing. Luis Pizarro Pereyra
Coordinador del Área Funcional de
Investigaciones en Oceanografía Física


Ing. Luis Vásquez Espinoza
Director General de Investigaciones
Oceanográficas y Cambio Climático



5.3. MATERIALES PARA EL SOPORTE DE UN SISTEMA NFT:	55
5.3.1. MADERA NIVEL:.....	55
5.3.2. PALO SOPORTE:.....	55
5.3.3. TORNILLOS:.....	55
6. SELECCIÓN DEL SITIO	55
7. INVERNADEROS	55
8. PLANTAS EN ACUAPONÍA	56
9. MANEJO AGRONÓMICO EN EL SISTEMA NFT	57
9.1. Siembra	57
9.2. Limpieza y nivelación de los tubos de cultivo	58
9.3. Trasplante	61
9.4. Riego.....	63
9.5. Sanidad.....	63
9.7. Cosecha	67
9.8. Post – cosecha.....	70
10. MANEJO DE LA PRODUCTIVIDAD EN PECES	71
10.1 Manejo de Efluentes	71
10.2 Parámetros fisicoquímicos.....	71
10.3 Preparación del Estanque.....	73
10.4 Aclimatación y siembra	74
10.5 Aclimatación de los peces	74
10.6 Tipo de Alimentos y Calculo de Raciones.....	76
10.7 Productividad mensual	76
10.8 Producción.....	85
11. MANEJO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SISTEMA AGRONÓMICO	90
11.1 Desinfección del Sistema NFT.....	90
11.2 Nivelación	90
11.3 Trasplante	90
11.4 Monitoreo radicular y vegetativo	91
11.5 Monitoreo de plagas y enfermedades	91
11.6 Aplicación de insecticida o fungicida según se requiera.....	92
11.7 Parámetros fisicoquímicos.....	92



11.8	Cosecha	93
11.9	Producción.....	93
11.10	Recomendaciones:.....	94
12.	PROYECCIONES DE GANANCIA DEL MODULO ACUAPONICO	95
12.1	Localización y tamaño del Centro de Cultivo	95
12.1.1	Localización	95
12.1.2	Determinación del tamaño del Centro de Cultivo.....	95
12.2	Estructura de costos de la ejecución del proyecto	95
12.2.1	Estado contable: Estado Patrimonial de la ejecución	95
12.2.2	Estado contable: Estado de Resultados de la ejecución	96
12.3	Comparativo entre estructuras de costos: Proyectado Vs. Ejecutado	97
12.4	Recomendaciones del análisis de la estructura de costos.....	99
12.5	Inversión y Financiamiento.....	100
12.5.1	Inversión Fija	100
12.5.2	Inversión de Capital de Trabajo.....	101
12.5.3	Inversión Inicial.....	101
12.5.4	Financiamiento.....	101
12.6	Presupuesto de Ingresos y Egresos.....	102
12.6.1	Presupuesto de Ingresos	102
12.6.2	Determinación de la Depreciación	102
12.6.3	Presupuesto de Egresos	103
12.7	Análisis Económico – Financiero y Evaluación del Proyecto	104
12.7.1	Balance General Contable	104
12.1.1	Estado de pérdidas y ganancias del proyecto	105
12.1.2	Flujo de Caja Proyectado.....	105
12.2	Evaluación del Proyecto.....	106
12.2.1	Tasa de Rendimiento Esperado o Costo de Capital Promedio Ponderado	107
12.2.2	Tasa Interna de Retorno.....	107
12.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	107
13.	EVALUACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO DE LA CONSULTORÍA	109
13.1	Antecedentes	109
13.2	Análisis	109



ELABORADO POR:

INTEGRAL AQUACULTURE CONSULTING S.A.C.



RESUMEN EJECUTIVO

En el marco de ejecución del Servicio de Consultoría para la "implementación de un módulo productivo acuapónico sostenible y asistencia técnica de campo para el manejo del cultivo en el área piloto de Huacho" como parte del proyecto "Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías" ejecutado por PROFONANPE y monitoreado por el Instituto del mar del Perú (IMARPE) se llevaron a cabo actividades piloto relacionadas con la actividad acuapónica de peces de agua dulce y vegetales comerciales a través de la implementación de un módulo productivo en las instalaciones del IMARPE Huacho, con sede en el Muelle de Carquín.

Para ello se contó con un terreno otorgada por IMARPE Huacho de aproximadamente 700 metros cuadrados. Al ser las condiciones ambientales poco cálidas en la zona de Carquín, se optó por dimensionar el módulo acuapónico en dos secciones: zona de Peces, con una cubierta de agrofilm y zona de vegetales, cubierto con malla sombra (raschell).

La zona de Peces de aproximadamente 450 metros cuadrados consto de una línea de cultivo de levante y dos líneas de cultivo de engorde ambas con sistemas de recirculación con el fin de mantener las condiciones de calidad de agua optimas y con una capacidad de producción aproximada de 800 kg de peces a una densidad de trabajo de 10 kg/m³

La zona de vegetales de aproximadamente 250 metros cuadrados consistió en 12 líneas hidropónicas con capacidad de producción de 1200 vegetales empleando un sistema radicular único, el cual se encuentra anexado al sistema de cultivo de peces siendo abastecido por el agua rica en nutrientes proveniente de dicha actividad.

Durante el desarrollo de la consultoría, se ejecutaron además actividades de capacitación técnico-prácticas a las beneficiarias del subproyecto con el fin de generar conocimientos suficientes para realizar la actividad de una manera independiente y con ello asegurar ingresos provenientes de una producción sostenible. En total se ejecutaron 20 módulos teóricos dictados de forma virtual debido a las restricciones sociales a raíz de la pandemia por el COVID-19 y, luego de terminado e implementado el módulo, se realizaron sesiones prácticas durante 7 meses de manera semanal tanto en el manejo de peces como de vegetales.

Finalmente, el módulo productivo pudo realizar la siembra de dos batch de peces y cuatro de vegetales, obteniendo durante la etapa productiva de peces una cosecha final de 560 kg provenientes del primer batch y dejando por cosechar cerca de 2100 peces para el segundo batch; mientras que para vegetales se lograron 3,330 cabezas de lechuga cosechadas y comercializadas, mientras que, de forma adicional se logró obtener 280 unidades de apio.



J. FLORES

INTRODUCCION

El proyecto “Adaptación a los impactos del Cambio Climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías” fue aprobado por el Fondo de Adaptación, instrumento internacional creado bajo el paraguas de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, disponiendo el financiamiento para su implementación a través de PROFONANPE. La ejecución técnica, monitoreo y seguimiento del proyecto se encuentra a cargo del Ministerio de la Producción, en coordinación con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

El reto general del proyecto es aumentar la resiliencia de los ecosistemas marinos costeros y las comunidades costeras de pescadores artesanales a los impactos del cambio climático. Específicamente, el proyecto tiene como objetivo apoyar al Gobierno del Perú en la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades costeras a los impactos del cambio climático en los ecosistemas marino costero y los recursos pesqueros. El proyecto comprende actividades técnicas a distintos niveles, enfocando sus intervenciones en dos áreas piloto: Huacho (Punta Salinas – Vegueta) y Máncora – Cabo Blanco, zonas representativas del ecosistema de afloramiento peruano y de la transición con el ecosistema tropical, respectivamente.

El proyecto tendrá una duración de 4 años para ejecutar cuatro componentes:

- Implementación de intervenciones en áreas piloto estratégicas para mejorar la resiliencia de comunidades y ecosistemas costeros clave frente al cambio climático.
- Implementación de un sistema moderno y eficiente de vigilancia y predicción ambiental en ecosistemas marino-costeros a escala regional y local.
- Implementación de un sistema de fortalecimiento de capacidades y manejo del conocimiento para la adaptación basada en el ecosistema dirigido al gobierno, academia.
- Políticas, regulaciones y medidas de man
- ejo para promover la resiliencia de los ecosistemas y comunidades locales frente al cambio climático.



En el marco del componente 1 del proyecto, se tiene prevista la actividad 1.2.1 “Planificación y desarrollo de acuicultura sostenible a través de concesiones de pequeña escala”.

En este sentido, en el Plan Operativo Anual 2019/2020 del proyecto, se tiene programado realizar la tarea 1.2.1.4 "Cultivo Acuapónico en el área piloto de Huacho", a través de una consultoría para implementar un módulo productivo acuapónico sostenible (peces y plantas), el cual brindará asistencia técnica de campo para el manejo de este cultivo en el área piloto de Huacho.

Esta consultoría permitiría obtener una mayor diversificación de las actividades productivas de los pescadores artesanales y sus familias, haciéndolas menos vulnerables e incrementando su resiliencia a posibles cambios climáticos que pudieran afectar la productividad marino – costera de la zona. Además, permitirá contribuir indirectamente al desarrollo de la Seguridad Alimentaria.

OBJETIVOS

OBJETIVOS DE LA CONSULTORIA

- Proponer y elaborar el programa de producción de las especies acuapónicas a cultivar en el centro de cultivo del módulo piloto, las cuales deben de ser replicables en el centro de cultivo del módulo comercial.
- Proyectar y evaluar la rentabilidad del proyecto del centro acuapónico del módulo piloto.
- Incrementar la resiliencia al cambio climático de los beneficiarios de la comunidad de huacho, a través de los cultivos acuapónicos, permitiendo la mejora en sus medios de vida

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer un módulo acuapónico productivo en el área piloto de Huacho, que proyecte una producción sustentable y que demuestre rentabilidad hacia los beneficiarios de la Comunidad de Huacho
- Generar una perspectiva positiva por parte de los miembros de la Comunidad Pesquera de Huacho hacia la acuaponía como medio alternativo de sostenibilidad.
- Obtener la asistencia técnica de campo necesaria y oportuna, para el óptimo manejo del cultivo acuapónico en el área piloto de Huacho.
- En el primer año, obtener propuestas de posibles lugares donde pueda replicarse el sistema de cultivo acuapónico, fuera de las instalaciones del área piloto de Huacho. Dicho lugar destino, será la sede para la segunda fase de proyecto.



ACUAPONÍA

Acuaponía es la integración de la acuicultura y la hidroponía en un solo sistema de producción. En una unidad acuapónica, el agua del tanque de los peces circula a través de filtros, las camas de cultivo y luego vuelve a los peces. En los filtros, los residuos de los peces son eliminados del agua, primero usando un filtro mecánico que elimine el residuo sólido y luego a través de un biofiltro que procesa los desechos disueltos. El biofiltro proporciona un lugar para que las bacterias conviertan el amoníaco, que es tóxico para los peces, en nitrato, un fertilizante accesible para las plantas. Este proceso se llama nitrificación. El agua (que contiene nitratos y otros nutrientes) viaja a través de los lechos de cultivo de las plantas, éstas toman los nutrientes y finalmente el agua vuelve purificada al tanque de peces. Este proceso permite que los peces, las plantas y las bacterias prosperen simbióticamente y trabajen juntos para crear un medio ambiente sano para el otro, siempre y cuando el sistema esté bien equilibrado. En acuaponía, los efluentes de la acuicultura son desviados a través de los lechos de las plantas y no son liberados al medio ambiente, mientras que al mismo tiempo los nutrientes para las plantas se suministran a partir de una fuente sostenible, rentable y no química. Esta integración elimina algunos de los factores insostenibles de funcionamiento de la acuicultura y los sistemas hidropónicos de forma independiente. Más allá de los beneficios derivados de esta integración, la acuaponía ha demostrado que sus producciones de plantas y peces son comparables con los sistemas de hidroponía y recirculación de la acuicultura. En cambio, actúan como fertilizante líquido para plantas cultivadas hidropónicamente (Figura 1).

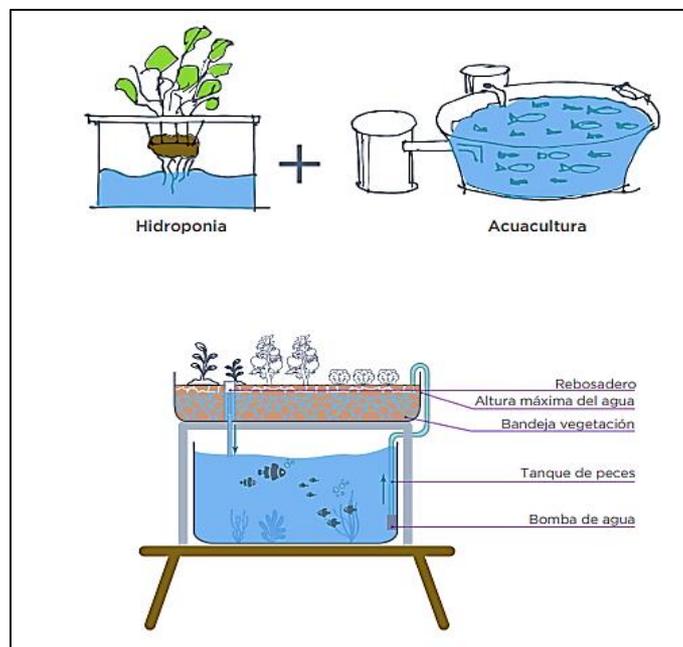


Figura 1: Sistema de un modelo acuapónico

Las similitudes de factores físicos y químicos del agua durante las actividades de la hidroponía y acuicultura de recirculación, principalmente en lo referido a las cantidades de los macronutrientes, es sin duda la base del nacimiento de la acuaponía. La acumulación de nutrientes disueltos en el agua de los SRA, se aproxima a las concentraciones encontradas en soluciones hidropónicas.

Se debe resaltar la importancia de combinar dos producciones como la hidroponía y los sistemas de recirculación en acuicultura, que lideran sus respectivos campos en cuanto al desarrollo tecnológico; las que mejoran el uso del suelo y del agua, e involucran un mejor y mayor control de la contaminación (Figura 2).

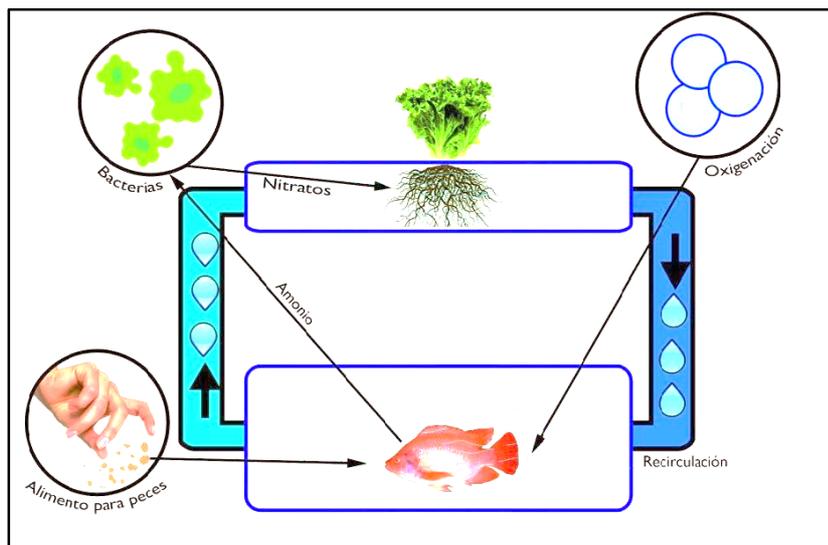


Figura 2: Diagrama interactivo de los fundamentos biológicos de un sistema acuapónico.

También cabe mencionarse que esta actividad provee de productos de suma importancia en la alimentación humana (independientemente de las especies cultivadas), aportando nutrientes básicos esenciales como las proteínas y aceites benéficos provistos por el pescado cultivado, sumado a la importancia de vitaminas y minerales aportados por los productos vegetales.

Como principales beneficios de la producción se mencionan:

- Reducción del recambio de agua diario vs SRA tradicionales (1 a 3% contra 10%)
- Obtención de dos productos mediante una única fuente de nitrógeno (alimento y heces de los peces);
- No utilización de fertilizantes ni pesticidas;
- Tareas seguras (pueden incluir cualquier género y edad) y, por último
- Posibilidad de crear economías de autoconsumo o comunales.



1. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

Los sistemas acuapónicos, pueden configurarse y dimensionarse de diferentes formas, aunque, no obstante, se debe seguir un patrón general para el diseño que permita su correcto funcionamiento, identificando sus componentes básicos y diseñando el sentido de circulación del flujo de agua (Figura 3).

Esencialmente abarca uno o más contenedores para los peces, seguido de un contenedor con estructura que permita una filtración mecánica (o remoción de sólidos) y posteriormente uno con área suficiente para el proceso de biofiltración.

Luego de estas unidades para los tratamientos previos, recién se ubicarán las unidades para alojamiento del componente vegetal (o subsistema hidropónico), y luego un sumidero o colector de agua del sistema en el nivel más bajo, donde generalmente es instalada la bomba que provocará la circulación del agua en el sistema.

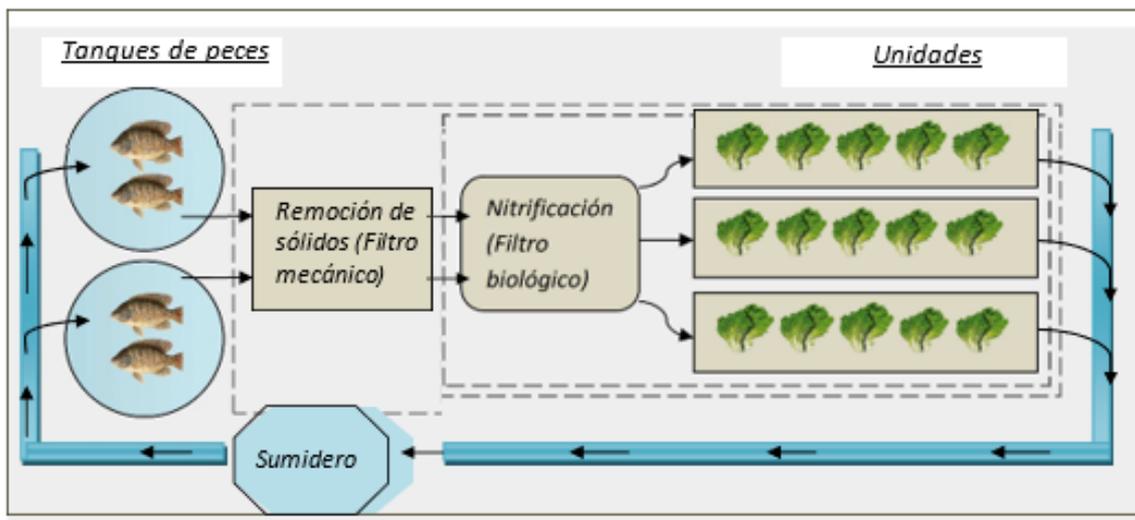


Figura 3. Configuración general de un sistema acuapónico, direccionando el sentido de circulación del agua, los componentes encerrados con líneas punteadas pueden unificarse en la construcción (Modificado de Rakocy, 2006).

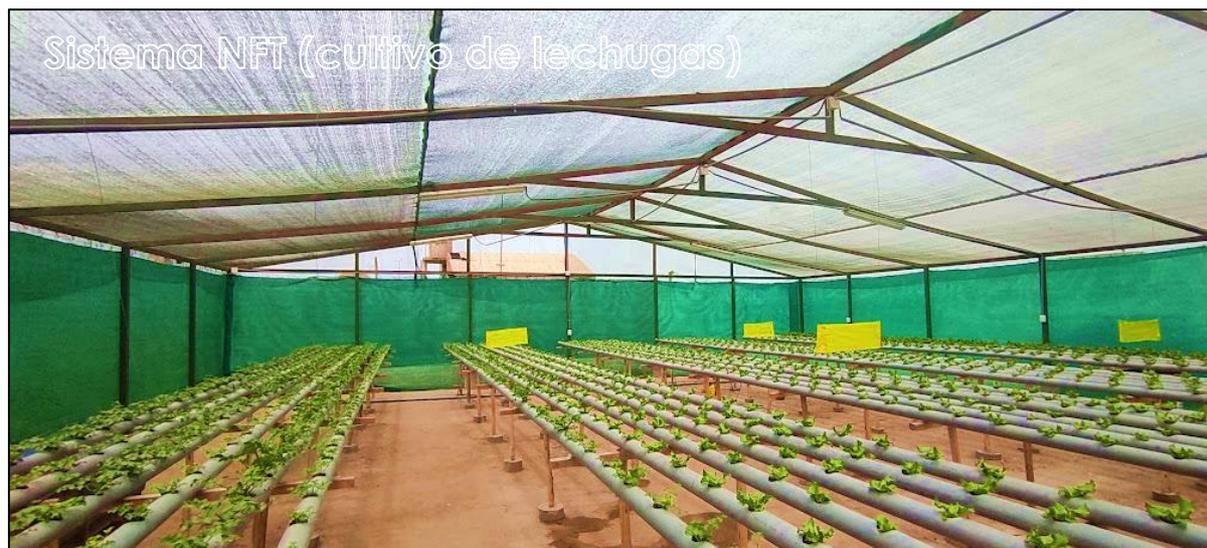


Figura 4. Configuración general de un sistema acuapónico, direccionando el sentido de circulación del agua (Elaboración propia-módulo acuapónico)
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

2. COMPONENTES DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

2.1. FILTRACIÓN MECÁNICA

Un manejo ineludible y fundamental dentro de los sistemas de recirculación, resulta ser la filtración del agua, mediante alguna técnica mecánica. Este manejo permite separar y remover los desechos sólidos en suspensión (ya sean flotantes o no), permitiendo una serie de objetivos y beneficios. Estas partículas en suspensión, se componen principalmente del material fecal de los peces y los restos de alimento, sumado a otros organismos como bacterias, hongos y algas que se desarrollan en el sistema.

Las partículas suspendidas en un sistema de recirculación, muestran una gran variedad de tamaños, que abarcan desde unas micras (μm) hasta unos centímetros, y a diferentes densidades que las distribuyen en distintas zonas de la columna de agua. Existen varios mecanismos destinados a la remoción de los sólidos, dependiendo principalmente del tamaño y peso que presenten las partículas. Generalmente, se aplica el método de decantación o sedimentación para sólidos de gran tamaño (mayores a $100 \mu\text{m}$), y distintos tipos de filtración para partículas menores, sumado a técnicas de separación de los desechos flotantes.

Los desperdicios sólidos, en caso de no ser removidos, podrían liberar gases tóxicos al acumularse y descomponerse por medio de bacterias anaeróbicas dentro del tanque de los peces, y podrían por otra parte, alcanzar a las raíces de las plantas, y taparlas impidiendo así, una correcta absorción de los nutrientes. La filtración mecánica, además de retirar de circulación estos sólidos, cumple la función de retenerlos y acumularlos periódicamente en un sector determinado, lugar donde se realiza naturalmente otro proceso de suma importancia para nuestro sistema: **la mineralización**, o proceso de liberación de nutrientes al agua.

Este último, es un requisito vital para el sistema, iniciado previamente en el sector establecido para el proceso biológico, denominado filtración biológica, o nitrificación (el que se detallará más adelante). Esto se debe a que los sólidos acumulados provocan la proliferación de otros organismos, principalmente de bacterias denominadas heterotróficas, o *bacterias de la materia orgánica*, las que se reproducen a una tasa muy elevada respecto de las bacterias nitrificantes; inhibiendo el crecimiento de estas últimas, y ocupando el espacio establecido para el filtrado biológico. No es recomendable una excesiva remoción de los sólidos acumulados en los filtros mecánicos, decantadores o clarificadores del sistema, son el objetivo de minimizar los recambios de agua y maximizar el aprovechamiento de la mineralización de los nutrientes; pero un cierto nivel de remoción es necesario, para mantener una apropiada dinámica de los nutrientes y desarrollar así, un sistema acuapónico saludable.



J. FLORES

La necesidad de filtración de los sólidos, por otra parte, tendrá una relación directa a la cantidad de peces colocados en el sistema, y con la tasa metabólica de ellos. También estará influenciado por el método hidropónico que se usará. Existen en el comercio muchos tipos de filtros mecánicos, clarificadores, tanques de sedimentación, etc., que poseen distintos grados de eficiencia y deberán dimensionarse para cada proyecto en particular, ya que representa unos de los más importantes aspectos del diseño del sistema. (Figura 5)

El manejo de sólidos fue llevado a cabo en una sola línea del cultivo debido a que los tanques presentaron inconsistencias durante la etapa productiva (junio 2022 – enero 2023). Sin embargo, el proceso de maduración del agua paso por distintos procesos, en primera instancia y debido a la alta dureza del agua de pozo dentro de las instalaciones de IMARPE, no se empleó esta fuente de agua más que para suplir las necesidades de pérdidas por evaporación u otra actividad llevada a cabo dentro del módulo acuapónico. El agua empleada fue traída de una fuente en el distrito de Vegueta.

Para generar el inicio del ciclo de nitrógeno en el agua, la fuente primaria fue el alimento entregado a los peces, alrededor del 60% del alimento entregado en los primeros meses durante el proceso de levante del cultivo entre junio y setiembre, la cantidad de alimento otorgado fue de alrededor de 200 kg, considerando para ello un cálculo aproximado de 120 kg de residuos sólidos en un periodo de 4 meses, dando un balance final de 30 kg por mes o 1 kg por día durante la etapa de levante.

Durante el proceso de engorde, el alimento suministrado en los meses de Octubre a Enero fue de aproximadamente 1723.16 kg y teniendo en cuenta que para la etapa de engorde los procesos de asimilación y aprovechamiento del alimento son mejores, los desechos presentes en los residuos sólidos son aproximadamente el 45%, teniendo en cuenta el dato anterior y durante los 4 meses del proceso de engorda, la cantidad de residuos sólidos del filtro o decantador asciende a 689.26 kg, los cuales fueron desechados en un periodo de 4 meses otorgando un valor promedio mensual de 172.31 kg de residuos y 5.74 kg diarios.



Los desechos retirados durante ambos procesos no fueron registrados debido a que los procesos de maduración del agua no fueron constantes, siempre existiendo variaciones en los mismos debido a inconvenientes con los equipos y materiales que componen el sistema RAS (bombas y estanquerías), por lo que los datos presentados son estimaciones debido al aprovechamiento de alimento y a lo encontrado en el aumento de biomasa de peces respecto del alimento otorgado.



J. FLORES

Figura 5. Filtro mecánico-Sistema radial
Fuente: Estación IMARPE-área Acupónico 1era Sección

2.2. MINERALIZADOR

Este es el proceso mediante el cual se produce la liberación de elementos o moléculas menores al agua, originadas en la materia orgánica sólida depositada en sectores localizados dentro del sistema. El proceso se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos presentes en el sistema como son las bacterias heterotróficas, los hongos y otros organismos superiores, que utilizan el carbono orgánico como fuente de su alimento; involucrándose centralmente en la descomposición de los desperdicios sólidos y dejando disponibles micronutrientes esenciales que aprovechan las plantas. Estos organismos, al igual que las bacterias nitrificantes, requieren condiciones aeróbicas (con oxígeno) para un normal desarrollo y lograr un proceso exitoso de mineralización en el agua.

A menudo, pequeños animales como anélidos, anfípodos, larvas de organismos y otros, son encontrados en sistemas acuapónicos formando parte de la materia orgánica. Dichos organismos trabajan en conjunto con las bacterias heterotróficas en el proceso de descomposición y mineralización, previniendo la acumulación de sólidos. Los sólidos atrapados por la filtración mecánica en el biofiltro, o incluso dentro del componente hidropónico y tanque de peces, se someten en alguna medida, a este proceso. El mayor tiempo de retención de los desperdicios dentro del sistema extenderá el proceso de mineralización, y por ende producirá una mayor cantidad de compuestos disponibles para los vegetales. No obstante, se debe considerar que estos mismos sólidos, ante un manejo deficiente, pueden acumularse y tapar las cañerías, creando condiciones de anoxia al consumir oxígeno, y producir, además, ácido sulfhídrico (gas tóxico), y desnitrificación (liberación de nitrógeno gaseoso). En contraposición, al eliminar excesivamente los sólidos retenidos en el sistema, se puede llegar a causar deficiencias en las plantas por carencia de nutrientes y esta forma, se requerirá algún tipo de suplemento (Figura 4), (Figura 5) y (Figura 6).



Figura 6. Circuito del *Mineralizador*

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 7. Mineralizador-1er estanque

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 8. Mineralizador-Bastidor

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

2.3. FILTRACIÓN BIOLÓGICA

En todo sistema de recirculación, se presta especial atención a los procesos biológicos vitales de los organismos bajo cultivo, con la **nitrificación**. Este proceso, también llamado **biofiltración** (o filtración biológica), involucra en los SRA la transformación del nitrógeno excretado al medio por los organismos cultivados, desde un estado que representa toxicidad (NH_3 =amoníaco) a otro relativamente inofensivo (NO_3 =nitrato), por parte de una población de bacterias especializadas a tal fin. Este es un proceso muy importante y vital en el **ciclo del nitrógeno en la naturaleza** (Figura 5) y (Figura 6), y aunque también existen otros procesos en el ciclo de este abundante elemento químico, como la fijación del nitrógeno atmosférico, la descomposición o amonificación, y la desnitrificación, aquí se aplica fundamentalmente al proceso mencionado, primeramente.



Figura 9. Biofiltro

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 10. Biofiltro (ciclo bacteriano)

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

Se deberá recordar la importancia del nitrógeno en la composición de todas las formas de vida existentes el planeta. Dicho elemento químico, es el más abundante en la atmósfera de la tierra (78% vs 21% O₂), está presente en todos los aminoácidos que forman las proteínas, y es además el más importante nutriente inorgánico para las plantas.

Como sólo 1/3 aproximado del alimento ingerido por los peces es transformado en carne, el resto se metaboliza y es liberado a la columna de agua como amoníaco excretado (vía branquias, orina y fecas). Otro aporte de Nitrógeno, es también producido por la descomposición orgánica de los desechos sólidos en el sistema.



El nitrógeno amoniacal total (NAT) en el agua, se compone de amonio no ionizado o

amoníaco (NH_3) y amonio ionizado (NH_4^+) y ambos se encuentran en equilibrio sujeto a la temperatura del agua y al pH (Figura 7). Este equilibrio y su relación con esos factores, son importantes a la hora de evaluar la toxicidad del amoníaco para los peces, dado que los medidores de compuestos nitrogenados no discriminan los porcentajes de cada uno, debiéndose remitir el valor medido a esta función, para poder determinar la incidencia del NH_3 .

pH	Temperatura						
	8 °C	12 °C	16 °C	20 °C	24 °C	28 °C	32 °C
7.0	0.2%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.7%	1.0%
8.0	1.6%	2.1%	2.9%	3.8%	5.0%	6.6%	8.8%
8.2	2.5%	3.3%	4.5%	5.9%	7.7%	10.0%	13.2%
8.4	3.9%	5.2%	6.9%	9.1%	11.6%	15.0%	19.5%
8.6	6.0%	7.9%	10.6%	13.7%	17.3%	21.8%	27.7%
8.8	9.2%	12.0%	15.8%	20.1%	24.9%	30.7%	37.8%
9.0	13.8%	17.8%	22.9%	28.5%	34.4%	41.2%	49.0%
9.2	20.4%	25.8%	32.0%	38.7%	45.4%	52.6%	60.4%
9.4	30.0%	35.5%	42.7%	50.0%	56.9%	63.8%	70.7%
9.6	39.2%	46.5%	54.1%	61.3%	67.6%	73.6%	79.3%
9.8	50.5%	58.1%	65.2%	71.5%	76.8%	81.6%	85.8%
10.0	61.7%	68.5%	74.8%	79.9%	84.0%	87.5%	90.6%
10.2	71.9%	77.5%	82.4%	86.3%	89.3%	91.8%	93.8%

Figura 11. Porcentaje de NAT como NH_3 a diferentes temperaturas y niveles de pH (adaptado de Boyd, 1982).



Durante la nitrificación, el NAT es paulatinamente convertido en una primera fase o etapa a nitrito (NO_2) y de manera simultánea al producto final nitrato (NO_3) por las bacterias autotróficas, conocidas como nitrificantes (Figura 8). Estas bacterias, pertenecen a dos grupos genéricos denominados **Nitrosomonas** (productoras de NO_2), y **Nitrobacter** (productoras de NO_3). Dichas bacterias son estrictamente aeróbicas, ya que el proceso, es básicamente una oxidación:

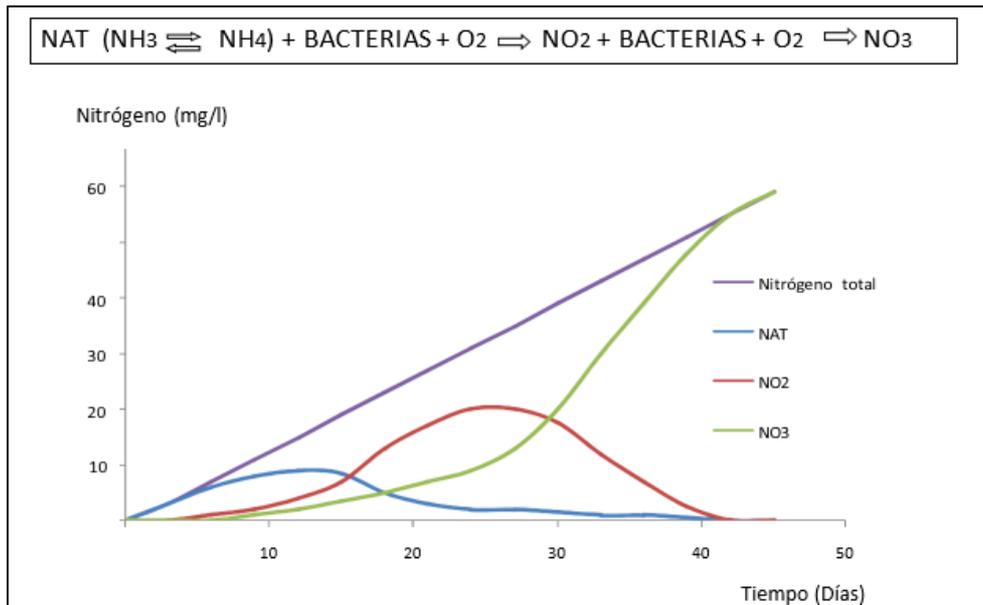


Figura 12. Compuestos nitrogenados durante las primeras semanas en un sistema de recirculación de acuicultura, también llamado maduración de biofiltro o formación de colonia bacteriana (Los valores de concentraciones son ilustrativos).

El amoníaco es extremadamente tóxico para los peces, valores menores a 1 parte por millón (ppm), o miligramo por litro (mg/l), comprometen la sobrevivencia de muchas especies e incrementan el estrés en muchas otras; dependiendo del tiempo de exposición. Inclusive, concentraciones más bajas desde 0,02 a 0,07 ppm, han demostrado reducir el crecimiento y provocan daños en los tejidos branquiales.

Los nitritos, son un producto intermedio en el proceso de nitrificación y también son tóxicos para los peces en concentraciones relativamente bajas, dependiendo de la especie. Una incompleta nitrificación producirá nitritos en lugar de nitratos, disminuyendo el crecimiento de peces por estrés, e incluso, puede provocar la enfermedad conocida como "de la sangre marrón"; cuando este compuesto ingresa en el sistema sanguíneo de los peces y produce *metahemoglobina*.

Además, también provocará en el sistema acuapónico una carencia de nutrientes para los vegetales. Los nitratos pueden llegar a ser tóxicos para los peces solo en concentraciones muy altas, mayores a 300-500 ppm, valores que nunca llegarán a concentrarse existiendo una apropiada densidad de vegetales en el sistema. Las bacterias son absolutamente reguladoras del equilibrio en el sistema, ya que cumplen la función vital de "desactivar" mediante esta transformación la toxicidad del amoníaco, y a su vez dejar disponible el nitrato, el nutriente principal para las plantas (si bien los tres compuestos nitrogenados pueden ser utilizados por las plantas, el nitrato es de lejos, el compuesto más asimilable).

2.4. MADURACIÓN DEL BIOFILTRO

La maduración del biofiltro o también llamado ciclado del sistema, es un proceso inicial en todo SRA, incluyendo los módulos acuapónicos. Mediante este proceso se busca desarrollar y establecer una colonia bacteriana que luego realizará la tarea de nitrificación antes descrita.

Es un proceso que toma aproximadamente 3 -5 semanas en condiciones normales, y requiere el agregado constante de una fuente de amonio para alimentar y posibilitar el desarrollo de dicha colonia, creando de esta manera el biofiltro del sistema. El proceso es lento debido al pobre crecimiento de las bacterias nitrificantes y puede durar hasta dos meses en condiciones de bajas temperaturas.

Durante este proceso deben ser monitoreados los niveles de nitrógeno en sus compuestos NH_4^+ , NO_2^- , y NO_3^- , para poder evaluar el estado del proceso de nitrificación.

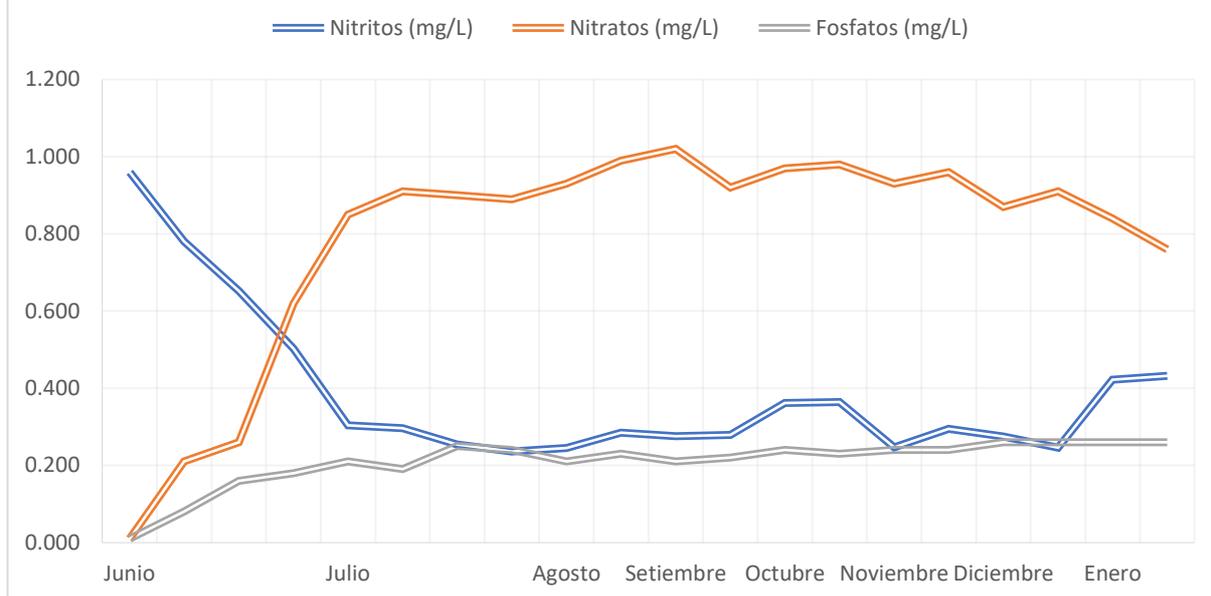
Es un requisito proteger el sistema de la luz solar directa, la cual inhibe el crecimiento de las bacterias por los rayos UV contenidos. Además, debe considerarse que durante el ciclado habrá altos niveles de amonio y de nitritos, los cuales representan mucho peligro para los peces, por lo cual se aconseja no introducir peces al sistema hasta no estar completo el proceso.

La fuente de amonio deberá agregarse al sistema de una manera continua pero cautelosamente, evitando concentraciones $\geq 2-3 \text{ mg/l}$ que pueden ser tóxica para la misma colonia en desarrollo. Luego de aproximadamente 5 a 7 días del primer ingreso de amonio al sistema comienza la oxidación del producto a nitrito, y luego de un período similar de tiempo deberán notarse incrementados los niveles de nitritos, lo cual estimula a la oxidación de éstos y la aparición de nitratos.

Al cabo de 25 días aproximadamente, se deberá comenzar a notar en las mediciones un decaimiento en los niveles de nitritos, a la vez que se elevan sostenidamente las concentraciones de nitratos. Hacia el día 40 ya deberá estar formada la colonia y convertir activamente el amonio a nitrato.



PARAMETROS MEDIDOS DURANTE LA MADURACION DEL BIOFILTRO



	Junio			Julio				Agosto		
Nitritos (mg/L)	0.960	0.780	0.652	0.502	0.304	0.296	0.254	0.236	0.245	0.285
Nitratos (mg/L)	0.01	0.21	0.26	0.62	0.85	0.91	0.90	0.89	0.93	0.99
Fosfatos (mg/L)	0.01	0.08	0.16	0.18	0.21	0.19	0.26	0.24	0.25	0.24
	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero					
Nitritos (mg/L)	0.276	0.279	0.362	0.364	0.247	0.295	0.275	0.246	0.422	0.432
Nitratos (mg/L)	1.02	0.92	0.97	0.98	0.93	0.96	0.87	0.91	0.84	0.76
Fosfatos (mg/L)	0.22	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.24	0.22	0.23





Figura 13. Estanque circular con agua madura
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES Y SISTEMA DE FILTRACION

La densidad de cultivo trabajada y proyectada durante el proyecto fue de 10 kg/m³, debido a las disposiciones estatales predispuestas por el virus de la tilapia lacustre (TiLV), con ello se programó como cosecha final para los 800 kg programados un total de 4 estanques de engorda de 20 m³, con la capacidad de producción de 200 kg por cada uno, teniendo en consideración una densidad de cosecha de 4-5 peces/kg.

El sistema empleado e instalado en IMARPE Huacho fue pensado para un **sistema piloto** para la adecuación de la tecnología de cultivo tanto de peces como vegetales, con un fin de investigación para la determinación de parámetros de cultivo óptimos para peces dulceacuícolas y vegetales con fines de transferencia tecnológica hacia las beneficiarias quienes tendrían en una segunda etapa un sistema de cultivo semi-intensivo con una mejor productividad una vez reconocido y sobrellevado los principales inconvenientes de implementación de la fase piloto.

Durante el desarrollo de la consultoría y debido a demoras en la adquisición de equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema, la segunda etapa (productiva) no se realizaría y se llevó a cabo la validación del módulo acuapónico en las instalaciones de IMARPE Huacho con objetivos de lograr la actividad de forma productiva y pedagógica.

Para realizar el cultivo de peces, se programaron dos sistemas de recirculación acuícola (RAS): Un (01) Sistema de Levante y un (01) Sistema de Engorde. El primer sistema se encargaría de recibir alevines con una capacidad máxima de 6,000 alevines, sin embargo, se trabajó con una menor cantidad inicial (3,000) debido a las bajas temperaturas registradas al momento de iniciar los trabajos productivos (Junio 2022) y a la lenta maduración del agua. El Sistema de engorde trabajaría de forma bi-lineal, es decir, con dos líneas tanques que consistía cada una en: dos tanques de

engorda, un sedimentador de sólidos, dos mineralizadores, un biofiltro y un sumidero que compartiría con la segunda línea del sistema. Finalmente, del sumidero la conexión de agua continúa y es regresada a los estanques de engorda de peces empleando una bomba de 3HP.

Debido a inconsistencias en los tanques (filtraciones y deformaciones) de ambos sistemas, solo se trabajó con una línea de engorde.

Los detalles de los tanques empleados en cada sistema se detallan a continuación:

Módulo de Tanques Acuícolas – SISTEMA DE LEVANTE	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Material de los Tanques	Fibra de vidrio
Textura interna de la fibra de vidrio	Lizo
Textura externa de la fibra de vidrio	Ligeramente rugoso
Espesor de la pestaña plana	50 mm
Número de Tanques de cultivo – Levante	1
Forma del Tanque de cultivo – Levante	Circular
Dimensiones del Tanque de cultivo – Levante	1.00 m de alto x 2.54 m de diámetro
Otras especificaciones para el Tanque de cultivo – Levante	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá una ligera caída al centro y se instalará un niple de salida de 4" de PVC al centro. - Tendrá un zuncho soldado en la parte lateral, revestido totalmente con fibra de vidrio. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.9 mm todo el cuerpo y 12 mm el ángulo de la base.
Número de Patas por Tanque de cultivo – Levante	4 (forma de trapecio invertido)
Dimensiones de las Patas de los Tanque de cultivo – Levante	0.1 m base menor, 0.15 m base mayor, 0.6 m de largo, 0.3 m de alto.
Número de sedimentadores – Levante	1
Forma del sedimentador – Levante	Circular
Dimensiones del sedimentador – Levante	1.00 m de alto x 1.84 m de diámetro



Otras especificaciones para el sedimentador – Levante	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá una ligera caída al centro y se instalará un niple de salida de 4" de PVC al centro. - Tendrá un zuncho soldado en la parte lateral, revestido totalmente con fibra de vidrio. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.9 mm todo el cuerpo y 12 mm el ángulo de la base.
Número de sumideros – Levante	1
Forma del sumidero – Levante	Rectangular
Dimensiones del sumidero – Levante	1.00 x 0.6 x 0.70 de alto
Otras especificaciones para el sumidero – Levante	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá refuerzo en la parte de los lados contra la deformación. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.2 mm todo el cuerpo y 8 mm en los ángulos de la base y lados.
Número de Biofiltros – Levante	1
Forma del Biofiltro – Levante	Circular
Dimensiones del Biofiltro – Levante	1.00 m de alto x 0.88 m de diámetro
Otras especificaciones para el Biofiltro – Levante	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá una ligera caída al centro y se instalará un niple de salida de 4" de PVC al centro. - Tendrá un zuncho soldado en la parte lateral, revestido totalmente con fibra de vidrio. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.9 mm todo el cuerpo y 12 mm el ángulo de la base.



Módulo de Tanques Acuícolas – SISTEMA DE ENGORDE	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Material de los Tanques	Fibra de vidrio
Textura interna de la fibra de vidrio	Lizo
Textura externa de la fibra de vidrio	Ligeramente rugoso
Espesor de la pestaña plana	50 mm
Número de Sedimentadores de engorde	2
Forma de los Sedimentadores de engorde	Circulares
Dimensiones del Sedimentador de engorde	1.00 m de alto x 2.68 m de diámetro
Otras especificaciones para los Sedimentadores de engorde	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá una ligera caída al centro y se instalará un niple de salida de 4" de PVC al centro. - Tendrá un zuncho soldado en la parte lateral, revestido totalmente con fibra de vidrio. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.9 mm todo el cuerpo y 12 mm el ángulo de la base.
Número de sumideros – Engorde	1
Forma del sumidero – Engorde	Rectangular
Dimensiones del sumidero – Engorde	0.80 x 0.80 x 0.80 de alto
Otras especificaciones para el sumidero – Engorde	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá refuerzo en la parte de los lados contra la deformación. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.2 mm todo el cuerpo y 8 mm en los ángulos de la base y lados.
Número de Mineralizadores – Engorde	4
Forma del Mineralizador – Engorde	Rectangular
Dimensiones del Mineralizador – Engorde	2.00 x 0.70 x 0.80 de alto
Otras especificaciones para el Mineralizador – Engorde	<ul style="list-style-type: none"> - Tendrá refuerzo en la parte de los lados contra la deformación. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800



	hasta alcanzar 4.8 mm todo el cuerpo y 10 mm en los ángulos de la base y lados.
Número de Desgasificadores – Engorde	2
Forma del Desgasificador – Engorde	Rectangular
Dimensiones del Desgasificador – Engorde	1.20 x 1.20 x 0.80 de alto
Otras especificaciones para el Desgasificador – Engorde	- Tendrá refuerzo en la parte de los lados contra la deformación. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 hasta alcanzar 4.8 mm todo el cuerpo y 10 mm en los ángulos de la base y lados.
Número de Tanques de cultivo – Engorde	4
Forma de los Tanques de cultivo – Engorde	Circular
Dimensiones de los Tanques de cultivo – Engorde	1.20 m de alto x 5 m de diámetro
Otras especificaciones para los Tanques de cultivo – Engorde	- Tendrá una ligera caída al centro (pendiente 2%) y se instalará un niple de salida de 4" de PVC al centro. - Tendrá una tubería conexión con rosca de drenaje exterior (4") alargada hasta el borde del tanque. - Tendrá un zuncho soldado en la parte lateral, revestido totalmente con fibra de vidrio. - Resina Poliéster ISOFTALICA Palatal A 400, Mat 450 y Wovin Roving 800 mayor a 4.9 mm todo el cuerpo y mayor a 12 mm el ángulo de la base.



2.6. BALANCE DEL SISTEMA ACUAPÓNICO

Debido que un sistema acuapónico involucra cantidades de proteínas metabolizadas, como una capacidad de biofiltración y además de un poder determinado de absorción de los nitratos, a la hora de montarlo, se deberá considerar la importancia de mantener un **balance de cargas** en las tres principales comunidades presentes en el sistema acuapónico: **peces, plantas y bacterias**.

El balance dentro del sistema acuapónico, describe un equilibrio dinámico entre los tres principales grupos de organismos involucrados. Se trata del objetivo desde el punto de vista biológico para poder lograr el éxito del sistema productivo.

Este equilibrio, puede compararse con una báscula que sostiene en brazos opuestos a los peces y las plantas, siendo el punto de apoyo o soporte, la colonia de bacterias nitrificantes (Figura 9).

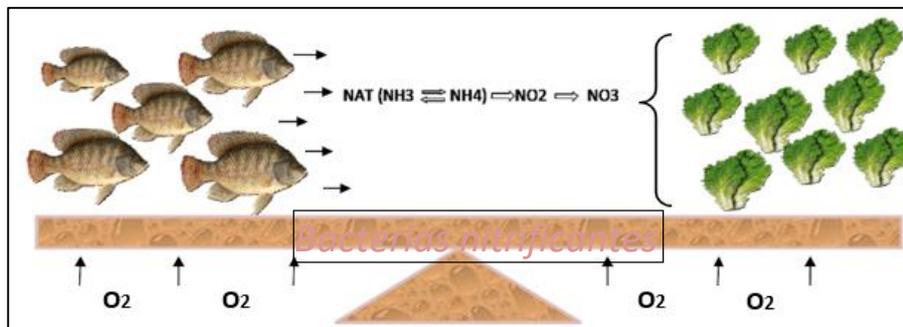


Figura 14. Representación de un sistema balanceado entre peces, plantas y bacterias nitrificantes. (Modificado de Somerville, 2014).

Lograr este equilibrio, además de mantenerlo en el tiempo nunca es fácil, y requiere de un manejo adecuado referido a la selección de peces, plantas, cantidades y densidades a aplicar, tamaño del biofiltro (adecuada superficie para biofiltración), etc.; manejos que repercutirán en el logro de una adecuada calidad de agua, la que deberá monitorearse periódicamente y realizar las correcciones que fueran necesarias.

Esta "balanza", deberá contar con un biofiltro lo suficientemente robusto, capaz de sostener a sus componentes, los que deberán a su vez, equilibrarse para lograr un rendimiento cercano a la máxima capacidad de carga del sistema, mejorando el potencial de ganancias. Crear y mantener saludable una población bacteriana en el sistema, jugará un papel fundamental. Así, se garantizarán las condiciones iniciales para la formación de la colonia; ofreciendo un área suficiente que les brinde alojamiento, y una fuente de amonio primaria, además de mantener los parámetros físicos y químicos en el agua, dentro de los rangos del proceso de nitrificación.

Mediante sencillos kits colorimétricos de mediciones, se debe evaluar periódicamente el desempeño del biofiltro, al cuantificar la presencia de los distintos compuestos nitrogenados dentro del sistema, evitando, por ejemplo, valores mayores a 1 mg/l de NAT, y de nitritos, NO_2 , lo que denotaría una falta de nitrificación con el consecuente estrés y riesgo de muerte a nuestra población de peces (dependiendo de la especie).

El producto final de la nitrificación, NO_3 , debe mantenerse también en valores controlados, que variarán según la especie, pero no deberían superar los 300 mg/l. Con una cantidad bien dimensionada de vegetales dentro del sistema, no se deberían alcanzar los valores mencionados.

Contrariamente, valores menores a 10 mg/l de este producto, producirán una carencia de nutrientes para los vegetales del sistema; lo que podría deberse a una carga insuficiente de peces en el mismo.

Los sistemas acuapónicos mantienen condiciones ambientales variables y modifican regularmente las tasas de alimentación, la correspondiente a la retención de los sólidos (por filtrado), y la tasa de mineralización; por lo cual, los niveles de nutrientes en el agua son variables y difíciles de predecir (Rakocy, et al. 1997). El monitoreo diario del estado de sanidad de los peces y de las plantas brindará la información necesaria sobre el balance en el sistema. Enfermedades y deficiencias nutricionales (y/o mortalidades) se traducen como síntomas de un sistema desbalanceado.

Una manera de simplificar los cálculos para equilibrar el sistema, es cuantificar la cantidad de alimento ingresado diariamente (el que será un precursor de los nutrientes generados) y relacionarla con la superficie del cultivo vegetal. Ello dependerá también del potencial del sistema de biofiltrado, el que actuará como un intermediario obligado.

Esta **tasa de alimentación proporcionada**, depende de varios factores, para poder determinarla:

- Capacidad a la que funcionará el sistema
- Método de producción seleccionado (escalonado o por lote)
- Tipo de pez a cultivar y hábitos alimentarios (cantidad de proteínas requeridas)
- Tipos de vegetales a cultivar

Algunas tasas orientativas recomendadas por Somerville (2014) son las siguientes:

Para 1 m² de cultivos de hoja (lechugas, acelgas, rúcula, etc)
40/50 g de alimento/día

Para 1 m² de cultivos de frutas (tomates, pepinos, frutillas, etc)
50/80 g de alimento/día

3. CALIDAD DE AGUA

Para poder entender mejor la importancia la calidad del agua en el sistema acuapónico, se lo puede asemejar a la función de la sangre en el sistema circulatorio de un organismo animal, que provee y distribuye los nutrientes, el oxígeno y cumple, además, con las funciones necesarias para el desarrollo saludable del mismo. El agua, provee los macros y micro nutrientes a los vegetales de cultivo, y es el medio por el cual los peces reciben además el oxígeno y donde emiten sus excreciones que luego se depurarán. Los 5 principales parámetros que definen la calidad del agua en un SRA son: temperatura, oxígeno disuelto, pH, compuestos nitrogenados y alcalinidad.



Cada uno de estos parámetros físicos y químicos influyen directamente en los tres componentes principales del sistema: peces, plantas y bacterias; motivo por el cual debe alcanzarse una calidad de agua compatible en lo posible, con los rangos de tolerancia específicos (Tabla 1).

Tabla 1. Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces (aguas cálidas y aguas frías); plantas y bacterias nitrificantes, según Somerville (2014).

Tipo de organismo	Temp. (°C)	pH	NAT (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	OD (mg/l)
Peces aguas cálidas	22-32	6-8,5	<3	<1	<400	4-6
Peces aguas frías	10-18	6-8,5	<1	<0,1	<400	6-8
Plantas	16-30	5,5-7,5	<30	<1	-	>3
Bacterias nitrificantes	14-34	6-8,5	<3	<1	-	4-8

Dentro de estos rangos de tolerancia para cada factor, se encuentran valores óptimos para el desarrollo y crecimiento de cada componente, que pueden diferir entre sí. Buscar la mejor combinación respecto a estos requerimientos y mantener los parámetros mencionados bajo control en el mejor equilibrio posible para el ecosistema, permitirá un desarrollo exitoso desde el punto de vista biológico y económico.

Si bien cada parámetro por sí solo es importante, se debe considerar la interrelación total de todos los parámetros, ya que estos interactúan algunas veces de manera compleja. Algunos parámetros, deberán ser monitoreados en forma diaria, como por ejemplo la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH; mientras que otros controles, sobre los compuestos nitrogenados, por ejemplo; pueden realizarse con menor frecuencia una vez establecida la función de nitrificación.

3.1. TEMPERATURA

En cuanto a la temperatura, como este factor determinará la tasa metabólica de los peces, el productor deberá buscar mantenerla en rangos para obtener el buen crecimiento de la especie seleccionada y no deberá sólo "ajustarse" simplemente a rangos de sobrevivencia. Dentro de los rangos de temperatura que toleran las especies de peces, las tasas de crecimiento aumentan a medida que la temperatura aumenta, hasta alcanzar la óptima de cada una. Sobre esta temperatura, los procesos metabólicos y requerimientos energéticos se incrementan al igual que las conversiones de alimento en carne (Factor Relativo de Conversión Alimentaria-FCR), perjudicando la rentabilidad.



J. FLORES

La relación inversamente proporcional de la temperatura con la solubilidad del oxígeno en el agua, juega un papel importante en los procesos biológicos del sistema, y deberá tenerse en cuenta en todo momento, objetivando el manejo preventivo o correctivo; así como su directa relación de dicho factor con la toxicidad de los compuestos nitrogenados.

Contrariamente, con el descenso de las temperaturas, al perder potencial el crecimiento de los peces, se producirá un desbalance económico dentro del sistema, el que podría además ser inadvertido, al perder rentabilidad el componente de producción piscícola, sin atisbarse la pérdida real en el sistema integrado.

La combinación de peces y vegetales a cultivar también deberá presentar similitudes en cuanto a temperaturas óptimas de crecimiento, y es recomendable trabajar con especies adaptadas al clima de predominio local. La modificación de la temperatura como método para extender la estación de crecimiento, se emplea en función de los costos, selección de especies de cultivo y representan una alternativa importante en zonas climáticas fluctuantes o con amplitudes térmicas importantes. Los invernaderos para capturar y utilizar la energía solar, son utilizados térmicamente cuando se trabaja a baja escala, así como también, el empleo de medias sombras para aplacar la intensidad de las fluctuaciones térmicas. El manejo de cambios en la producción, según la estación (invierno/verano), tanto de peces como de vegetales; también puede ser una opción frente a la influencia importante de este factor en la producción acuapónica.

3.2. OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno es el parámetro químico que incide en forma determinante sobre la calidad del agua, dado que, en su ausencia, es cuando más rápidos y drásticos efectos produce (los peces pueden morir en horas), así como también a bajas concentraciones, puede disminuir considerablemente el proceso de nitrificación, no llegando a completarse. El garantizar concentraciones altas de oxígeno en el sistema, es vital para los peces, los vegetales y también, de manera especial, para los distintos grupos de bacterias presentes en el sistema; que lo utilizan en los procesos claves (oxidación de los compuestos nitrogenados y en descomposición de la materia orgánica).



La solubilidad del oxígeno es inversamente proporcional a la temperatura del agua, condición que se contradice con el aumento metabólico (mayor necesidad de oxígeno) de los peces al incrementarse la temperatura. También se verá aumentada la demanda de oxígeno al incrementarse los otros procesos biológicos dentro del sistema. Por estas razones, es recomendable evitar las fluctuaciones térmicas, tanto

como sea posible; a fines de mantener la concentración de oxígeno en niveles estables, vitales y necesarios. Es recomendable mantener dicho parámetro, siempre en concentraciones superiores a 3 mg/l; siendo deseable 5mg/l, o más. Para tales resultados, se deberán buscar alternativas y métodos de aireación dentro de los diferentes componentes del sistema. Aunque se pueden emplear el oxígeno de manera directa, inyectándolo desde tubos presurizados, la presencia de este gas en el aire atmosférico del 21%, permite incorporarlo de buena manera al agua, mediante aireadores de distintos tipos, disminuyendo así costos.

La eficiencia de las bombas de compresión de aire, dependerá de la potencia que ejerzan y de la porosidad de las piedras difusoras; siendo deseable la emisión de burbujas de pequeño tamaño para una mayor relación superficie/volumen, que genere mayor intercambio gaseoso. Dichas piedras, deben controlarse, ya que tienden a taparse con materia orgánica, perdiendo eficiencia. Por ello, es recomendable su limpieza periódica o eventuales recambios, considerándose además que el incremento de biomasa de los peces, conlleva a un aumento de la demanda total de oxígeno disuelto. El equipamiento para la medición del oxígeno, suele ser de alto valor, pero nunca debería faltar en un sistema acuapónico como el explicado.

3.3. pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua (H^+). Se presenta en una escala logarítmica negativa (mayores valores=menores concentraciones de H^+), con valores que van en una escala del 1 al 14. Al ser la escala de tipo logarítmica, cada punto de diferencia representa concentraciones 10 veces mayores o menores; 2 puntos 100 veces, 3 puntos 1000 veces, y así sucesivamente. El punto medio, valor 7, se considera neutral ($H^+=OH^-$), los valores menores representan acidez ($H^+>OH^-$) y los valores mayores, basicidades ($H^+<OH^-$).

Este importante parámetro que influye sobre la calidad del agua, interviene además en muchos otros procesos, tomando especial importancia en la determinación, junto a la temperatura, el % de toxicidad (% amonio no ionizado (NH_3) del nitrógeno amoniacal total. Interviene también en la disponibilidad de los nutrientes, que obtienen las plantas de manera diferenciada (Tabla 2), por lo que se debe mantener en valores equilibrados a tal fin. Los valores cercanos a la neutralidad ($pH= 7$) son recomendables y deseables para los sistemas acuapónicos, dependiendo en cierta medida de la selección de peces y plantas a cultivar efectuada, ya que dichos valores, armonizan con los procesos involucrados, de índole biológicos naturales.

Considerando que el proceso de nitrificación produce una ligera acidificación, al liberar los iones hidrógeno, y que se realiza de manera permanente dentro del sistema, se debe estar atentos y en alerta, ante los cambios de pH, con el fin de

realizar un manejo correctivo. Además, también puede verse incrementada la acidez del sistema como producto de una alta densidad de peces, ya que estos producirán dióxido de carbono a través de su respiración; producto que, en contacto con el agua, forma ácido carbónico. Afortunadamente, los incrementos de acidez (disminución del pH) reducen la toxicidad del amoníaco al predominar en su forma ionizada (NH_4^+).

Las eventuales correcciones en cuanto a la acidez del sistema, se deberán realizar descartando el agregado de Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3), ya que la acumulación de sodio (Na) en la presencia de Cloro son tóxicos para los vegetales (Resh, 1995) y representan una preocupación en los sistemas acuapónicos.

3.4. DUREZA Y ALCALINIDAD

La dureza general, expresa la medida de iones positivos (cationes) en el agua, compuestos principalmente por Calcio (Ca^+) y Magnesio (Mg^+), y en menor medida por Hierro (Fe^+). La dureza de los Carbonatos, o **alcalinidad**, es una medida de los carbonatos (CO_3^-) y bicarbonatos (HCO_3^-) presentes y disueltos en el agua, y se miden en mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3). Tanto el calcio como el magnesio (al igual que otros micronutrientes como el hierro y el potasio), son nutrientes esenciales para las plantas, las que los toman directamente del agua, por lo que la dureza general es importante para el sistema acuapónico; pero la alcalinidad tiene una relación particular y determinante con el valor de pH del agua.

Los carbonatos y bicarbonatos, representan una medida de amortiguación de la alcalinidad del agua, también conocido como el poder "buffer" del agua, contra los potenciales descensos de la misma y sus consecuencias. La razón del poder neutralizante, es que estos compuestos poseen carga negativa y capturan los iones hidrógenos (H^+) liberados al agua, producto del proceso de nitrificación u otro proceso que aumente la acidez. La nitrificación, es un proceso que produce ácido nítrico y consume alcalinidad, por esta razón comúnmente, se deben agregar bases para mantener valores estables en el pH del agua.

La estabilidad en el pH en el sistema, es importante para reducir, principalmente, el estrés de los peces. Se necesita garantizar una fuente de agua con relativa alcalinidad en las renovaciones de agua que se realicen en el sistema, a fin de evitar su acidificación. Se considera apropiado mantener una concentración de entre 60-140 mg/l CaCO_3 para un sistema acuapónico.



3.5. OTROS PARÁMETROS Y FUENTES DE AGUA DE ABASTECIMIENTO

La *conductividad* eléctrica, es otro de los parámetros importantes a medir, empleado en el mantenimiento de la calidad del agua y se mide en microSimens por centímetro ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Sus resultados responden a la **salinidad** (cantidad de sales disueltas en el agua), principalmente el cloruro de sodio, aunque en realidad, todos los nutrientes disueltos representan sales, las que pueden medirse también, como Sólidos Totales Disueltos (STD), cuantificados generalmente en partes por millón= miligramos por litro (ppm= mg/l) y partes por mil = gramos por litro (ppt= gr/l).

Las mediciones de conductividad y/o salinidad, son comúnmente utilizadas para hidroponía, como medidas de los nutrientes disueltos, aunque estas no ofrecen una medida precisa de los niveles de nitratos. Debe considerarse de suma importancia la **toxicidad del sodio** frente a los vegetales, por lo que se considera apropiada una conductividad, que no sobrepase los $1500\mu\text{s}/\text{cm}$, o las 800 ppm de STD (como referencia, se detallan valores medios del agua marina: $50000\mu\text{s}/\text{cm}$; o 35000 ppm). La salinidad, cobra especial importancia a la hora de seleccionar la fuente de agua de abastecimiento al sistema, ya que necesitará una adición permanente de agua (entre el 1 y 3 % diario), debido a la absorción por parte de los vegetales, así como también las pérdidas por evaporación. Además, se deberá recambiar el agua en situaciones de emergencia ante faltas de energía, para evitar las mortalidades en los peces, o ante eventuales concentraciones de nitratos en niveles que excedan los límites de tolerancia, o los prefijados como límites por el productor.

La recolección de agua de lluvia, es considerada una buena medida para reducir costos. Esta fuente de agua, no posee ningún tipo de sales al ser destilada en forma natural, y la falta de dureza, puede ser compensada con el agregado de carbonatos. Al utilizar este recurso, se deberá tener precaución en determinadas zonas afectadas por las denominadas lluvias ácidas. Cuando el agua es extraída de pozos, o acuíferos, su calidad dependerá en gran medida del material con que esté compuesto el suelo que atraviesa. En zonas con piedras calizas o suelos rocosos, suelen tratarse de aguas duras y aunque ello no represente un problema (ya que los sistemas de recirculación consumen alcalinidad), puede necesitarse la adición de ácidos para alcanzar un pH deseable para el sistema. La recolección de agua desde el sistema de redes municipales, es otra posibilidad, pero deberá considerarse el depósito previo del agua a utilizar por lo menos durante 48 hs, con la finalidad de disipar el cloro que, generalmente, es empleado para su potabilización; pudiendo también airearse para acelerar ese proceso.



Por último, en lo referente a la calidad del agua a emplear, se deberá tener en cuenta el posible desarrollo de algas dentro del sistema. Dichas algas son indeseables, primariamente porque compiten por los nutrientes de los vegetales del

sistema y, además, porque interfieren (al colonizar las raíces) en el proceso de absorción de los nutrientes; es decir, que atentan contra la producción vegetal del sistema productivo. Suelen representar también, un problema debido a su actividad fotosintética, al producir fluctuaciones en el oxígeno disuelto; pudiendo producir disminuciones letales de este gas en las horas de oscuridad. La presencia de algas, suele, además, generar disminución en la eficiencia de las bombas utilizadas por obstrucción del flujo de agua, de forma parcial en las cañerías del sistema, problema que demandará un manejo periódico para su remoción.

Como medida general, muy sencilla y efectiva, es recomendable evitar cualquier tipo de exposición del agua del sistema a la luz solar, con la finalidad de evitar el desarrollo de estos organismos. Esto se soluciona tapando deliberadamente los tanques con los peces; las estructuras donde se ubican los vegetales (sus raíces o zonas húmedas); los sumideros; biofiltros y cualquier otro tipo de unidad funcional dentro del sistema.

3.6. DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES

Para su crecimiento máximo, los vegetales del sistema, necesitarán los elementos esenciales que deben encontrarse balanceados correctamente, pudiéndose dividir de manera general en macro nutrientes (necesarios en cantidades relativamente grandes), y en micronutrientes (necesarios en cantidades relativas mínimas). Los macro nutrientes, incluyen el carbono (C), Oxígeno (O), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Azufre (S). Los micronutrientes por su parte, incluyen el Cloro (Cl), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo).

Para su proceso básico de fotosíntesis, los vegetales utilizan el carbono (C) disponible en el Dióxido de Carbono atmosférico (CO₂), el Oxígeno e Hidrógeno del agua (HO₂), sumado a la Energía proveniente de la luz, que capturan sus hojas o láminas foliares.

Todos los demás nutrientes, llamados en general, sales inorgánicas deben ser absorbidos del suelo donde están arraigados, o en el caso del cultivo acuapónico de la misma agua de cultivo.

Los desperdicios sólidos en los SRA, involucran en su composición a todos los nutrientes esenciales para las plantas, y existe una acumulación importante de nitratos y otros nutrientes principales. Sin embargo, existen cantidades limitadas y desbalances referidos a aquellos valores de requerimientos en los vegetales. Es decir, que, aunque el alimento de los peces posea generalmente, todos los elementos mencionados con anterioridad; los mismos, se encuentran en un balance preparado **para los peces** por



J. FLORES

esto, suele notarse un déficit en las plantas, a través del tiempo, en algún compuesto (incluso, en sistemas apropiadamente balanceados en su carga).

Generalmente, ocurre que se ve comprometida la solubilidad de algunos de estos compuestos en su relación al pH del agua (Figura 10), o se encuentran en algún estado no disponible para las plantas; porque no se ha desarrollado efectivamente, el proceso de mineralización.

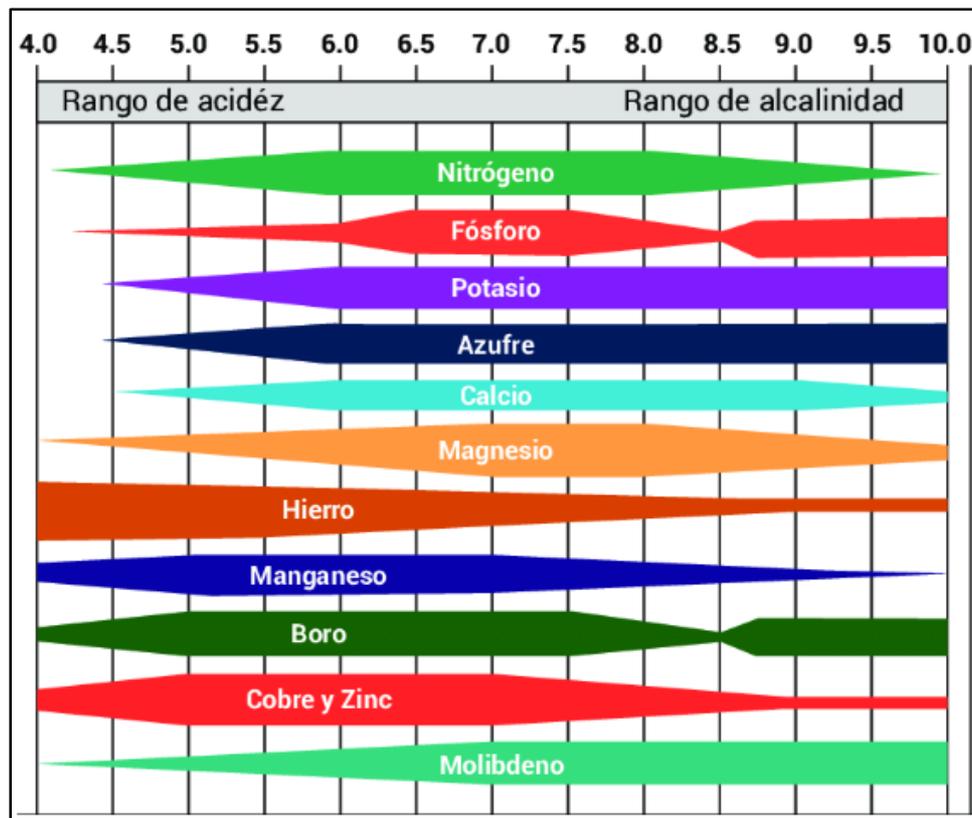


Figura 15. Influencia del pH en la disponibilidad de los distintos nutrientes para las plantas (extraído de Somerville, 2014).

Debe mencionarse también, la interrelación entre los nutrientes existentes entre los cuales, algunos en altas concentraciones, pueden influir en la biodisponibilidad de otros. El Fe, K y Ca derivado del alimento de los peces, son insuficientes para la producción hidropónica vegetal y deben suplementarse adicionándolos al sistema (Rakocy, et al., 1993). El Fe, debe agregarse en quelatos (quelato de Fe, soluble a pH neutro) en una concentración de 2 ppm cada 15 días; mientras que el K y Ca, se adicionan preferentemente en forma de Hidróxidos, cumpliendo además la función de bases para evitar la acidificación característica en los SRA, resultante del proceso de nitrificación. La adición de otros suplementos, deberá determinarse en base a la observación diaria de las plantas cultivadas, e identificación de síntomas de deficiencia de las mismas.

3.7. TANQUES PARA ALOJAMIENTO DE LOS PECES

Las unidades de cultivo de los peces, deberán seleccionarse cuidadosamente, debido a su incidencia en el costo total de la unidad acuapónica, de aproximadamente un 20 % (Somerville et al., 2014). Por otra parte, se deberán considerar los parámetros biológicos, según la especie seleccionada (como preferencias de ubicación de los peces en el contenedor), las herramientas para el manejo de los operarios, así como también, la dinámica del flujo de agua dentro de ellos; en donde se deberá priorizar un buen funcionamiento para la eliminación de los sólidos. La forma, el tipo de material en su composición y también el color, serán determinantes en el funcionamiento y durabilidad de los contenedores. Estos, deberán cuantificarse según el plan de manejo preestablecido (cultivo por lotes, escalonados, cohortes múltiples, etc.). Así, estos deberán mantener buenos sistemas de drenajes, de carácter individual, que permitan su limpieza y el mantenimiento de las unidades por separado



Figura 16. Tanques para cultivo de peces, circulares y cuadrados, fabricados en fibra de vidrio.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

3.8. PECES EN ACUAPONIA

Los sistemas de recirculación de agua son utilizados en general, para el cultivo de organismos que toleran condiciones de altas densidades, aprovechando el espacio, así como también condiciones de tolerancia a enfermedades comunes en organismos acuáticos cultivados. Además de ello, debe tratarse de organismos que presenten un buen crecimiento y cierta tolerancia a los compuestos nitrogenados; ya que estos se encuentran en permanente riesgo de incrementarse ante eventuales circunstancias.



Varias especies han sido cultivadas exitosamente en sistemas acuapónicos en distintos lugares (Tabla 2) y muchas especies han sido introducidas en diferentes sitios distintos de su lugar de origen, debido a sus particulares características de cultivo; como por ejemplo las distintas especies de tilapia, y los populares peces ornamentales *Carassius*, conocidos como "goldfish".

Tabla 2. Tolerancia en parámetros de calidad de agua, requerimientos proteicos y crecimiento esperado de las principales especies acuáticas de cultivo utilizadas en sistemas de acuaponía (modificado de Somerville, 2014)

Especie de cultivo	Temperatura (°C)		Nitrógeno NAT (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Oxígeno (mg/l)	% Proteína en alimento	Tiempo de crecimiento
	vital	óptima					
Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i>)	4 a 34	25 a 30	<1	<1	>4	30 a 38	600 gr en 10 meses
Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	14 a 36	27 a 30	<2	<1	>4	28 a 32	600 gr en 7 meses
Bagre del canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	5 a 34	25 a 30	<1	<1	>3	25 a 36	400 gr en 8 meses
Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mikyss</i>)	10 a 18	14 a 16	<0,5	<0,3	>6	42	1 kg en 15 meses
Cabeza chata (<i>Mugil cephalus</i>)	8 a 32	20 a 27	<1	<1	>4	30 a 34	750 gr en 10 meses
Camarón de agua dulce (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	18 a 34	26 a 29	<0,5	<2	>3	35	30 gr en 4 meses



4. PLAN DE MANEJO DE LOS PECES

4.1. ACLIMATACIÓN Y SIEMBRA DE PECES

Antes de la siembra de los peces se debe igualar la temperatura del agua de transporte y del agua donde los peces van a ser sembrados. Por lo general, esto requiere de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor a 3° C es tolerable. Durante el procedimiento de recambio del agua y aclimatación de los peces, las bolsas plásticas tienen que estar flotando sobre la superficie del agua donde estos van a ser soltados. Luego, se permite a los peces nadar afuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente (*Figura 16*). Es recomendable que todo este procedimiento se realice en horas de la noche o en la madrugada para aprovechar las bajas temperaturas dado que estas ayudan a reducir el estrés de los peces y el consumo de oxígeno, debido a la disminución del metabolismo.



Figura 17. Aclimatación de alevines de tilapia-Elaboración propia
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

Por ningún motivo arroje a los peces, a su nuevo ambiente, desde cualquier altura. En esta etapa, los peces pueden ser fácilmente heridos por un manejo áspero, ya que estarán débiles debido al transporte. Por lo tanto, permítales nadar tranquilos hacia la nueva agua.



Figura 18. Aclimatación de alevines de tilapia-Elaboración propia
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

Si no se sigue el proceso de aclimatación, puede ocurrir una muerte masiva de los alevines, producida por un “shock térmico”, debido a que la temperatura de las bolsas siempre es mayor que la del estanque receptor.

4.2. BIOMETRÍA EN LOS PECES

El seguimiento correcto de nuestros cultivos es importante desde muchos aspectos, debemos conocer cómo se desarrollan los peces, no solo con fines comerciales o de proyectar la biomasa a cosechar; el muestreo permite ajustar las raciones de alimentación y es una fotografía del desarrollo de nuestro cultivo, si éste se realiza correctamente permite detectar desviaciones en el crecimiento y hacer ajustes para asegurar la rentabilidad de nuestro cultivo.

Hay ciertos aspectos a considerar para realizar una biometría correctamente: la periodicidad, la definición de una muestra adecuada a la población, la confiabilidad de los datos recolectados y un afinado manejo del procedimiento son la base para asegurar que los datos levantados en campo son adecuados para el reajuste las raciones y la toma de decisiones operativas.

Para el caso llevado a cabo en las instalaciones del módulo acuapónico, la periodicidad respecto de la biometría era en los primeros dos meses de forma semanal, para evaluar el estado de los peces a su llegada y la adaptabilidad de los mismos al sistema implementado, posteriormente, la medición de biometrías puede reducirse a una periodicidad quincenal.



J. FLORES



Figura 19. Aclimatación de alevines de tilapia-Elaboración propia
 Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 20. Muestreo aleatorio de los peces
 Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 21. Biometría de peces
 Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección





Figura 22. Manipulación de los peces para el muestreo
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

4.3. ALIMENTACIÓN DE LOS PECES

Los organismos naturales alimenticios encontrados en un estanque proveen nutrientes esenciales. En algunas ocasiones, este alimento natural no se encuentra disponible en suficiente cantidad para proveer de adecuada nutrición para que los peces crezcan. Cuando esto sucede, los peces se deben alimentar a intervalos regulares (por ejemplo, diariamente, semanalmente, etc), con alimentos balanceados.



Figura 23. Participación de las beneficiarias en la alimentación diaria de los peces
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Los alimentos para tilapia poseen la característica de flotar sobre la superficie del agua, esto debido a las preferencias del pez por buscar el alimento en ese lugar, brindándole la oportunidad, al productor, de observar el comportamiento de los peces y saber cuándo detenerse.

Al seleccionar el alimento balanceado para la dieta de los peces es importante conocer las distintas formas en que se va a suministrar, tomando en cuenta aspectos como: cantidad de peces, tamaño y forma de los estanques, y peso promedio de los peces. Además, de establecer un horario para realizar la alimentación

Es importante tomar consideraciones como el almacenaje del alimento, en un ambiente seco, lejos de la luz directa del sol, de la humedad y de posibles plagas (aves, animales e insectos) que además de alimentarse de él pueden contaminarlo. Lo ideal es que el alimento no sea almacenado por mucho tiempo así deberá de adquirir el alimento necesario para cubrir las demandas de un período no mayor de 2 meses para que el alimento conserve sus propiedades y pueda brindarle el máximo aprovechamiento.

4.4. CÁLCULO DE ALIMENTO

Para calcular la cantidad de alimento a suministrar de forma diaria, primero se debe obtener el número de muestra poblacional la cual no debe ser menor a un 5 %. En calidad de ejemplo se establecerá una población de 1 000 peces bajo condiciones de cultivo semi-intensivo en etapa de vida de desarrollo con 95 días de cultivo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Muestra} = \frac{1000 \times 5}{100} = 50 \text{ peces}$$

Se calcula la biomasa en kg. Luego de pesar individualmente los 50 peces a muestrear se obtuvo un peso promedio de 82 gramos.

Biomasa = peso promedio × población total
Temperatura = 28°C

Biomasa = 82 g × 1 000 peces = 82 000 gramos Como siguiente paso, convertir los 82 000 gramos en kg, dividiendo entre 1000 gramos, se obtiene como resultado 82 kg, lo cual servirá para calcular la ración alimentaria (RA), a través de la multiplicación de la biomasa obtenida por la tasa de alimentación que corresponde a un 3,8 %.

Finalmente, a partir de ese 3.8 % podemos obtener que la alimentación diaria corresponde a aproximadamente de 3.120 kg.



Producto AQUATECH	Tamaño de Pellet (mm)	Peso aprox. (g)	Temperatura del Agua (°C)						Frecuencia alimentación diaria (veces)
			22	24	26	28	30	32	
			Tasa de alimentación (% de biomasa diaria)						
Tilapia 45	0.3 a 1.0	0.1 a 0.5	10.50	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	Ad libitum
Tilapia 45	1.5 x 2.0	0.5 a 5	7.70	8.70	9.20	9.70	10.20	10.70	6
Tilapia 40	2.0 x 2.0	5 a 10	6.50	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	6
		10 a 20	5.80	6.70	7.10	7.60	8.00	8.50	4
		20 a 30	5.10	5.70	6.20	6.50	6.90	7.50	4
Tilapia 35	3.0 x 3.0	30 a 50	4.30	4.60	4.90	5.50	5.70	6.50	3
		50 a 80	3.30	3.60	3.90	4.00	4.30	5.00	3
Tilapia 32	4.0 x 4.0	80 a 120	3.10	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	3
		120 a 180	2.50	2.60	2.65	2.80	2.90	3.00	2
Tilapia 28	6.0 x 6.0	180 a 250	2.20	2.30	2.40	2.60	2.60	2.70	2
		250 a 350	2.10	2.20	2.40	2.40	2.45	2.50	2
Tilapia 28	8.0 x 8.0	350 a 500	1.80	1.90	2.00	2.05	2.10	2.10	2
		500 a 700	1.50	1.60	1.60	1.65	1.80	1.80	2
		> 700.0	1.40	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	2

Figura 24. Características de Alimento balanceado
Fuente: Tabla de alimentación AQUATECH

4.5. SANIDAD

Al mantener los peces en cautiverio las condiciones de hábitat son diferentes a las de su hábitat natural y, a medida que las producciones se intensifican, las alteraciones del ambiente son mayores lo cual posibilita la aparición de enfermedades.

Por esta razón es necesario tener un adecuado conocimiento de las condiciones ambientales del medio acuático, de la especie en cultivo y de los posibles agentes infecciosos que pudieran atacar a los peces. El comportamiento del pez enfermo visualmente se diferencia del comportamiento de los peces saludables, por ello es importante vigilar el comportamiento de los peces en el estanque y registrar todas las divergencias de las normas:

- El ascenso de los peces del fondo a la superficie
- La flacidez de su inmovilidad
- Sus movimientos giratorios





Figura 25. Manipulación de los peces para su revisión corporal
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 26. Limpieza y desinfección de los estanques circulares
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección

4.6. COSECHA



La cosecha es la etapa final del cultivo, se pueden realizar cosechas totales o parciales, dependiendo de la cantidad y frecuencia con que se desee tener producto disponible para la comercialización. Las cosechas se realizan cuando los animales han alcanzado un tamaño adecuado para su venta. Para la cosecha se pueden utilizar atarrayas o chinchorros.



Figura 27. Cosecha de peces

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



Figura 28. Cosecha de peces

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 1era Sección



5. DISEÑO DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS

5.1. TÉCNICA DE LA PELÍCULA DE NUTRIENTES

Sistema de producción para hortalizas de hoja, conocido como Nutrient Film Technique (NFT) que según su significado los nutrientes son aportados mediante un flujo laminar, el cual es generado por una bomba que propulsa el agua madura de las tilapias desde un tanque hacia los tubos de cultivo. En este recorrido el agua se oxigena mediante movimientos que ocurre en el sistema NFT.



Figura 29. Imagen real del Sistema NFT.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección



5.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA NFT.

5.2.1. TANQUE ROTOPLAS



Figura 30. Tanque de PVC.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

5.2.2. BOMBA DE AGUA

Encargada de propulsar el agua madura desde el tanque hacia los tubos de cultivo, generando así en ellos un flujo de agua debidamente oxigenada. La bomba se enciende con una frecuencia de riego de 90 a 120 minutos de duración en recirculación del agua con el mismo tiempo de intervalos.

Tabla 3. Relación entre la potencia de la bomba a utilizar y la cantidad de plantas a producir.

Potencia de la bomba	Cantidad de plantas (Lechuga)
0.25 Hp	80
	160
	320
	640
0.5 Hp	960
	1280
1.0 Hp	3840
2.0 Hp	5120
	10240



La bomba hidráulica para una estación hidropónica deberá ser tipo centrífuga ya que a diferencia de bombas como la periférica o magnética, esta reúne características como:

- Traslada mayor caudal o cantidad de agua por minuto.
- Las bombas de agua centrífugas pueden alcanzar un caudal aproximado 90 litros/minuto hasta un máximo aproximado de 156 litros/minuto.
- Las bombas centrífugas también se denominan bombas rotodinámicas. Son grupos de presión que poseen una mayor vida útil.
- Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible.

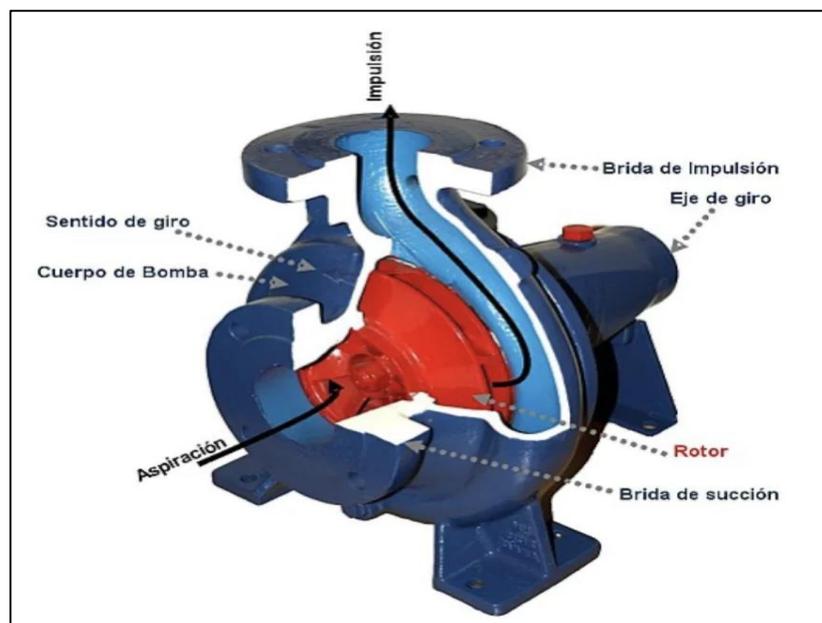


Figura 31. Partes de una Bomba centrífuga.



5.2.3. MECANISMO DE CONDUCCIÓN DE INGRESO DEL AGUA MADURA A LOS TUBOS DE CULTIVO:

Conformada por una red de tuberías que va desde una pulgada al inicio hasta media pulgada al final del mecanismo. Esta red conduce el agua desde el tanque de recepción hacia los tubos de cultivo.

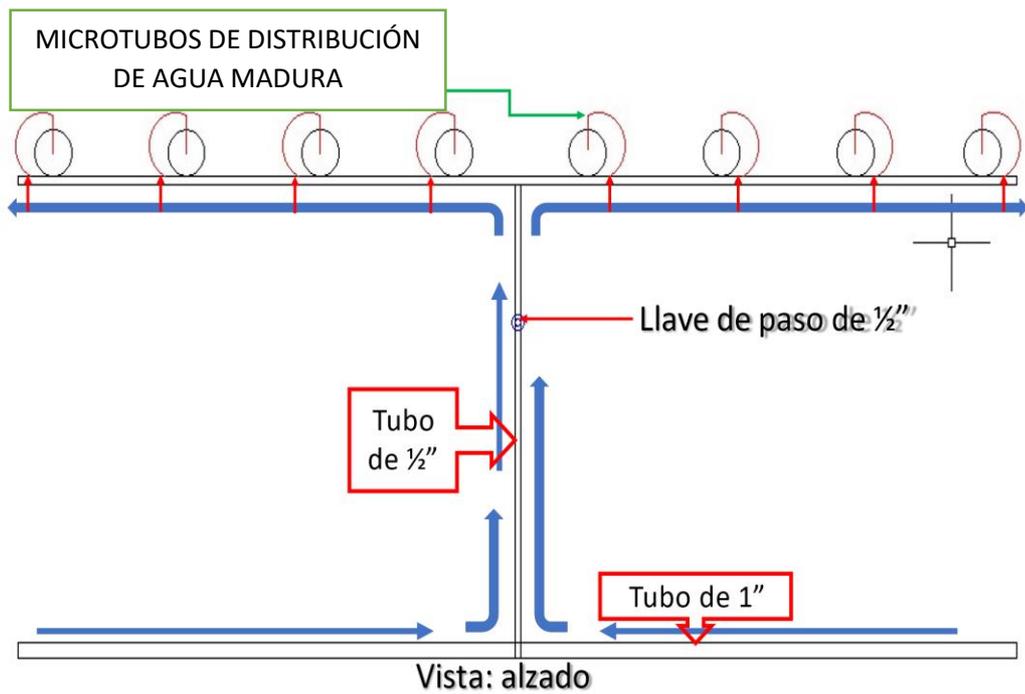


Figura 32. Vista del mecanismo de conducción de ingreso de agua madura a los tubos de cultivo.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección



Figura 33. Imagen real del mecanismo de conducción de ingreso de agua madura a los tubos de cultivo.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

5.2.4. MECANISMO DE CONDUCCIÓN DE RETORNO DE AGUA MADURA AL TANQUE:

Conformada por una red de tuberías mayormente de dos pulgadas de diámetro, los tubos de cultivo descargan el agua madura en los orificios de este mecanismo de conducción para luego retornarla al tanque o reservorio. En este recorrido el agua se oxigena ya que pasa por una serie de movimientos o saltos hidráulicos.

Estos orificios son circulares tienen 1" de diámetro

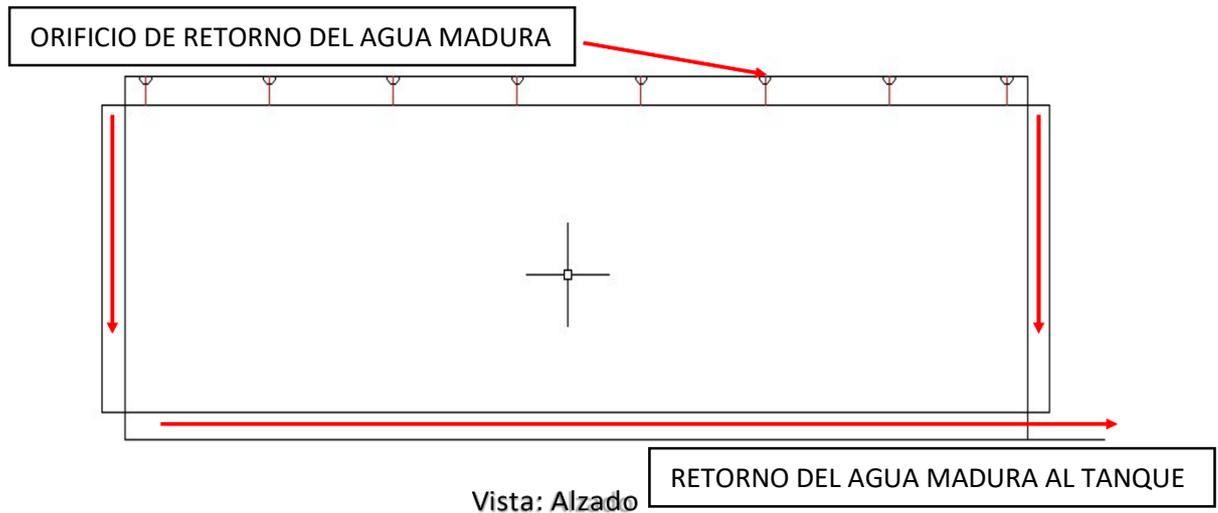


Figura 34. Vista del mecanismo de conducción de retorno del agua madura al tanque o reservorio.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección



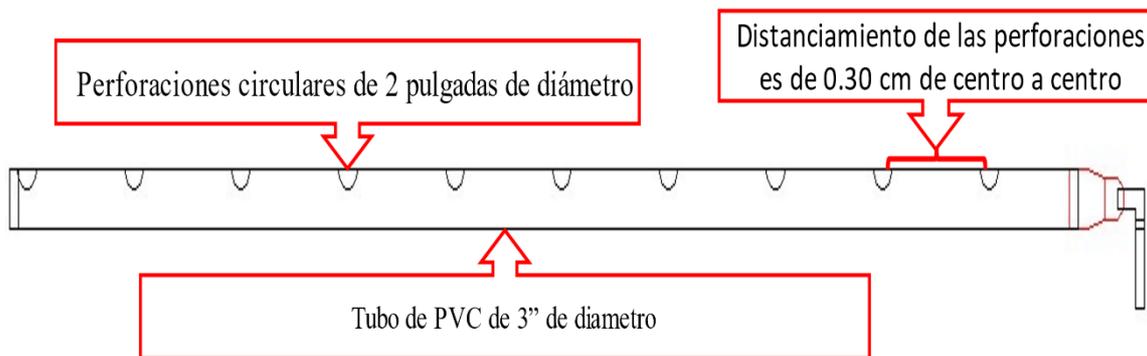
Figura 35. Imagen real del mecanismo de conducción de retorno de la SN al tanque o reservorio.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

5.2.5. TUBOS DE CULTIVO:

En Perú no se cuenta con una industria de fabricación de tubos netamente para hidroponía; por lo cual se emplea tubos de PVC para su elaboración.

Estos tubos hidropónicos artesanales tienen perforaciones circulares de 2 pulgadas de diámetro donde se establecen las hortalizas, el distanciamiento entre cada perforación es de 0.30 centímetros por lo cual obtienen un gran desarrollo foliar.



Vista: Perfil

Figura 36. Vista de un tubo hidropónico artesanal.
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

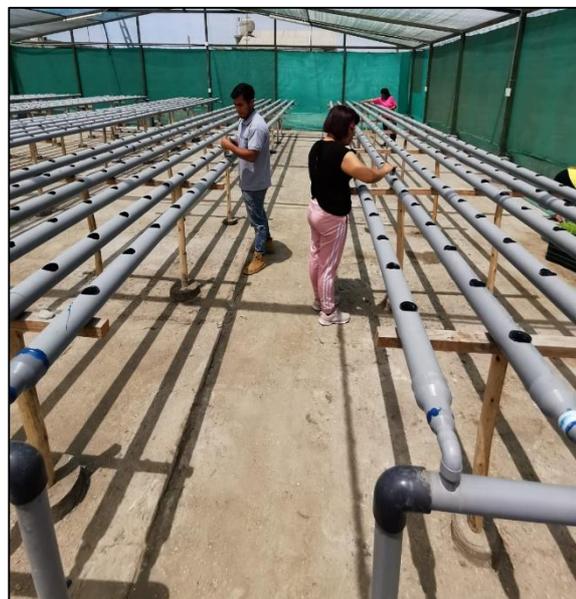


Figura 37. Imagen real de los tubos de cultivo artesanales de 12 metros de longitud.
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Tabla 4. Las dimensiones de los tubos de cultivo que se propone en este manual son las siguientes:

LONGITUD	DIAMETRO	Nº PERFORACIONES CIRCULARES
12 metros	3 pulgadas	40
9 metros	3 pulgadas	30
6 metros	3 pulgadas	20
3 metros	3 pulgadas	10

Se propone tubos de cultivo de longitud máxima de 12 metros por su facilidad de limpieza y manejo agronómico.

Soporte de un sistema NFT:

Los tubos de cultivo tienen un soporte que los mantiene sobre la superficie, el soporte puede ser de madera o metal, su diseño depende de la cantidad de plantas del sistema NFT. A continuación, se expone la construcción del soporte del sistema NFT en madera según como se muestra en el esquema.

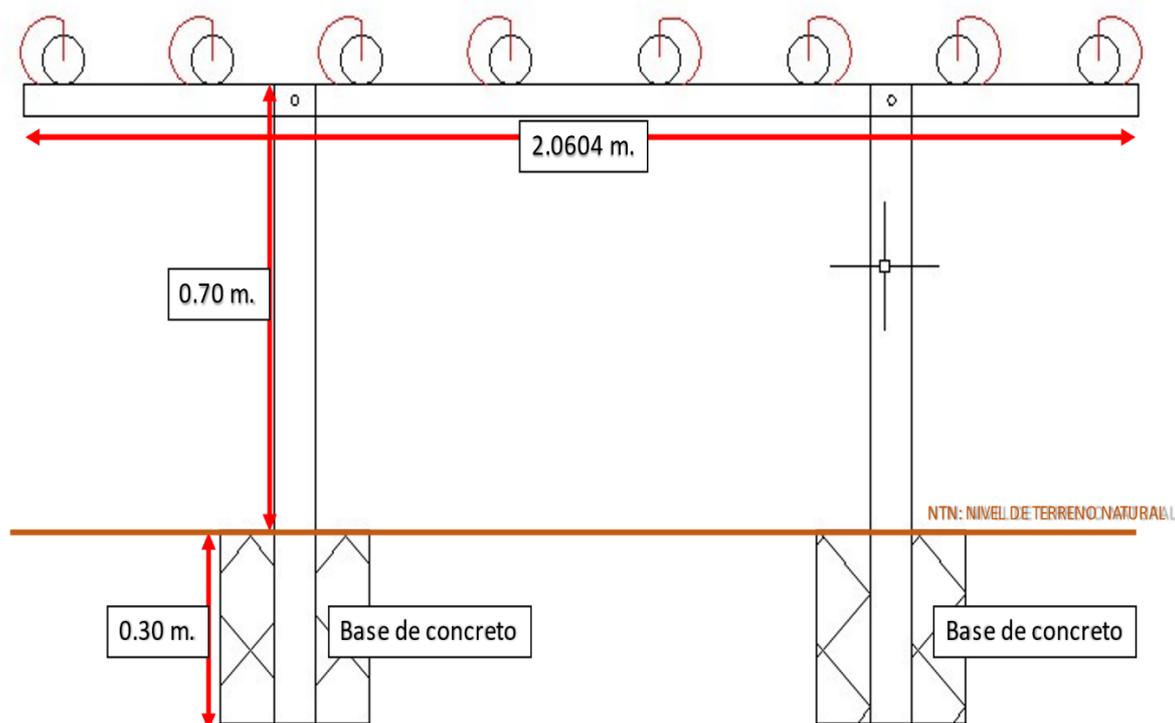


Figura 38. Corte estructural de un soporte para una carga de 8 tubos de cultivo.
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Se puede apreciar en el corte estructural, el cimientado del sistema que está formado por una base de concreto de 0.30m y parantes de madera (aquí dimensiones de madera) de 0.70m de alto; a la vez soporta a la madera nivel que contienen a los 8 tubos, madera nivel de 2.0604 m.



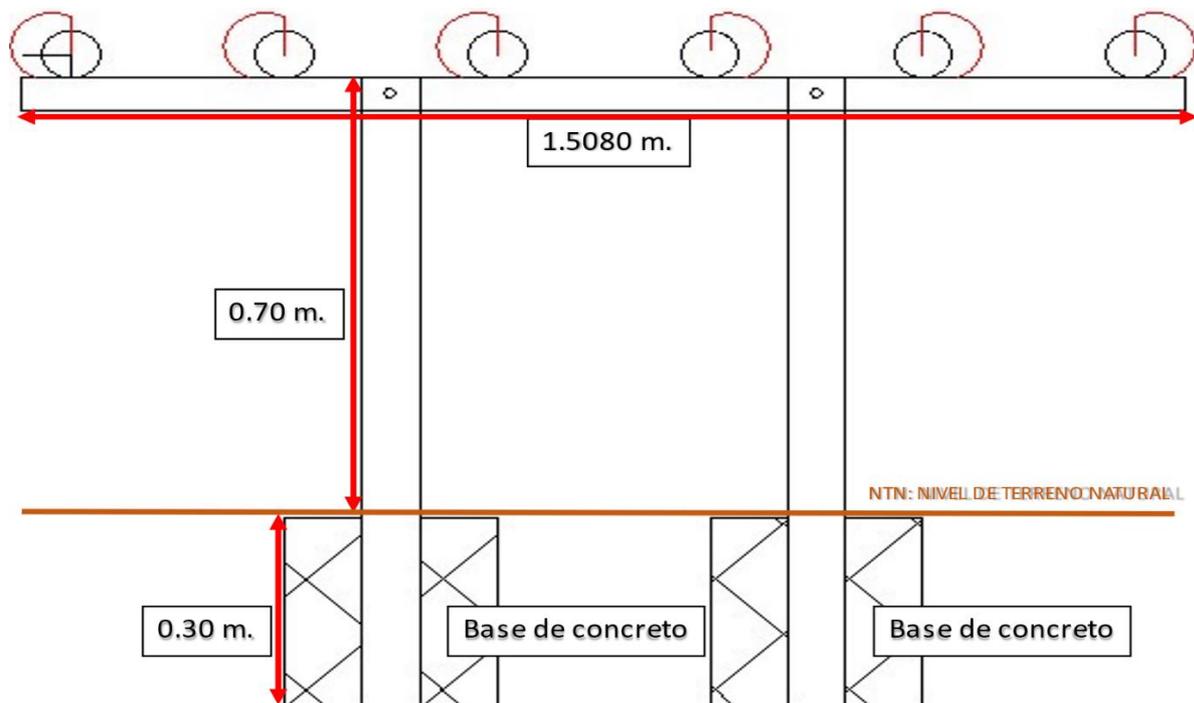


Figura 39. Corte estructural de un soporte para carga de 6 tubos de cultivo.
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Se puede apreciar en el corte estructural, el cimientó del sistema que está formado por una base de concreto de 0.30m y parantes de madera (aquí dimensiones de madera) de 0.70m de alto; a la vez soporta a la madera nivel que contienen a los 6 tubos, madera nivel de 1.5 m.



Figura 40. Imagen real de una serie de soportes para tubos de cultivo de 12 metros de longitud.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

5.3. MATERIALES PARA EL SOPORTE DE UN SISTEMA NFT:

- 5.3.1. **MADERA NIVEL:** madera cuadrada de dos pulgadas de ancho perfectamente derecha preferible de pino.
- 5.3.2. **PALO SOPORTE:** Madera redonda de dos pulgadas de diámetro, preferible de eucalipto. Este material se fija en el suelo con concreto para evitar el deterioro inmediato de la madera por la humedad.
- 5.3.3. **TORNILLOS:** De dos pulgadas de longitud se usa para fijar la madera nivel al palo soporte.

6. SELECCIÓN DEL SITIO

El área elegida para el desarrollo del proyecto debe estar protegida en cierta medida de las inclemencias del tiempo para evitar la construcción de estructuras onerosas que amenazan la rentabilidad. Las áreas ventosas no son adecuadas para muchas plantas, y las fuertes lluvias pueden dañar algunas estructuras generales y el cableado, etc.

Se recomienda implementar un sistema de acuaponía en un área que ya es naturalmente plana y bien iluminada; recuerde que la mayoría de las plantas crecerán bien en condiciones normales de iluminación, pero si es necesario, debido a la excesiva intensidad de la luz, la estructura se puede colocar en sombra parcial. También debe tener cableado confiable, así como un generador de emergencia, sistemas automatizados que combinen electricidad con baterías, eólica, solar, etc. Dependiendo de la composición del suelo en el que se instale el sistema, se debe colocar una almohadilla de piedra para nivelar y soportar la estructura y los componentes del sistema. La base de cemento del acuario brinda protección y una alineación segura.

Se debe considerar cuidadosamente el peso de los diversos componentes para garantizar un soporte adecuado y evitar nuevas roturas o colapsos. Las terrazas de edificios o casas son buenas opciones para unidades de acuaponía pequeñas y medianas, ya que mantienen una exposición óptima al sol.

7. INVERNADEROS

La construcción de estructuras llamadas invernaderos, si bien no es esencial para el desarrollo adecuado de un ecosistema acuapónico, tiende a extender la temporada de crecimiento de peces y plantas en algunas regiones que son más adecuadas para áreas más frías.

Suelen ensamblarse en estructuras de metal, madera o plástico; están totalmente recubiertas de nailon transparente para permitir la entrada de luz. También permite que se acumule calor y estabiliza térmicamente las condiciones internas ya que forman una barrera contra el clima externo. De esta forma, también quedan



protegidos del viento, la lluvia y otros factores climáticos que pueden perjudicar la producción.

La condición de aislamiento del invernadero le permite controlar el calor desde el interior, ahorra energía y aumenta el calentador, la caldera, etc. eficiencia. Los invernaderos acuapónicos pueden ser una forma interesante de enriquecer el CO₂ de la atmósfera, que es liberado por los peces al agua y difundido en el aire mediante un sistema de aireación.

El aumento de los niveles de CO₂ en el entorno de la estructura hidropónica no ventilada mostró un aumento significativo en el rendimiento de la planta. También son una barrera contra depredadores, plagas de plantas y otros patógenos generales. El ensamblaje inicial puede ser costoso según la complejidad y la tecnología de la integración interna. También debido al calor excesivo en verano y al uso de mosquiteras en ventanas y puertas, muchas veces se requiere un buen sistema de ventilación. En los trópicos, se pueden construir estructuras similares utilizando mosquiteros en lugar de nylon.

8. PLANTAS EN ACUAPONÍA

Según algunas referencias, la producción de plantas o vegetales en sistemas comerciales de acuaponía representa aproximadamente del 66% al 90% de la ganancia generada. Estos valores se deben, entre otras cosas, al rápido crecimiento de los componentes vegetales en comparación con los componentes animales del sistema.

Los productos producidos en tales sistemas de producción también pueden ser certificados como "orgánicos", ya que no pueden utilizar agroquímicos de uso común en la agricultura, ya que representan un riesgo para los peces. Además de asegurar una producción ecológicamente responsable, esto aumentará significativamente la rentabilidad del producto obtenido.

La característica de las plantas acuapónicas es que utilizan el agua y los nutrientes de manera más eficiente y son más fáciles de cultivar y cosechar que las plantas en suelo. Los productos tienden a ser de calidad más uniforme y representan menos riesgo para la salud humana porque no están expuestos a patógenos potenciales presentes en el mismo suelo.

Muchas plantas cultivadas con éxito en sistemas acuapónicos, una vez seleccionadas para el cultivo, primero deben evaluarse para varios parámetros y factores ambientales necesarios para el crecimiento óptimo de la planta. Los llamados cultivos de "hoja" se adaptan bien al manejo de la cosecha, ya que exhiben un crecimiento rápido, lo que los hace particularmente adecuados para la cosecha a corto plazo.



9. MANEJO AGRONÓMICO EN EL SISTEMA NFT

9.1. Siembra

Para la producción de vegetales en el sistema acuapónico NFT se necesita plantines, cuando hablamos de plantines nos estamos refiriendo a una planta pequeña ya establecida, con su tercera hoja verdadera y un sistema radicular parcialmente desarrollado.



Figura 41. Plantín con su tercera hoja verdadera en desarrollo.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

El uso de plantines nos proporciona numerosas ventajas tales como:

- **Uniformidad en campo:** Ya que se selecciona los plantines al trasplantar, se separa o se elimina las pocas plantas que se considera fuera de tipo ya sea por tamaño o algún daño mecánico.



Figura 42. Uniformidad en campo con uso de plantines.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

9.2. Limpieza y nivelación de los tubos de cultivo

- **Desinfección:** Los sistemas de recirculación, están en el centro de atención como medio de transmisión del temido patógeno Pythium y otros. Sin embargo, los tratamientos y las técnicas para prevenirlos han florecido en la industria hidropónica, Se sugiere poner atención al lavado y desinfección de los ductos, así como a los contenedores de agua madura, para asegurar la eliminación de todo aquel elemento contaminante que pueda comprometer la producción.



Figura 43. Agua a presión con la parte interna del tubo de cultivo con hidrojet
Fuente: Estaciónn IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

La limpieza del sistema inicia lavando el interior de los tubos con ayuda de agua y un porcentaje de cloro, lo puedes realizar con ayuda de un cepillo o un hidrojet, tallando bien los ductos para desprender partes las plantas y todo el polvo adherido. Para tener mejores resultados se recomienda repetir varias veces esta actividad para garantizar la eliminación de cualquier agente contaminante.



Tabla 5. Preparación de la solución clorada al 0.05%.

Capacidad del recipiente: 20 Litros	
Agua	20 litros
Lejía	10 mililitros

Enseguida va a ser necesario enjuagar con abundante agua para eliminar todos los residuos de cloro. Este proceso también debe repetirse para el tanque de almacenamiento de agua madura.

La limpieza termina secando el sistema NFT por la parte exterior con la ayuda de una franela. No lo olvides, después de cada cosecha es importante realizar esta actividad aún si no se presentó ningún problema durante todo el ciclo, lo mejor es prevenir y más en este tipo de sistemas acuapónicos donde la diseminación de enfermedades es muy dinámica y fácil, al estar todas las plantas en contacto con el agua madura.



Materiales e insumos para la desinfección

Tabla 6. Materiales para la desinfección clorada al 0.05%.

NOMBRE		Características
Franela	 <p style="text-align: center;">Fig. 5</p>	Medida: 35 x 50 cm
Hisopo	 <p style="text-align: center;">Fig. 6</p>	Hidro lavadora - Hidrojet
Balde	 <p style="text-align: center;">Fig. 7</p>	Balde de plástico con capacidad de 20 litros (graduado)
Jarra	 <p style="text-align: center;">Fig. 8</p>	Jarra de plástico con capacidad de 2 litros (graduado)
Guantes	 <p style="text-align: center;">Fig. 9</p>	Guantes látex.
Lejía	 <p style="text-align: center;">Fig. 10</p>	Lejía comercial.

9.3. Trasplante

Trasplante es el proceso de extraer una especie del lugar donde se está desarrollando y plantarla en un lugar diferente. Para trasplantar un plantín debe reunir algunas características como por ejemplo en el caso de la lechuga, esta debe de presentar la tercera hoja verdadera en crecimiento y una zona radicular con buen estado de desarrollo.



Figura 44. Bandeja germinadora con plantines de 23 días de desarrollo.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

En algunas hortalizas el tiempo del plantín en la bandeja germinadora oscila entre 22 a 25 días, tiempo que garantiza las características requeridas para el trasplante, es el caso de la lechuga, espinaca y albaca. El trasplante en un sistema acuapónico NFT es el procedimiento de extraer el plantín de la bandeja germinadora y colocarlo en una canastilla hidropónica. Los plantines no deben ser trasplantados en una edad muy avanzada ya que estos entran en un estado de alto estrés y como consecuencia se pierde la homogeneidad del cultivo.



Figura 45. Canastilla hidropónica como medio de anclaje para el plantín.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Luego de poner el plantín en la canastilla se procede a colocarlo en los tubos de cultivo del sistema NFT teniendo en cuenta que la raíz del plantín tenga contacto con el agua madura para asegurar la hidratación de la planta. El agua debe tocar apenas la base de la canastilla para evitar la infección del tallo por hongos que se transmiten por agua, como Botrytis.



Figura 46. Plantín de apio en sistema NFT.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección



Figura 47. Plantín de lechuga en sistema NFT.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

9.4. Riego

El riego en un sistema acuapónico NFT se da bajo la técnica de la lámina de nutrientes que consiste en una capa muy fina de agua madura que resbala sobre un tubo y va regando las raíces de las plantas. El agua madura consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma única, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente.

9.5. Sanidad

La sanidad vegetal en acuaponía constituye uno de los pilares fundamentales en la producción, ya que supone la defensa de los cultivos contra los daños producidos por las plagas y enfermedades que amenazan la calidad, la seguridad de los alimentos y la rentabilidad del sistema.

Plaga. - Son todos aquellos insectos que pueden causar daño o deterioro en las plantas.

Enfermedades. - Son las respuestas de los tejidos vegetales a los microorganismos patogénicos o a factores ambientales que determinan un cambio adverso en la forma, función o integridad de la planta. En las condiciones en las que se trabaja los sistemas acuapónicos NFT pueden llegar a ser peligroso el uso de insecticidas químicos tanto para las personas que aplican, los animales que están en el entorno y las mismas personas que las consumen ya que siempre quedan residuos que son dañinos para nuestra salud.

Para evitar el uso de productos químicos se propone implementar un control fitosanitario preventivo de plagas y enfermedades:

- 1. Control cultural:** Dentro del proceso normal de la producción acuapónica se incluye algunas prácticas agrícolas como medidas preventivas con el propósito de generar un ambiente menos favorable para el desarrollo de plagas y enfermedades.
- 2. Control mecánico:** Abarca las técnicas más simples de la lucha contra las plagas, consisten en la eliminación directa de insectos y órganos infectados de las plantas, así como evitar que estos alcancen tu cultivo colocando barreras y trampas.
 - **Revisiones diarias:** En estas revisiones se trata de detectar la presencia de insectos adultos (que busca donde poner sus huevos) y destruirlos. También nos ayudan a tomar decisiones en el momento de aplicación para combatir enfermedades.





Figura 48. Revisión diaria de plantas como control mecánico.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

La revisión diaria o cada dos días del área de acuaponía disminuirá en gran parte las plagas, debido a que hay una eliminación constante de los insectos y de esa manera se rompe su ciclo de vida.

- **Trampas:** Trampas adhesivas o pegajosas están hechas por lo general de plástico, son de colores brillantes como el azul o el amarillo, estas pueden ser impregnadas de aceite o grasa transparente para que el insecto se pegue al pararse.

Los tres objetivos del trampeo son:

1. La detección: Determinar si las especies están presentes en un área. Permite el monitoreo.
2. La delimitación: Determinar los límites del área considerada como infestada o libre de la plaga.
3. El monitoreo: Verificar de manera continua las características de una población plaga.



Colocar banderas de plástico de color amarillo intenso impregnadas con aceite de motor, pero no aceite quemado. El color amarillo atrae a muchas

especies de insectos que, al posarse sobre la bandera, se quedan pegados. Mayor efectividad para el caso de mosca blanca (*Bemisia tabaci*).



Figura 49. Trampa etológica.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

- **Eliminación de plantas u órganos enfermos.** Con esto evitaremos el crecimiento de áreas con infección.



Figura 50. Eliminación de órganos afectados.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección



Figura 51. Eliminación de plantas viróticas que se comportan como hospedantes de plagas.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Preparación de insecticidas orgánicos

Tabla 7. Para la aplicación se mide 30 ml del extracto que desee utilizar en un litro de agua, la dosis puede cambiar según la recomendación del responsable del cultivo).

Especie Vegetal	Cantidad	Dosis del extracto x lt.	Control de plaga
Ajo y cebolla	Una cabeza de ajo y una cebolla mediana	500 ml	Control de mosca blanca
ajo	100 gramos de bulbo	150 ml	Control de pulgones
Eucalipto	150 gramos de hoja	100 ml	Control de insectos
Canela	100 gramos en polvo	100 gr	Preventivo de oidium



La preparación de los extractos para cualquiera de las especies vegetales a utilizar es el mismo. Primero se macera completamente por 2 a 3 días luego se coloca en un colador para extraer la parte jugosa. Este extracto se coloca en el fuego hasta que hierva. Luego se deja enfriar y ya está listo para ser utilizado.



Figura 52. Aplicación de insecticidas orgánicos.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

Es importante mencionar que los extractos de plantas sirven en muchas ocasiones como repelentes, por lo que es conveniente ir rotando las aplicaciones. Por ejemplo, una semana extracto de ajo y la siguiente semana extracto de eucalipto, etc. Esto se hace con el fin de que las plagas no desarrollen tolerancia a dichos extractos, con lo que las fumigaciones ya no servirán.

9.7. Cosecha

La cosecha se realiza de forma manual (utilizando las manos).

- **Cosecha manual:** Para realizar esta labor se recomienda utilizar guantes de látex. Esto garantizará una manipulación limpia del cultivo.



Figura 53. Es importante tratar a las plantas con paciencia y cariño.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

En la cosecha nunca se debe arrancar las plantas ya que se pueden lastimar, hasta de manera permanente. Los daños que se ocasionan pueden debilitar a la planta y como consecuencia facilitar el ingreso de enfermedades (hongos, bacterias, virus) o atraer insectos plaga que lleven a perder el cultivo.



Figura 54. El momento ideal para la cosecha de lechuga es cuando sus hojas se encuentran bastante tupidas entre sí, la planta debe tener un diámetro de 20 a 25 cm.

Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

La cosecha de hoja se puede realizar de esta manera: sacar la planta con toda su raíz coloca una mano alrededor del tallo y luego jala suavemente evitando dejar raíces en los tubos de cultivo.

Después de retirar la lechuga de los tubos de cultivo, quitar por lo general las hojas basales que por reposo de la misma planta en los tubos de cultivo tienen daños, por ello se procede a retirarlas y mantenido de esta forma la estética de la planta.

Las plantas que se cosechan tienen un peso promedio de 200 a 300 gramos cada una como se muestra en la figura siguiente.





Figura 55. (Tiempo aprox. de la planta para la cosecha: 5 semanas.)
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

La planta queda cosechada con toda su raíz porque ella le asegura más tiempo en estantería, el tiempo de estantería es aproximado es de 4 a 5 días este dato es muy importante para los restaurantes porque así evitan pérdida de sus vegetales y las tendrán a disposición durante más tiempo.



Figura 56. Tiempo de estantería es aproximado es de 4 a 5 días Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

9.8. Post – cosecha

La postcosecha se refiere a todas las actividades que se realizan entre la cosecha y el consumo de los productos del área de acuaponía. Aunque lo ideal es cosechar y consumir de inmediato, esto no siempre es posible. Por ello, es importante aprender a almacenar y conservar alimentos.

Existen varias alternativas para almacenar las hortalizas para conservarlas por más tiempo. Antes de almacenar, sin embargo, se recomienda seleccionar los productos. Si algo está podrido, marchito, con manchas u otros imperfectos es mejor no almacenarlo.

Lo que usamos para almacenar las lechugas acuapónicas son bolsas y jabas.

Medida de bolsa: 12 x 17

Medida de jaba:

Largo. 60 cm

Ancho. 40 cm

Altura. 35.5 cm

Después de una cosecha, es importante lavar las hortalizas para sacar cualquier impureza o residuo y reducir el riesgo de contraer algún malestar.

El empaque de las lechugas debe de ser como se muestra en la imagen siguiente es recomendable no cubrir toda la lechuga para evitar asfixiar a la planta. En cada bolsa va una sola lechuga y en la jaba su capacidad es de 12 lechugas, de tal manera que el producto llega sin incomodidad a su destino.



Figura 57. Jaba cosechera, su capacidad es de 12 lechugas.
Fuente: Estación IMARPE-área Acuapónico 2da Sección

10. MANEJO DE LA PRODUCTIVIDAD EN PECES

10.1 Manejo de Efluentes

Desinfección. – Se realizó el lavado de 2 estanques (E3-E4) tanto de las paredes y la parte de fondo, para así evitar la presencia de algún agente patógeno. Se realizó el acondicionamiento de las tuberías de salida de agua

10.2 Parámetros fisicoquímicos

Dentro de los principales parámetros fisicoquímicos manejados y tomados durante la etapa productiva de los meses de trabajo (junio 2022 a enero 2023) se consideraron bajo el sistema de invernadero los siguientes: temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad y TDS. Los promedios mensuales de cada parámetro se pueden observar en la tabla 08.

Tabla 8. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos durante los meses productivos.

PARAMETRO	MES							
	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
T°	21.90	20.43	24.73	25.66	30.58	30.52	31.28	30.18
pH	8.18	8.25	8.83	8.65	7.61	7.58	7.55	7.54
O ₂ (mg/l)	7.57	8.35	8.87	8.72	7.40	7.25	7.36	7.28
Salinidad (ppm)	0.63	0.80	0.41	0.48	0.55	0.45	0.61	0.51
TDS (mg/l)	1106.69	1228.25	936.15	999.79	1413.85	1325.24	1325.86	1285.36

Como podemos observar, la temperatura de los primeros meses productivos fue considerablemente bajo respecto de lo óptimo para los cultivos de especies de tilapia, específicamente *O. niloticus*, cuyo rango óptimo de crecimiento está por sobre los 25 °C (Jover et al., 2003). Ello por la presencia del Evento la Niña, que considero meses muy fríos para la zona costera de Huacho.

Posteriormente, a partir del mes de Setiembre las condiciones ambientales fueron más calidas (Temperatura ambiente promedio: 23°C), motivo por lo que dentro del sistema invernadero, la temperatura ambiente se elevó hasta los 28 °C, resultando en una temperatura del agua de cultivo en 26°C de promedio.

A partir del mes de Setiembre, las condiciones de cultivo fueron óptimas para la temperatura del agua y para el metabolismo de *O. niloticus*, lo cual se vio reflejado en sus valores productivos de ganancia de peso.



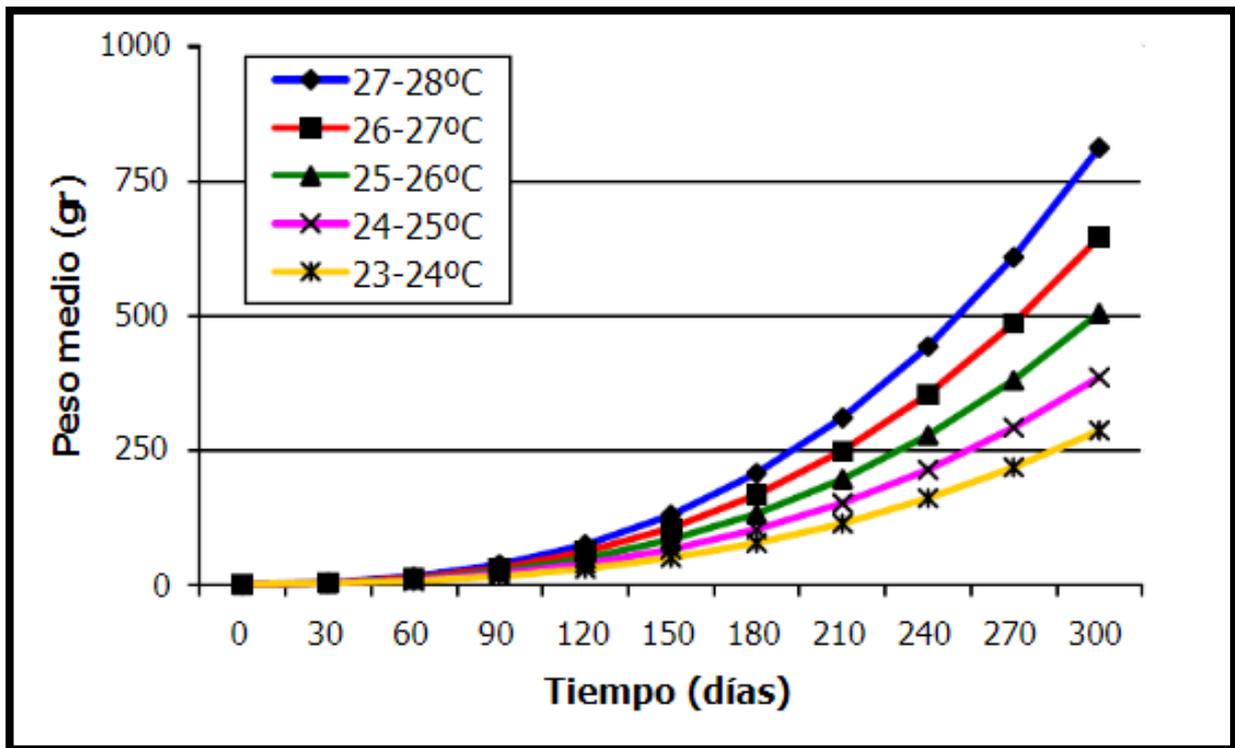


Figura 58. Ganancia en Peso por tiempo en días de *O. niloticus* cultivada bajo diferentes rangos de temperatura. Fuente: Jover et al., 2003.-

Los valores de pH, se mantuvieron de acuerdo a la temperatura del agua y sus valores se encontraron dentro del rango adecuado para el adecuado mantenimiento de las condiciones fisiológicas basales tales como la respiración.

El oxígeno disuelto, fue proporcionado por un sistema Venturi. El sistema Venturi es un dispositivo típicamente en forma de "T" el cual es instalado en dirección al flujo del agua y posee una reducción en la entrada y otra en la salida, perpendicular al flujo existe una salida atmosférica, en el centro del mismo existe un espacio vacío denominado cámara de mezclado, donde se produce la presión diferencial que fuerza al aire a entrar en la cámara de mezclado y saturar el agua para luego ser expulsada.

Para el sistema RAS se emplearon Sistema Venturi de 250 m³/h, con capacidad suficiente para oxigenar como mínimo 25 m³. Los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron por sobre 6.00 (mg/L) durante todos los meses productivos.

Respecto de los siguientes parámetros como la salinidad y los TDS también se encontraron dentro de lo adecuado.

Los valores de seguimiento diario se encuentran en los anexos a este documento.





Figura 59. Sistema Venturi

10.3 Preparación del Estanque

Desinfección. – Se realizó el lavado de 2 estanques (E3-E4) tanto de las paredes y la parte de fondo, para así evitar la presencia de algún agente patógeno. Se realizó el acondicionamiento de las tuberías de salida de agua de los estanques para así mantener el nivel de agua y la salida de los residuos sólidos. Se recepcionó el agua en los 2 estanques circulares de engorde y 1 estanque independiente (A1) para así comenzar a recircular el agua e iniciar la maduración. Se colocó plástico negro en la parte superficial del estanque para así evitar la rápida proliferación de las algas y microalgas.

Una vez que se realizó la instalación y se comprobó que no hubiera fugas en el biofiltro con la bomba recirculando el agua por todo el sistema, se mantuvo así funcionando durante 4-6 semanas, sin peces ni plantas, para que proliferen las bacterias y microorganismos, y así puedan colonizar toda la instalación. Este es el tiempo para que se cargue y active el biofiltro de la instalación. Estas 4-6 semanas se pueden reducir considerablemente si se añade directamente bacterias nitrificantes al agua.

10.4 Aclimatación y siembra

Los peces se adquirieron de la zona de Tarapoto un total de 4,000 peces, traídas en bolsas térmicas con su respectiva oxigenación. Antes de la siembra de los peces se procedió a igualar la temperatura del agua de transporte y del agua del estanque circular. Por lo general, esto requiere de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor a 3° C es tolerable. Durante este procedimiento se realizó el recambio del agua y aclimatación de los peces, las bolsas plásticas estuvieron flotando sobre la superficie del agua donde estos van a ser liberados. Luego, se permitió a los peces nadar fuera de las bolsas térmicas hacia su nuevo espacio de cultivo. Por ningún motivo se arrojó al estanque de forma directa ya que en esta etapa los peces pueden ser fácilmente heridos por un mal manejo o manipulación, ya que estarán débiles debido al transporte. Por lo tanto, se les permitió nadar en el estanque y se observó durante 1 hora aproximadamente para así poder evidenciar cualquier cambio anómalo que se pueda presentar.

10.5 Aclimatación de los peces

La alimentación se realizó de manera diaria dividida en raciones iguales durante el transcurso del día y así el sistema pueda funcionar correctamente, también se realizó la medición de parámetros fisicoquímicos como el pH que oscila de 6,5- 7, no mucho más allá de 7,5. Por lo tanto se midió con frecuencia el pH del agua, porque esto dio una idea muy certera de cómo está funcionando el sistema acuapónico. A estos valores de 6,5-7, los peces, plantas y bacterias viven a gusto y hacen bien su trabajo manteniendo además productivo el sistema.

Nota:

A pH por encima de 7,2-7,5, las plantas no pueden absorber los nutrientes por completo (como el hierro), y a pH por debajo de 6-6,5 la actividad de las bacterias se hace más lenta y se puede frenar la nitrificación acumulándose peligrosamente los nitritos y el amoníaco.

Desde el momento que se introdujo los peces y las plantas se comenzó a añadir el alimento balanceado de marca AQUATECH a los estanques de siembra, la acción de las bacterias y la respiración de los peces va a hacer que el pH del agua comience a bajar. Se pudo reducir el pH hasta por lo menos 7,2 y son las bacterias quienes se encargan de este trabajo, pudiendo tardar desde unas semanas hasta unos meses.

La velocidad de esta bajada dependió del número de peces que tenemos y de su peso total (biomasa total). A mayor biomasa de los peces, más comerán, por lo tanto,

[pág. 74](#)



J. FLORES

más desechos se acumulaban en los decantadores y se realizó el recambio de agua unas 2 veces/día, cuyo resultado se vio reflejado en la disminución del pH. Sin embargo, como de vez en cuando se repuso de agua al sistema acuapónico por las pérdidas de evaporación y evapotranspiración de las plantas.

Lo que se hizo fue añadir agua al estanque que se utilizó para poder reponer las pérdidas por evaporación. Esta agua se tubo almacenada en un tanque de 1000 L (Rotoplas) donde con la ayuda de baldes de 20L se sacó para su reposición. Finalmente, y tras varios meses de trabajo de las bacterias, el pH del agua de la instalación seguirá bajando, incluso hasta cerca de 6.7, se tomó ciertas consideraciones:

- Se añadió agua de caño al sistema acuapónico, lo que aportará carbonatos.
- También se realizó la medición con cierta frecuencia como la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua. La temperatura, para asegurarnos que los peces están viviendo en un intervalo óptimo.
- Se estuvo atento a estos cambios y se midió el oxígeno en el estanque de los peces al menos cada 15 días. El oxígeno no sólo es importante para los peces, sino para que las bacterias descompongan bien los desechos de los peces y así las raíces de las plantas absorban sin problemas los nutrientes que contiene el agua.
- Por último, se llegó a medir el nivel de nitratos en el agua, también cada 15 días.

Trabajo diario:

Se eliminó los restos de sólidos y materia orgánica que se fueron depositando en el fondo de los decantadores y del filtro mecánico, esto se dio debido al aumentar la densidad de peces por lo tanto se aumentó la frecuencia de la limpieza en general.

Se realizó la limpieza de los biofiltros y biobolas, la misma operación para poder eliminar la materia orgánica, que también se fueron depositando dentro de los poros de la las biobolas, terminando por taponearlas y no dejando que entre el oxígeno para que trabajen bien las bacterias.



Al menos 1 vez al mes en función a la densidad de peces. Y por supuesto se realizó el mantenimiento y limpieza de la bomba de succión al menos 3-4 veces al mes, porque los sólidos también van adhiriéndose al eje y a otras partes de la misma, bajando su capacidad para mover e impulsar el agua.

10.6 Tipo de Alimentos y Calculo de Raciones

En este caso la cantidad de alimento que se suministra es acorde a la tabla de alimentación elaborada por la planta de alimento donde se requiere realizar ciertos pasos:

- La medición de la temperatura se realiza 3 veces al día (mañana, medio día y tarde) y así obtener una temperatura promedio.
- Se utiliza cuadros de producción donde se hace seguimiento a la biomasa incrementada que se tiene en el estanque.
- La T.A (tasa de alimentación), se utiliza ya de la tabla del proveedor del alimento balanceado.
- Formula: cantidad de alimento= biomasa x T.A%

Recomendaciones:

El trabajo es de manera diaria y trabajar con formatos de producción para poder llevar un mejor control en todo el sistema de manejo de peces.

10.7 Productividad mensual

La productividad mensual, tal cual se detalló en el punto 10.3, estuvo determinada en gran parte por la maduración del agua y la temperatura promedio obtenida.

A continuación, se detalla mes a mes los valores obtenidos en cuanto a la biometría y con ello determinada las tasas de alimentación.

La biometría, se realizó cada 7 – 8 días al mes, siendo un total de 4 tomas de frecuencia cuasi-semanal.



JUNIO

BIOMASA:	7.53
# DE INDIVIDUOS:	4,000
PESO UNITARIO (g)	1.9
TALLA(cm):	2.8
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	0.60
RACIÓN: g	120.43
TIPO DE ALIMENTO:	POLVILLO
MORTALIDAD	880
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	888.9
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	1.7

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
1.30	2.00	1.50	2.50	2.00	2.90	2.50	3.20
1.10	2.30	1.50	2.70	2.00	2.80	2.50	3.40
1.50	2.00	1.50	2.80	1.80	3.00	2.60	3.60
1.50	2.10	1.60	2.50	2.30	2.80	2.60	3.80
1.50	2.00	1.70	2.50	2.00	3.20	2.70	3.50
1.20	2.20	1.60	2.40	1.90	2.80	2.70	3.80
1.00	2.20	1.40	2.70	1.90	3.00	2.70	3.40
1.50	2.10	1.50	2.70	2.00	3.00	2.70	3.70
1.50	2.20	1.50	2.60	2.10	3.20	2.50	3.60
1.10	2.00	1.70	2.50	2.20	3.20	2.30	3.70
1.50	2.00	1.70	2.60	2.00	3.20	2.40	3.40
1.40	2.00	1.70	2.40	2.20	3.00	2.60	3.30
1.50	2.40	1.40	2.40	2.20	3.10	2.70	3.60
1.40	2.40	1.70	2.50	1.90	2.90	2.50	3.30
1.40	2.10	1.70	2.50	1.80	2.90	2.50	3.50



JULIO

BIOMASA:	10.89
# DE INDIVIDUOS:	3,120
PESO UNITARIO (g)	3.5
TALLA(cm):	4.7
T.A:	8.00%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	0.87
RACIÓ:	174.22
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 45
MORTALIDAD	580
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	693.3
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	2.4

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
2.60	3.90	3.50	4.30	3.70	4.90	4.00	6.10
3.20	3.60	3.40	4.60	3.50	5.00	4.20	6.00
2.80	3.90	3.50	4.30	3.70	4.30	3.80	5.90
3.10	3.80	3.20	4.60	3.80	4.30	4.00	6.20
2.60	3.80	3.20	4.00	3.50	5.00	3.90	6.20
3.00	3.60	3.50	4.60	3.60	4.60	3.90	6.30
2.90	3.80	3.40	4.20	3.40	4.60	3.90	6.10
3.20	3.70	3.20	4.50	3.60	4.30	4.00	5.90
3.20	3.60	3.50	4.30	3.40	4.80	4.20	6.10
3.00	3.90	3.50	4.30	3.80	4.50	3.90	5.80
3.20	3.70	3.30	4.60	3.50	4.40	3.80	6.20
3.10	4.00	3.30	4.60	3.70	4.40	4.00	6.30
3.10	4.00	3.20	4.20	3.50	5.00	3.90	5.90
3.20	3.70	3.30	4.50	3.60	4.40	4.20	5.90
2.90	3.60	3.40	4.00	3.80	4.60	4.10	6.30

AGOSTO

BIOMASA:	19.95
# DE INDIVIDUOS:	2540
PESO UNITARIO (g)	7.9
TALLA(cm):	7.5
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	1.60
RACIÓN:	319.24
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 40
MORTALIDAD	110
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	564.4
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	4.4

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
6.00	6.50	8.00	7.00	9.00	7.80	10.50	8.30
5.70	7.00	7.40	7.30	8.80	7.50	9.60	8.40
5.20	7.00	7.90	7.30	8.90	7.30	9.80	8.70
5.50	6.80	7.30	6.90	8.30	7.70	9.60	8.80
4.70	6.60	7.70	6.90	8.90	7.60	10.20	8.70
4.70	7.00	8.00	7.10	8.80	7.70	9.50	8.70
5.00	7.00	7.00	7.30	8.40	7.70	9.80	8.50
5.70	7.00	7.40	7.10	8.50	7.30	10.50	8.70
5.40	6.60	8.00	7.30	8.20	7.40	9.90	8.60
5.60	6.70	7.90	7.10	8.90	7.30	10.20	8.80
5.40	6.70	7.40	7.10	8.40	8.00	10.50	8.60
5.50	6.80	7.00	7.00	8.20	7.30	9.70	8.40
5.00	6.80	7.10	7.30	8.60	7.50	9.60	8.20
5.70	6.80	7.80	7.30	8.00	7.30	9.60	8.60
5.00	6.70	7.10	6.90	8.80	7.40	10.10	8.80



SETIEMBRE

BIOMASA:	33.36
# DE INDIVIDUOS:	2430
PESO UNITARIO (g)	13.7
TALLA(cm):	10.1
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	2.67
RACIÓN:	533.77
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 40
MORTALIDAD	20
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m ³)	540.0
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m ³)	7.4

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
11.50	9.30	13.40	9.80	15.00	10.10	16.20	11.00
12.00	8.80	12.70	9.70	15.00	10.40	16.30	11.60
11.70	8.90	13.20	9.80	14.70	10.20	15.90	11.60
11.30	8.80	12.20	9.30	14.00	10.00	16.70	11.20
11.10	8.90	12.00	9.70	15.30	10.00	16.20	12.10
11.50	9.00	12.20	9.50	14.80	10.00	16.60	11.70
11.40	8.90	12.30	9.50	14.50	10.20	16.50	12.20
11.30	8.80	13.20	9.30	14.10	10.10	16.10	12.00
11.50	8.80	12.10	9.90	15.20	10.30	16.10	11.70
11.40	9.30	12.20	9.80	14.00	10.20	16.30	11.50
11.80	8.80	12.40	9.70	14.10	10.30	16.00	11.50
11.10	9.20	12.10	9.80	15.20	10.30	16.40	12.10
11.30	9.30	13.10	9.50	15.40	10.50	16.30	11.40
11.40	9.20	12.40	9.60	14.00	10.10	16.10	12.20
11.50	9.10	12.20	9.60	14.00	10.20	16.40	11.70



OCTUBRE

BIOMASA:	65.13
# DE INDIVIDUOS:	2410
PESO UNITARIO (g)	27.0
TALLA(cm):	14.3
T.A:	6%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	3.91
RACIÓN:	781.56
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 40
MORTALIDAD	12
TANQUE	ENGORDE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	120.5
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	3.3

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
19.90	12.30	24.00	13.50	29.10	14.10	36.20	14.00
19.20	12.70	22.00	13.30	30.60	14.00	37.30	14.60
20.60	12.40	23.60	12.50	30.30	14.10	32.40	14.60
19.20	12.60	25.40	12.90	28.80	13.50	32.90	14.60
19.50	12.10	22.40	12.50	29.50	13.80	32.00	14.10
18.60	12.90	23.30	13.10	28.00	14.10	32.00	13.90
18.60	12.90	27.20	13.30	30.10	13.80	37.20	13.90
20.70	12.70	24.50	13.10	29.00	13.60	35.50	13.90
20.70	12.30	24.60	13.20	26.50	13.90	38.00	14.10
18.90	12.80	24.00	12.90	30.50	13.80	37.70	14.60
19.70	12.90	25.90	13.40	30.40	13.80	34.20	14.60
18.10	12.40	23.60	12.50	27.20	14.10	37.80	14.60
18.80	12.30	25.60	12.90	28.90	13.90	33.70	14.10
18.80	12.70	25.00	13.20	29.30	13.50	37.40	14.50
18.40	12.60	22.90	13.50	30.30	13.90	35.00	14.30



NOVIEMBRE

BIOMASA:	113.38
# DE INDIVIDUOS:	2398
PESO UNITARIO (g)	47.3
TALLA(cm):	17.2
T.A:	6%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	6.80
RACIÓN:	1360.58
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 35
MORTALIDAD	10
TANQUE	ENGORDE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	119.9
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	5.7

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
41.20	14.50	45.90	16.10	46.00	16.20	54.10	17.40
43.10	15.50	44.60	15.60	45.30	16.70	54.30	17.20
41.80	14.60	46.40	15.80	45.70	16.20	55.00	17.20
43.00	14.80	43.70	16.00	46.20	16.60	53.30	17.10
40.50	14.60	46.50	16.50	46.00	16.80	56.80	17.10
42.10	14.90	43.10	15.90	47.30	16.90	57.50	17.20
43.40	14.50	46.30	15.60	48.70	16.70	53.60	17.20
42.60	14.70	46.30	15.90	45.20	17.10	55.50	17.50
41.90	14.60	43.60	15.70	45.10	16.20	55.50	17.30
41.00	14.70	42.20	15.90	48.60	16.50	54.30	17.10
42.60	14.80	44.80	16.00	47.80	16.60	53.40	17.20
41.30	15.20	46.30	16.40	46.00	17.20	57.80	17.10
42.80	15.40	45.90	16.40	50.00	16.90	53.50	17.00
41.30	14.80	44.60	15.60	46.70	16.60	53.50	17.60
42.70	15.40	45.60	16.30	49.20	17.20	57.90	17.40



DICIEMBRE

BIOMASA:	272.33
# DE INDIVIDUOS:	2388
PESO UNITARIO (g)	114.0
TALLA(cm):	21.5
T.A:	6%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	16.34
RACIÓ:	3267.93
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 32-28
MORTALIDAD	0
TANQUE	ENGORDE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	119.4
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	13.6

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
65.40	18.10	76.90	18.90	91.60	20.00	112.00	21.30
60.30	17.60	79.10	18.60	97.30	19.50	113.00	21.60
67.40	17.80	78.80	19.40	93.60	19.70	114.00	21.20
64.40	18.00	72.50	18.70	91.30	19.90	119.20	21.60
67.80	17.90	84.40	18.90	94.90	19.60	116.10	21.90
61.30	17.80	71.80	18.60	90.70	19.50	111.60	21.80
69.60	18.10	81.80	19.00	90.50	19.90	114.10	21.50
62.50	17.70	79.30	19.20	93.60	19.50	118.10	21.10
63.10	18.20	74.10	18.60	93.40	19.90	118.00	21.10
66.00	17.60	70.60	18.70	97.70	20.00	110.60	22.00
66.50	17.70	70.60	18.90	98.90	19.80	113.50	21.10
68.90	17.50	77.90	19.50	91.50	19.60	113.10	21.90
62.40	17.70	75.60	19.10	93.70	19.50	110.40	21.00
63.10	17.80	74.30	19.00	93.50	20.00	115.90	21.10
60.00	17.90	83.80	18.50	91.20	19.70	111.00	21.60



ENERO

BIOMASA:	567.80
# DE INDIVIDUOS:	2388
PESO UNITARIO (g)	237.8
TALLA(cm):	27.0
T.A:	4%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	22.71
RACIÓN:	4542.42
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 28
MORTALIDAD	0
TANQUE	ENGORDE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	119.4
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	28.4

Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
156.10	22.00	199.40	24.50	245.20	25.60	280.10	27.30
150.90	23.20	199.50	22.60	238.90	26.40	270.20	26.70
142.00	22.90	202.10	24.10	242.90	26.60	276.70	26.40
140.30	23.80	181.60	24.60	226.90	25.90	281.30	27.50
151.80	23.80	191.00	23.50	248.90	26.70	271.00	26.20
159.10	23.10	203.30	23.70	243.50	26.80	278.00	26.10
154.80	22.40	180.40	24.90	250.10	26.50	277.30	26.80
154.10	23.40	181.60	24.10	213.80	25.20	284.60	26.60
142.30	24.00	193.70	22.00	245.20	25.90	272.70	27.70
152.70	22.70	180.20	23.40	232.80	25.90	276.20	27.20
155.20	22.10	204.30	22.60	254.50	25.40	277.60	27.00
143.80	23.10	200.00	24.90	233.30	26.90	279.40	27.00
157.10	23.60	180.20	24.20	254.70	25.70	285.00	27.50
156.70	24.00	198.20	24.60	259.80	25.80	284.60	27.90
156.20	22.00	195.20	24.80	246.30	25.80	277.60	26.50



10.8 Producción

Durante el desarrollo productivo del módulo piloto se realizaron 2 campañas de producción de peces, enfocadas principalmente en el cultivo de Tilapia. La primera siembra se realizó en junio de 2022 adquiriendo 4,000 peces y una segunda siembra de 3,000 peces a finales del mes de setiembre de 2022; llegándose a comercializar 557 kg de tilapia, además cabe resaltar que se le entregó a las beneficiarias 35 kg de tilapia y quedaron en los tanques del módulo acuapónico alrededor de 2,200 peces entre "colas" de la primera campaña y juveniles de la segunda campaña.

Las altas mortalidades de la primera campaña se debieron a la lenta maduración del sistema RAS debido a las complicaciones presentadas por inconvenientes en equipamiento como las tinas de fibra de vidrio, dado a que estas fugas continuamente requerían el cambio de agua ante posibles eventos de reparación.

La producción de la campaña 2 se muestra a continuación;

OCTUBRE

BIOMASA:	6.07
# DE INDIVIDUOS:	3,000
PESO UNITARIO (g)	2.0
TALLA(cm):	2.6
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	0.49
RACIÓN: g	97.17
TIPO DE ALIMENTO:	POLVILLO
MORTALIDAD	450
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	666.7
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	1.3



Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
1.30	2.20	1.40	2.40	2.30	3.00	2.40	3.70
1.20	2.40	1.70	2.50	2.00	2.90	2.40	3.40
1.10	2.20	1.50	2.50	1.80	2.90	2.70	3.80
1.10	2.10	1.60	2.60	2.10	2.80	2.70	3.70
1.40	2.20	1.70	2.70	2.20	2.80	2.40	3.30
1.00	2.00	1.50	2.50	1.80	3.10	2.50	3.30
1.10	2.30	1.70	2.60	2.00	2.90	2.70	3.30
1.30	2.20	1.40	2.60	2.10	3.10	2.60	3.80
1.50	2.00	1.70	2.50	1.90	3.00	2.30	3.80
1.30	2.40	1.50	2.80	2.30	3.20	2.50	3.80
1.40	2.30	1.60	2.70	1.80	2.90	2.70	3.80
1.30	2.20	1.50	2.70	2.00	3.10	2.50	3.80
1.00	2.00	1.40	2.70	2.20	2.90	2.30	3.60
1.00	2.10	1.50	2.60	1.90	3.00	2.30	3.70
1.10	2.20	1.60	2.40	1.90	2.90	2.50	3.20

NOVIEMBRE

BIOMASA:	9.35
# DE INDIVIDUOS:	2,550
PESO UNITARIO (g)	3.7
TALLA(cm):	4.2
T.A:	8.00%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	0.75
RACIÓN:	149.60
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 45
MORTALIDAD	130
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	566.7
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	2.1



Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
3.10	3.60	3.20	4.50	3.50	4.60	4.20	6.10
3.00	4.00	3.20	4.00	3.60	4.30	3.90	6.40
2.80	4.00	3.30	4.50	3.60	4.80	4.20	5.80
2.90	3.70	3.30	4.30	3.40	4.50	3.90	5.80
3.20	3.60	3.30	4.20	3.80	4.70	3.90	6.20
2.80	3.60	3.30	4.00	3.40	4.70	4.10	5.90
2.70	3.60	3.50	4.20	3.70	4.70	4.10	6.50
3.10	3.90	3.40	4.30	3.70	4.90	4.10	6.50
2.70	3.60	3.50	4.50	3.40	4.90	4.00	6.00
2.80	3.60	3.40	4.10	3.80	4.70	4.10	5.80
3.20	3.80	3.30	4.60	3.70	4.30	3.80	6.50
2.80	3.70	3.50	4.00	3.50	5.00	4.00	5.80
2.60	4.00	3.30	4.50	3.70	5.00	4.10	6.40
2.80	3.70	3.20	4.00	3.60	4.60	4.10	5.90
2.60	3.60	3.40	4.10	3.80	4.70	4.20	6.20

DICIEMBRE

BIOMASA:	20.92
# DE INDIVIDUOS:	2,420
PESO UNITARIO (g)	8.6
TALLA(cm):	7.1
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	1.67
RACIÓN:	334.65
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 40
MORTALIDAD	110
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	537.8
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	4.6



Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
5.10	6.60	7.30	7.20	8.80	7.80	9.50	8.60
5.10	6.60	7.60	7.10	8.00	7.50	9.70	8.50
6.00	6.50	7.40	7.00	8.60	7.50	10.40	8.20
4.80	6.70	7.60	7.20	8.60	7.50	10.40	8.20
5.70	6.80	7.80	7.10	8.90	8.00	9.60	8.20
4.80	6.70	8.00	7.20	8.00	8.00	10.20	8.60
5.00	6.90	7.10	6.80	8.20	7.40	9.60	8.20
5.10	6.90	7.90	6.90	8.10	7.40	10.50	8.80
5.10	6.80	7.00	6.90	8.60	7.70	9.90	8.50
5.50	6.50	8.00	7.20	8.50	8.00	9.50	8.60
4.70	6.90	7.50	7.00	8.70	7.90	9.90	8.20
4.60	6.60	8.00	7.00	8.10	7.60	9.90	8.40
5.20	6.50	7.30	7.00	8.00	8.00	10.40	8.80
4.80	6.50	7.60	7.20	8.30	7.50	10.00	8.40
5.90	6.50	7.50	6.90	8.20	7.30	9.70	8.80

ENERO

BIOMASA:	33.84
# DE INDIVIDUOS:	2310
PESO UNITARIO (g)	14.6
TALLA(cm):	9.6
T.A:	8%
CANTIDAD DE ALIMENTO:	2.71
RACIÓN:	541.38
TIPO DE ALIMENTO:	Tilapia 40
MORTALIDAD	20
TANQUE	LEVANTE
DENSIDAD DE CULTIVO (peces/m3)	513.3
DENSIDAD DE CULTIVO (biomasa/m3)	7.5



Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Peso (g)	Talla (cm)						
11.00	9.20	13.50	9.70	15.00	10.10	16.80	11.90
11.80	8.90	13.50	9.70	14.80	10.40	16.40	12.30
11.90	8.80	13.00	9.70	14.30	10.40	16.60	11.60
11.80	9.20	12.50	9.30	15.40	10.20	16.80	12.20
11.40	9.10	13.00	9.80	15.10	10.00	16.30	11.50
11.20	9.30	12.50	9.40	14.40	10.40	16.30	11.60
11.80	9.30	13.30	9.40	14.60	10.00	15.90	12.00
11.60	9.10	12.70	9.30	14.50	10.40	16.00	11.90
11.30	8.90	12.50	9.40	14.00	10.10	16.20	11.70
11.20	8.80	13.10	9.90	14.90	10.00	15.80	11.10
11.70	9.00	12.50	9.60	14.00	10.00	16.40	11.40
11.80	9.10	13.40	9.50	14.60	10.00	16.80	11.30
12.00	8.90	13.30	9.90	14.70	10.50	16.40	11.70
11.00	9.10	12.20	9.70	14.40	10.20	16.80	11.70
11.90	8.80	12.30	9.60	14.90	10.30	15.90	11.10



11. MANEJO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SISTEMA AGRONÓMICO

11.1 Desinfección del Sistema NFT

Los sistemas de recirculación están en el centro de atención como medio de transmisión del temido patógeno *Pythium* y otros. Se sugiere poner atención al lavado y desinfección de los ductos, así como a los contenedores de agua madura, para asegurar la eliminación de todo aquel elemento contaminante que pueda comprometer la producción.

La limpieza del sistema inicia lavando el interior de los tubos con ayuda de agua y un porcentaje de cloro, lo puedes realizar con ayuda de un cepillo o un hidrojete, tallando bien los ductos para desprender partes las plantas y todo el polvo adherido. Para tener mejores resultados se recomienda repetir varias veces esta actividad para garantizar la eliminación de cualquier agente contaminante.

La dosis recomendada de lejía para la desinfección de este sistema es de 10ml por cada 20L de agua. Posterior a la desinfección se debe enjuagar con abundante agua, para eliminar los residuos y la lejía que pueda quedar.

Luego de poner el plantín en la canastilla se procede a colocarlo en los tubos de cultivo del sistema NFT teniendo en cuenta que la raíz del plantín tenga contacto con el agua madura para asegurar la hidratación de la planta. El agua debe tocar apenas la base de la canastilla para evitar la infección del tallo por hongos que se transmiten por agua, como *Botrytis*.

11.2 Nivelación

La nivelación es una labor muy importante ya que de eso dependerá la buena oxigenación de las raíces, el nivel de agua debe estar a 5mm de la base del tubo de cultivo, se realiza la prueba de recirculación con el agua madura para ver el flujo y nivel de la película de agua, el agua no debe tocar el tallo de la lechuga ya que puede causar alguna pudrición.

11.3 Trasplante

Trasplante es el proceso de extraer una especie del lugar donde se está desarrollando y plantarla en un lugar diferente. Para trasplantar un plantín debe reunir algunas características como por ejemplo en el caso de la lechuga, esta debe de presentar la tercera hoja verdadera en crecimiento y una zona radicular con buen estado de desarrollo.



Luego de poner el plantín en la canastilla se procede a colocarlo en los tubos de cultivo del sistema NFT teniendo en cuenta que la raíz del plantín tenga contacto con el agua madura para asegurar la hidratación de la planta. El agua debe tocar apenas la base de la canastilla para evitar la infección del tallo por hongos que se transmiten por agua, como Botrytis.

11.4 Monitoreo radicular y vegetativo

El monitoreo radicular y vegetativo se realiza para ir proyectando la viabilidad de la campaña, ver deficiencias en los nutrientes, o si se debe complementar con algún producto foliar para que tenga un correcto crecimiento, generalmente cuando el desarrollo radicular es mayor, el desarrollo de hojas en hortalizas también lo es, lo que se traduce en una planta más grande.

11.5 Monitoreo de plagas y enfermedades

La sanidad vegetal en acuaponía constituye uno de los pilares fundamentales en la producción, ya que supone la defensa de los cultivos contra los daños producidos por las plagas y enfermedades que amenazan la calidad, la seguridad de los alimentos y la rentabilidad del sistema.

Las principales amenazas para el cultivo de lechuga en el sistema acuapónico son "la mosca minadora" la cual genera minas serpenteantes en las hojas inferiores, y el "mildiu de las hortalizas" es un tipo de hongo foliar, sus síntomas se dan a nivel de hojas, estas pierden turgencia en los bordes y avanzan dejando manchas cloróticas alrededor, necrosando el tejido afectado, este hongo se transmite por contacto, es decir, si una hoja de la planta está infectada y roza con otra hoja, esta le transmite el hongo.

Eliminación de órganos infectados

Este es un tipo de control mecánico, abarca las técnicas más simples de la lucha contra las plagas, consisten en la eliminación directa de insectos y órganos muy dañados de las plantas, así como evitar que estos alcancen a propagarse y cortar su ciclo de vida.



Uso de trampas cromáticas

Esta es una trampa para capturar mosca minadora, la cual es la principal plaga que se dio en este sistema acuapónico para esta zona de Huacho, los materiales para fabricarlos son simples, un par de palos como soporte, el plástico amarillo y melaza o aceite quemado. Su funcionamiento consiste en la atracción de los insectos por el color amarillo, estos insectos se denominan "lucífugos", al posarse en el plástico amarillo embadurnado estos quedan adheridos por el aceite quemado provocando su posterior muerte.

11.6 Aplicación de insecticida o fungicida según se requiera

En caso la eliminación manual de órganos infectados o las trampas cromáticas no hayan controlado de manera eficiente, se puede hacer uso de insecticidas orgánicos a base de cebolla y ajo, o a base de canela en polvo. Sin embargo, también tenemos productos químicos, ligeramente tóxicos que se pueden usar como el "Ciclón" el cual es un producto que se usa para el control de la "mosca minadora" la cual es una plaga clave para este cultivo, por otro lado, tenemos un producto antifúngico llamado "Predostar" el cual se usa para el control del "mildiu de las hortalizas" (*Bremia lactucae*), este actúa de forma sistémica, es decir, mata al hongo en cualquier parte de la planta, quemando el hongo. La dosis se aplica según la ficha técnica del producto, preparado para 20L, la cual es la cantidad de agua recomendada para pulverizar todo el módulo.

11.7 Parámetros fisicoquímicos

Dentro de los principales parámetros fisicoquímicos manejados y tomados durante la etapa productiva de los meses de trabajo (junio 2022 a enero 2023) manejaron los siguientes: temperatura, pH y salinidad. Los promedios mensuales de cada parámetro se pueden observar en la tabla 09.



Tabla 9. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en el sistema de vegetales durante los meses productivos.

PARAMETRO	MES							
	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
T°	20.02	19.83	19.47	21.92	20.63	23.42	22.36	22.25
pH	7.02	7.01	6.95	6.95	6.75	6.88	6.95	6.54
Salinidad (ppm)	0.60	0.70	0.61	0.42	0.35	0.48	0.54	0.25

La producción de vegetales se llevó a cabo en una zona anexa al área de peces, con una temperatura más ligada a la temperatura ambiente y con un caudal considerablemente disminuido (1.75 gal/min), dando la posibilidad de manejar parámetros de control que puedan no ser perjudiciales con la producción de vegetales, específicamente de lechugas. Parámetros como la temperatura disminuyeron considerablemente en su traslado desde la zona de peces y en los tiempos de maduración de la primera etapa de producción de lechuga, se realizó aplicaciones correctivas, agregando hidrolizado de pescado, el cual aporta nutrientes de manera foliar, así como por su poder acidificante, el cual reducía el pH dentro del rango exigido por el cultivo.

11.8 Cosecha

La cosecha se realiza de manera manual, haciendo uso de los equipos de protección personal los cuales son los guantes de látex, y el uso de un cúter. Para la recolección de las lechugas se hace uso de jabas cosecheras de caña alta, la cual tiene la capacidad de 12 unidades para lechuga crespa. El horario de cosecha juega un papel muy importante, ya que se debe cosechar de noche o madrugada, ya que si se cosecha en horas del día esta perderá turgencia rápidamente.

Para cosechar la lechuga, se hace un corte al nivel de la base del tallo, se elimina las hojas amarillas o que tienen daño y se van apilando, 6 en la parte inferior de la jaba y 6 encima. Una vez que se tiene todas las jabas listas se les echa agua de manera superficial con ayuda de un balde o con el hidrojete, para mantenerlas hidratadas.

11.9 Producción

Durante el tiempo de experimentación se realizaron 3 campañas de producción de vegetales, dejando una cuarta en progreso, enfocadas principalmente en el cultivo de Lechuga. La primera campaña arrojó un total de 1236 cabezas de lechuga cosechadas y comercializadas, mientras que, para la 2da campaña, la cantidad total de lechuga fue de 1374 unidades producidas, donde se emplearon o colocaron dos individuos por canastilla en un par de líneas de cultivo a modo de prueba del sistema acuapónico. La tercera campaña se llevó a cabo con lechugas y apio, la cantidad producida de lechugas ascendió a un total de 720 unidades mientras que se llegó a producir 280 unidades de apio que por otra parte del sistema también se cultivaba



11.10 Recomendaciones:

Conforme va avanzando las semanas, se recomienda volver a nivelar los tubos de cultivo según su crecimiento.

Abrir la llave de ingreso del agua madura al menos 5 veces al día en la primera semana, durante 10 minutos, por ejemplo, 8am, 11am, 1pm, 3pm, 5pm, ya que su raíz no llega a tocar el fondo del tubo y puede deshidratarse. Una vez que ya tocó el fondo, es suficiente con recircular el agua al menos 3 veces al día durante 10 a 15min, los horarios pueden ser en la mañana, al medio día y en la tarde.

Evitar de que el agua se estanque al nivel del tallo de la planta, ya que esto puede generar la proliferación de botrytis, el cual es un hongo que no tiene reparo una vez se encuentre en la planta.

Si la planta se encuentra muy afectada, ya sea por mildiú o por mosca minadora, se debe eliminar la planta.



12. PROYECCIONES DE GANANCIA DEL MODULO ACUAPONICO

12.1 Localización y tamaño del Centro de Cultivo

12.1.1 Localización

De acuerdo a las especificaciones de los Términos de Referencia del servicio de consultoría para “la implementación de un módulo productivo acuapónico sostenible y asistencia técnica de campo para el manejo del cultivo en el área piloto de huacho” - PRFNP-PRODUCE-2021-007 / 060C-2021000007, se establece que se trabajará en las instalaciones del Laboratorio Costero de IMARPE-Huacho.

12.1.2 Determinación del tamaño del Centro de Cultivo

Las instalaciones del Laboratorio Costero de IMARPE-Huacho, han puesto a disposición un área de trabajo, siendo de aproximadamente de 750 m², a través del cual se ha venido desarrollando las actividades necesarias para desarrollar y efectuar el cumplimiento del proyecto.

12.2 Estructura de costos de la ejecución del proyecto

12.2.1 Estado contable: Estado Patrimonial de la ejecución

Conforme al objetivo del presente capítulo, se ha dividido la parte económica en tres partes, siendo la primera el detalle de los costos y gastos generados durante la ejecución del proyecto acuapónico en las instalaciones del Laboratorio Costero de IMARPE-Huacho. Es por ello, que a continuación se detalla la estructura del Estado Patrimonial del primer año de ejecución (Tabla 08), que consto de una duración de aproximadamente de 10 meses, en donde se visualiza que el costo más alto de los activos, partida de bienes de cambio, ha sido el consumo de la Energía Eléctrica, debido a que el consumo mensual ha resultado de S/1,630.25, conforme al ratio monetario establecido por la empresa que suministra la energía eléctrica. Por otro lado, dentro de los activos de bienes de uso, se está considerando la depreciación acumulada de los equipos y maquinarias comprados para el proyecto, costo que asciende en S/52,912 en un año.



Tabla 10. Estado Patrimonial de la ejecución del proyecto del primer año

ESTADO PATRIMONIAL	Año 1	
ACTIVO		
Bienes de cambio–Mat. primas y materiales	S/	25,228
Materia Prima: Semilla de Peces	S/	3,432
Materia Prima: Semilla de Vegetales	S/	394
Insumos: Alimento Balanceado	S/	2,800
Materiales	S/	1,466
Consumo de Energía Eléctrica	S/	16,303
Consumo de Combustible	S/	833
Bienes de uso–Valor original	S/	-
Propiedades: Terreno	S/	-
Equipos	S/	-
Bienes de uso–Depreciaciones acumuladas	S/	52,912
Total – Activo	S/	78,140
PASIVO		
Remuneraciones	S/	52,000
Otros pasivos operativos	S/	-
Total – Pasivo	S/	52,000
PATRIMONIO NETO	S/	26,140
Total Pasivo y Patrimonio Neto	S/	78,140

Elaboración: Propia

Para el caso de los pasivos, se ha considerado las remuneraciones de 10 meses, de un jefe de producción y de un técnico, que es el personal mínimo requerido para darle continuidad a la ejecución del proyecto, lo cual suma S/52,000. Y realizando las sumatoria del patrimonio como el pasivo de la ejecución del proyecto, nos da S/78,140.

12.2.2 Estado contable: Estado de Resultados de la ejecución

En la Tabla 09, se detalla los resultados de la ejecución del proyecto del primer año, en donde se visualiza que los ingresos por la venta de los peces y de los vegetales, ha sido de S/1,671 y S/2,626, respectivamente. Como ya se ha informado, el precio por kilogramo de tilapia entera vendida ha sido de S/3.0, mientras que el precio de la lechuga, se vendió entre los S/0.66 y los S/0.75, y para el caso del apio, fue de S/6.0 el paquete de 7 unidades.



Tabla 11. Estado de Resultados de la ejecución del proyecto del primer año

ESTADO DE RESULTADOS	Año 1	
Ventas Peces	S/	1,671
Ventas Vegetales	S/	2,626
Costo de Producción	S/	77,228
Materia Prima	S/	3,826
Insumos	S/	4,266
Mano de Obra	S/	52,000
Otros Costos de Producción	S/	17,136
<i>Utilidad bruta</i>	-S/	72,931
Gastos de comercialización	S/	-
Gastos de administración	S/	-
Gastos No desembolsados	S/	52,912
<i>Utilidad operativa antes de impuesto</i>	-S/	125,842
Impuesto a la Renta	S/	37,753
<i>Utilidad neta</i>	-S/	88,090

Elaboración: Propia

12.3 Comparativo entre estructuras de costos: Proyectado Vs. Ejecutado

Ahora bien, comparando la información de los costos y gastos ejecutados con los proyectados del primer entregable, existe diferencias significativas que se muestran en la Tabla 10, Estado Patrimonial, siendo estas: i) La duración de lo ejecutado es de 10 meses, mientras que lo proyectado es de 12 meses; ii) Los bienes de cambio, en lo ejecutado son mayores por S/3,437, y esto principalmente por el costo de la energía eléctrica, lo cual no se consideró en lo proyectado, debido a que se iba a contar con paneles solares desde un inicio; iii) Los bienes de uso, es mayor lo proyectado que lo ejecutado en S/13,439, debido a que se incluyó la depreciación de los paneles solares; iv) En el caso de las remuneraciones, lo ejecutado es mayor, debido a que se contrato especialistas con mayor experiencia y especialidad que a lo propuesto; y, v) El total del Pasivo y Patrimonio Neto de lo ejecutado es menor a lo proyectado en S/10,002.



Tabla 12. Comparación del Estado Patrimonial entre lo proyectado y ejecutado

ESTADO PATRIMONIAL	Ejecutado		Proyectado	
ACTIVO				
Bienes de cambio–Mat. primas y materiales	S/	25,228	S/	21,791
Materia Prima: Semilla de Peces	S/	3,432	S/	2,540
Materia Prima: Semilla de Vegetales	S/	394	S/	312
Insumos: Alimento Balanceado	S/	2,800	S/	13,992
Materiales	S/	1,466	S/	6,056
Consumo de Energía Eléctrica	S/	16,303	S/	-
Consumo de Combustible	S/	833	S/	-
Bienes de uso–Valor original	S/	-	S/	-
Propiedades: Terreno	S/	-	S/	-
Equipos	S/	-	S/	-
Bienes de uso–Depreciaciones acumuladas	S/	52,912	S/	66,351
Total - Activo	S/	78,140	S/	88,142
PASIVO				
Remuneraciones	S/	52,000	S/	23,100
Otros pasivos operativos	S/	-	S/	-
Total - Pasivo	S/	52,000	S/	23,100
PATRIMONIO NETO	S/	26,140	S/	65,042
Total Pasivo y Patrimonio Neto	S/	78,140	S/	88,142

Elaboración: Propia

A continuación, se compara el Estado de Resultados de lo ejecutado con el proyectado, en donde se visualiza que en ambos casos la utilidad neta es negativa. Sin embargo, lo ejecutado tiene mayor pérdida que el proyectado, en S/31,523. Principalmente, la diferencia recae en el ingreso de las ventas, siendo lo proyectado con mayor ingreso, en donde el kilogramo de la tilapia fue de S/9.50 (información tomada del Ministerio de la Producción), mientras que el precio de la lechuga por unidad fue de S/1.50 (información tomada del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). Otra de las diferencias significativas, está en la mano de obra y en los otros costos de producción, que fueron mayores en lo ejecutado, que en lo proyectado.



Tabla 13. Comparación del Estado de Resultados entre lo proyectado y ejecutado

ESTADO DE RESULTADOS	Ejecutado	Proyectado
Ventas Peces	S/ 1,671	S/ 8,151
Ventas Vegetales	S/ 2,626	S/ 15,714
Costo de Producción	S/ 77,228	S/ 35,924
Materia Prima	S/ 3,826	S/ 1,232
Insumos	S/ 4,266	S/ 13,992
Mano de Obra	S/ 52,000	S/ 20,700
Otros Costos de Producción	S/ 17,136	S/ -
<i>Utilidad bruta</i>	-S/ 72,931	-S/ 12,059
Gastos de comercialización	S/ -	S/ -
Gastos de administración	S/ -	S/ 2,400
Gastos No desembolsados	S/ 52,912	S/ 66,351
<i>Utilidad operativa antes de impuesto</i>	-S/ 125,842	-S/ 80,810
Impuesto a la Renta	S/ 37,753	S/ 24,243
<i>Utilidad neta</i>	-S/ 88,090	-S/ 56,567

Elaboración: Propia

Conforme a lo informado, se observa que en la ejecución se ha visto mayor pérdida que en lo proyectado, y esto se ha debido principalmente: i) Al periodo de ejecución del cultivo del sistema acuapónico, que se acercó a los 10 meses; ii) Al uso de la energía eléctrica, en vez de usar la energía solar (de costo cero) a través de paneles solares; iii) Incremento de la remuneración de los especialistas, debido a la mayor experiencia de los mismos; y, iv) A que en el mercado en donde se vendieron los recursos cosechados, fue menor a lo reportado por los Ministerios de la Producción y de Desarrollo Agrario y Riego, instituciones de donde se recogió la información.

12.4 Recomendaciones del análisis de la estructura de costos

Si bien se ha realizado un análisis entre los costos y gastos de lo proyectado y ejecutado, dando como resultado una "utilidad negativa", es necesario tomar medidas que permitan que las beneficiarias del proyecto acuapónico puedan obtener una mayor ganancia.

Es en ese sentido, y de lo que se desprende del análisis, es necesario que las beneficiarias del proyecto acuapónico firmen un Convenio Marco Interinstitucional con el Laboratorio Costero de IMARPE-Huacho, debido a que el centro acuapónico se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de una institución del Estado, por lo que debe haber un convenio que permita y sirva como marco legal para el uso de las instalaciones del IMARPE. Teniendo claro esto, es necesario que el periodo de vigencia del convenio sea por un plazo mínimo de 5 años renovables, debido a que se puede evaluar mejor la rentabilidad de un proyecto productivo en acuicultura.



J. FLORES

Asimismo, se recomienda que en el mencionado convenio, se coloque como compromisos y deberes por parte de IMARPE, lo siguiente: i) Gestionar, monitorear y supervisar la parte operativa y administrativa del centro de cultivo acuapónico, así como el pago del personal encargado del área operativa y administrativa; ii) Asumir los costos y gastos de los servicios que genere el uso de las instalaciones, equipos y maquinarias del centro acuapónico (Energía eléctrica, agua, mantenimiento, entre otros); y, iii) Apoyar en la etapa de cosecha y comercialización de los recursos acuapónicos, a fin de reducir a costo "0" los costos y gastos generados por estas etapas.

Y considerando el análisis desarrollado de la comparación de los costos y gastos ejecutados y proyectados, así como las recomendaciones dadas, se procederá a proyectar el flujo de los estados contables, el flujo de caja y la evaluación del proyecto para los subsiguientes 5 años.

12.5 Inversión y Financiamiento

En el presente capítulo se detallará las inversiones realizadas a fin de cuantificar el proyecto en términos monetarios. Para el caso del proyecto actual, se considera sólo la inversión fija tangible y la inversión de Capital de Trabajo para el primer año de ejecución, debido a las características del proyecto.

12.5.1 Inversión Fija

Como ya se mencionó, para el presente proyecto, solo se considera la inversión fija tangible, para lo cual se cotizó el costo del terreno. Sin embargo, por ser un terreno cedido por el IMARPE y que no ha involucrado un desembolso de dinero, se valorará monetariamente el terreno, más no se considerará dentro de los cálculos de rentabilidad, a fin de buscar el mayor margen utilitario para las beneficiarias del proyecto.

Terreno

La sede de IMARPE en Huacho dispone de un área aproximada de 750 m². Siendo el precio promedio por m², tomando como referencia el precio de la zona que se encuentra el IMARPE, de US\$ 175, lo que arrojaría un costo total de US\$ 131,250.00, siendo un costo ascendente en soles de S/ 477,750.00 (TC: 3.64, abril 2021).



12.5.2 Inversión de Capital de Trabajo

Esta referido a la disponibilidad que debe de tener el proyecto para atender las necesidades ordinarias de operación. Su cálculo se estima para un año de operación.

Requerimiento de mano de obra

La inversión requerida para la mano de obra es la empleada por todo el personal durante el primer año, la cual asciende a S/ 64,200.00. Sin embargo, y conforme a lo recomendado, el presente costo será asumido por el IMARPE, llegando a ser un costo "0", a fin de maximizar las ganancias de las beneficiarias.

Tabla 14. Lista de Remuneraciones del Personal

Partida	Cargo	Cantidad	Meses	Salario Mensual	Costo total
Remuneración - Área Operativa	Jefe-Operario	1	12	S/4,000.0	S/48,000.0
Remuneración - Área Operativa	Operario	1	12	S/1,200.0	S/14,400.0

Elaboración: Propia

Requerimiento de materiales y equipos directos e indirectos

El gasto estimado por gastos referidos a todo aquello que interviene para el desarrollo del proyecto. Siendo el valor estimado de S/228,364. Sin embargo, tampoco se considerará dentro del cálculo de rentabilidad, debido a que PROFONANPE ha costeado los bienes requeridos para el centro de cultivo. Asimismo, esto permite tener el mayor margen utilitario para las beneficiarias del proyecto.

12.5.3 Inversión Inicial

Al respecto, la inversión inicial, para el presente proyecto, solo considerará la suma de los bienes de la implementación, lo que asciende a S/ 228,364, lo que solo servirá para obtener el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

12.5.4 Financiamiento

El financiamiento tiene como objetivo detectar las fuentes de recursos monetarios necesarios y sus condiciones para la implementación y ejecución del proyecto. En ese sentido, y para el caso del presente proyecto, la entidad privada PROFONANPE destinará fondos no reembolsables para el desarrollo de las actividades. Asimismo, se tomará el criterio de que el IMARPE asumirá los costos y gastos recomendados para la firma del Convenio Marco Interinstitucional, a fin de maximizar las ganancias de las beneficiarias.



12.6 Presupuesto de Ingresos y Egresos

El presente capítulo tiene como objetivo la planificación de los ingresos y egresos que este proyecto genere a lo largo de sus operaciones. Este presupuesto estará determinado por los diferentes requerimientos del centro de cultivo.

12.6.1 Presupuesto de Ingresos

Ahora bien, se ha considerado que el precio de venta promedio para el caso de la Tilapia, de acuerdo a la información brindada por el Ministerio de la Producción del Mercado Mayorista Pesquero de Ventanilla, está actualmente en S/ 6.00 el kilogramo. Asimismo, considerar que es posible vender la tilapia a través de las plataformas comerciales del Programa Nacional "A Comer Pescado", el cual no exige un costo de comercialización en sus ferias, por lo que resultaría de mayor conveniencia.

Mientras, que, el precio de venta promedio de la lechuga, de acuerdo a las ventas realizadas a los clientes de la ciudad de Huacho, está en S/ 0.75 la unidad.

En ese sentido, en la Tabla 15 se muestra la proyección de los ingresos en los cinco (5) primeros años del proyecto. Asimismo, se considera los indicadores de producción, de la Tilapia (empleo de densidades bajas de producción) y de la Lechuga, obtenidos durante la etapa de ejecución, y empleando los equipos del sistema acuapónico al 100%.

Tabla 15. Presupuesto de Ingresos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por Peces	S/7,722	S/7,722	S/7,722	S/7,722	S/7,722
Ingresos por Vegetales	S/7,857	S/7,857	S/7,857	S/7,857	S/7,857
Total de Ingresos	S/15,579	S/15,579	S/15,579	S/15,579	S/15,579

Elaboración: Propia

Cabe precisar, que, en el caso de la Tilapia, se está considerando una cosecha anual de 1,287 kilogramos. Y para el caso de las Lechugas, se está considerando 9 cosechas anuales, de 1,164 unidades de planta.

12.6.2 Determinación de la Depreciación

La depreciación es la disminución de la vida útil de un bien tangible, lo cual puede deberse al propio uso, deterioro, desgaste u obsolescencia por adelantos tecnológicos. Para la determinación de la depreciación, se empleó el método de la línea recta.



Tabla 16. Depreciación

Concepto	Monto	Vida Útil	Monto Anual
Bienes de uso – 2 años	S/ 6,147.00	2	S/ 3,073.50
Bienes de uso – 3 años	S/ 40,930.00	3	S/ 13,643.33
Bienes de uso – 5 años	S/ 180,974.38	5	S/ 36,194.88
Total de Ingresos	-	-	S/52,911.71

Elaboración: Propia

Asimismo, hay que considerar que la depreciación es un GASTO NO DESEMBOLSABLE, y como ya se mencionó anteriormente, es un gasto por la pérdida de valor de los activos (por su uso y antigüedad), pero no es algo que se pague con dinero, por eso es NO DESEMBOLSABLE. Es debido a esta razón, que más adelante veremos que en el flujo de caja se incluye como un gasto antes de impuestos, pero luego de calcular el impuesto, se vuelve a sumar.

12.6.3 Presupuesto de Egresos

Por las características del proyecto, se ha considerado los costos de producción. Es así, que, se describen a continuación:

Tabla 17. Presupuesto de Egresos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo de Producción	S/7,866	S/7,607	S/7,536	S/7,478	S/7,629
Materia Prima	S/6,180	S/5,784	S/5,784	S/5,784	S/5,784
Insumos	S/1,686	S/1,823	S/1,752	S/1,694	S/1,845
Remuneración	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Otros Costos de Producción	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Total de Egresos	S/7,866	S/7,607	S/7,536	S/7,478	S/7,629

Elaboración: Propia



Es necesario mencionar, que, los gastos por remuneración, se están considerando a costo "0", debido a que dentro de las recomendaciones del "Análisis de la estructura de costos", se sugiere que el presente gasto lo asuma IMARPE, a fin de que las beneficiarias tengan mayor ganancia en las ventas de los productos acuapónicos.

12.7 Análisis Económico – Financiero y Evaluación del Proyecto

Para tener los informes necesarios, para el análisis y control financiero del proyecto, y para tener el instrumento adecuado para evaluar los cambios que se producen en el capital, se tiene que elaborar el Balance General Contable, el Estado de Pérdidas y Ganancias del proyecto, y el Flujo de Caja del Proyecto.

12.7.1 Balance General Contable

A continuación, se detallará el Balance General, que contendrá los Activos, Pasivos y el costo del Patrimonio Neto del presente proyecto. Lo que luego permitirá generar el estado de pérdidas y ganancias del proyecto, tal cual se puede apreciar en la tabla 16.

Tabla 18. Balance General Contable

ESTADO PATRIMONIAL	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ACTIVO					
Bienes de cambio–Mat. primas y materiales	S/9,332	S/9,074	S/9,002	S/8,945	S/9,095
Materia Prima: Semilla de Peces	S/2,220	S/2,220	S/2,220	S/2,220	S/2,220
Materia Prima: Semilla de Vegetales	S/3,960	S/3,564	S/3,564	S/3,564	S/3,564
Insumos: Alimento Balanceado	S/1,686	S/1,823	S/1,752	S/1,694	S/1,845
Materiales	S/1,466	S/1,466	S/1,466	S/1,466	S/1,466
Consumo de Energía Eléctrica	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Consumo de Combustible	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Bienes de uso–Valor original	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Propiedades: Terreno	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Equipos	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Bienes de uso– Depreciaciones acumuladas	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912
Total - Activo	S/62,244	S/61,985	S/61,914	S/61,856	S/62,007
PASIVO					
Remuneraciones	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Otros pasivos operativos	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Total - Pasivo	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
PATRIMONIO NETO	S/62,244	S/61,985	S/61,914	S/61,856	S/62,007



ESTADO PATRIMONIAL			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Patrimonio Neto	Pasivo Y		S/62,244	S/61,985	S/61,914	S/61,856	S/62,007

Elaboración: Propia

12.1.1 Estado de pérdidas y ganancias del proyecto

Con el fin de obtener la utilidad neta de los cinco primeros años del proyecto, se elaboró el estado de pérdidas y ganancias en donde se muestra los ingresos en forma ordenada, tal cual se puede apreciar en la tabla 17.

Tabla 19. Estado de Pérdidas y Ganancias

ESTADO DE RESULTADOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Peces	S/7,722	S/7,722	S/7,722	S/7,722	S/7,722
Ventas Vegetales	S/7,857	S/7,857	S/7,857	S/7,857	S/7,857
Costo de Producción	S/7,866	S/7,607	S/7,536	S/7,478	S/7,629
Materia Prima	S/6,180	S/5,784	S/5,784	S/5,784	S/5,784
Insumos	S/1,686	S/1,823	S/1,752	S/1,694	S/1,845
Mano de Obra	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Otros Costos de Producción	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Utilidad bruta	S/7,713	S/7,972	S/8,043	S/8,101	S/7,951
Gastos de comercialización	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Gastos de administración	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Gastos No desembolsados	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912
Utilidad operativa antes de impuesto	-S/45,199	-S/44,940	-S/44,869	-S/44,811	-S/44,961
Impuesto a la Renta	S/13,560	S/13,482	S/13,461	S/13,443	S/13,488
Utilidad neta	-S/31,639	-S/31,458	-S/31,408	-S/31,368	-S/31,473

Elaboración: Propia

Al respecto, y considerando la depreciación dentro de los “Gatos No Desembolsados”, la utilidad neta sale de forma negativa en el Estado de Pérdidas y Ganancias, lo que aparentemente resulta no rentable para las beneficiarias trabajar en el proyecto acuapónico.



12.1.2 Flujo de Caja Proyectado

El flujo de caja permite la cuantificación de los flujos netos de fondos, después del cálculo de impuestos, con la finalidad de reflejar los beneficios generados y los costos para el horizonte de planeamiento.

Tabla 20. Flujo de Caja Proyectado con Inversión Inicial

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Utilidad Neta		-S/31,639	-S/31,458	-S/31,408	-S/31,368	-S/31,473
Depreciación		S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912
Amortización Intangibles		S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Inversión Inicial	S/228,364	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Flujo Neto	-S/228,364	S/21,273	S/21,454	S/21,504	S/21,544	S/21,439
Acumulado	-S/228,364	-S/207,091	-S/185,637	-S/164,133	-S/142,589	-S/121,150

Elaboración: Propia

Como se observa en la Tabla 18, la utilidad acumulada de los 5 años, resulta en negativo, al considerar en el cálculo la inversión inicial.

Tabla 21. Flujo de Caja Proyectado sin Inversión Inicial

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Utilidad Neta		-S/31,639	-S/31,458	-S/31,408	-S/31,368	-S/31,473
Depreciación		S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912	S/52,912
Amortización Intangibles		S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Inversión Inicial	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-	S/-
Flujo Neto	S/-	S/21,273	S/21,454	S/21,504	S/21,544	S/21,439
Acumulado	S/-	S/21,273	S/42,727	S/64,230	S/85,775	S/107,213

Elaboración: Propia

Sin embargo, al no considerar la Inversión Inicial realizada por PROFONANPE, resulta positiva la ganancia del proyecto acuapónico, con una ganancia acumulada durante los próximos 5 años (Tabla 19).

12.2 Evaluación del Proyecto

El objetivo de la evaluación es determinar la factibilidad del proyecto, a través de la evaluación económica y financiera. Para ello, se analizará el flujo de caja del proyecto a lo largo del horizonte de planeamiento, tomando en cuenta la Tasa de Rendimiento Esperado (TREMA). Así mismo, se tomará como instrumentos de medición el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Es un instrumento de medición y de evaluación que permite medir el valor presente neto del proyecto a través de la actualización de sus beneficios o flujos netos y costos, el factor de actualización está dado por el costo de capital del proyecto.

Para el presente proyecto, al aplicar la fórmula del VAN y considerando una Tasa de Rentabilidad del 15.0%, para los cálculos de la Tabla 18, se obtuvo un valor en negativo de **S/156,527.57**.

Y para los cálculos de la Tabla 19, que no considera inversión inicial, se obtuvo un valor positivo de **S/71,836.21**.

12.2.1 Tasa de Rendimiento Esperado o Costo de Capital Promedio Ponderado

La tasa con la cual se evaluará el flujo económico neto del proyecto es el Costo de Capital Promedio Ponderado considerando, y de acuerdo a las características del presente proyecto, sólo se considerará el Costo de Oportunidad, el cual será del Sector Agrario que es el 29.50%.

12.2.2 Tasa Interna de Retorno

Es el instrumento que introduce el valor del dinero en el tiempo; su tasa de descuento iguala al valor actual de los beneficios y al valor actual de los costos previstos. Y aplicando la fórmula del TIR, para los cálculos de la Tabla 18, resultó un valor en negativo de **20.85%**. Sin embargo, para los cálculos de la Tabla 19, no es posible medir el TIR, debido a que no se considera la inversión inicial.

12.3 Conclusiones y Recomendaciones

- En virtud a las condiciones ambientales de Huacho, y a la situación actual del abastecimiento de especies acuícolas, se ha concluido que se debe de seguir trabajando en el centro acuapónico con la especie: Tilapia, a fin de que no se vea afectada la ganancia de la población beneficiaria de Huacho.
- De acuerdo al análisis económico y financiero, y considerando la inversión inicial realizada por PROFONANPE y que IMARPE asuma algunos costos y gastos del proyecto acuapónico, la Tasa Interna de Retorno es de -20.85%, menor al Costo de Capital Promedio Ponderado de 29.50%, lo que significa que aparentemente no se ganará más que el costo de los fondos no reembolsables.
- El Valor Actual Neto, con inversión inicial de PROFONANPE y que IMARPE asuma algunos costos y gastos del proyecto acuapónico, arrojó un valor negativo de S/156,527.57, lo que significa que el proyecto no es rentable. Sin embargo, si no se considera dentro del cálculo la inversión de PROFONANPE,



J. FLORES

debido a que son fondos no reembolsables, el VAN resulta positivo con un valor de S/71,836.21.

- Se recomienda que el IMARPE firme un Convenio Marco Interinstitucional con las beneficiarias del proyecto, por un periodo de 5 años, a fin de que puedan usar las instalaciones de una entidad del Estado.
- Asimismo, se recomienda que dentro del convenio, el IMARPE se comprometa a: i) Gestionar, monitorear y supervisar la parte operativa y administrativa del centro de cultivo acuapónico, así como el pago del personal encargado del área operativa y administrativa; ii) Asumir los costos y gastos de los servicios que genere el uso de las instalaciones, equipos y maquinarias del centro acuapónico (Energía eléctrica, agua, mantenimiento, entre otros); y, iii) Apoyar en la etapa de cosecha y comercialización de los recursos acuapónicos, a fin de reducir a costo "0" los costos y gastos generados por estas etapas; con el propósito de que las beneficiarias maximicen sus ganancias.
- Se recomienda, que, las beneficiarias e IMARPE, contraten a un personal operario especializado en materia acuapónica, a fin de que la producción genere la rentabilidad proyectada en el presente informe.



13. EVALUACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO DE LA CONSULTORÍA

13.1 Antecedentes

Conforme a lo alcanzado en la postulación al “Servicio de Consultoría para la implementación de un módulo productivo acuapónico sostenible y asistencia técnica de campo para el manejo del cultivo en el área piloto de Huacho”, el Plan de trabajo constaba de 11 actividades, las cuales estaban divididas en dos etapas: i) Etapa I: Módulo Piloto; y, ii) Etapa II: Módulo Comercial. La Etapa I, constaba de 6 actividades, mientras que la Etapa II, constaba de 5 actividades.

Al respecto, se informa que, por decisión de las entidades contratantes (PROFONANPE y el área usuaria, IMARPE), la consultora IAC no iba a continuar con la Etapa II: Módulo Comercial. Debido a ello, solo se ha podido ejecutar la Etapa I: Módulo Piloto.

13.2 Análisis

Conforme a lo informado, previamente, se analizará el desarrollo de las actividades realizadas en la Etapa I: Módulo Piloto, las cuales se describirán en la siguiente tabla:

Tabla 20. Reporte de las actividades de la Etapa I: Módulo Piloto.

N°	Actividad	Conceptualización Proyectada	Conceptualización Ejecutada	Comentario/ Observación/ Recomendación
1	Actividad I: Elaboración del Plan de Trabajo	Se elaborará y presentará como producto, el Plan de Trabajo de la Etapa I: Módulo Piloto. Teniendo como tiempo máximo de entrega de 1 mes, de a partir de firmado el contrato.	El Plan de trabajo de la Etapa I, fue validado por PROFONANPE e IMARPE, a través de reuniones. Asimismo, no ha formado parte de los entregables establecidos en los TdR de la consultoría.	Se cumplió la actividad, dentro del tiempo proyectado.
2	Actividad II: Identificación de los beneficiarios en Huacho	Se desarrollará talleres participativos y de sensibilización para la identificación y selección del grupo de beneficiarios, a quienes se les elaborará un plan de trabajo, que será	Se elaboró y presentó el plan de trabajo sobre la identificación de beneficiarios, el cual se entregó a los 44 días como parte del 1° Producto, teniendo, posteriormente, la	Se cumplió el desarrollo de la actividad. El tiempo de entrega del producto se realizó dentro del marco de la primera Adenda al contrato, que



N°	Actividad	Conceptualización Proyectada	Conceptualización Ejecutada	Comentario/ Observación/ Recomendación
		entregado en un plazo máximo de 1 mes, de a partir de firmado el contrato.	conformidad del área usuaria.	ampliaba las fechas de entrega de los productos.
3	Actividad III: Presentación y aprobación del diseño del Módulo Piloto	Se presentará la propuesta del módulo a IMARPE, que será entregado en un plazo máximo de 1 mes, de a partir de firmado el contrato. Previa a la implementación, será aprobado por el área usuaria.	Se entregó la propuesta del diseño del módulo piloto, que se implementó dentro de IMARPE – Huacho, a los 44 días como parte del 1° Producto.	<p>Se cumplió el desarrollo de la actividad. El tiempo de entrega del producto se realizó dentro del marco de la primera Adenda al contrato.</p> <p>Se recomienda que el área usuaria (IMARPE) mejore en los tiempos de revisión y conformidad del producto, debido a que se tardaron más de 20 días en revisar el producto y dar la conformidad.</p> <p>Asimismo, PROFONANPE debe de mejorar en sus tiempos de pago, debido a que se tardó en desembolsar el dinero en la cuenta de la consultora por más de 50 días calendario.</p>
4	Actividad IV: Instalación e implementación del módulo acuapónico en IMARPE	Se realizará la instalación e implementación del Módulo Piloto en IMARPE. Dando como producto un informe técnico sobre la implementación e instalación del módulo. Asimismo, se entregará como segundo producto	Se concluyó con la instalación e implementación del módulo en el mes de mayo del 2022, con lo que se entrega el 2° Producto.	Se ha cumplido con la actividad. Y el retraso de la compra de los equipos, ha traído consecuencias negativas para el proyecto acuapónico: i) Un retraso de más de 6





N°	Actividad	Conceptualización Proyectada	Conceptualización Ejecutada	Comentario/ Observación/ Recomendación
		<p>un Plan de capacitaciones al área usuaria. A la par, se solicitará a PROFONANPE la adquisición de los materiales y equipos para la instalación del Módulo. Serán entregados los productos en un plazo máximo de 3 meses, de a partir de firmado el contrato.</p>	<p>Además, se empezó con la implementación y construcción del módulo acuapónico en el mes de agosto del 2021, sin embargo, PROFONANPE no llegó a comprar todos los equipos a tiempo, prologándose la implementación hasta el mes de mayo del 2022, para lo cual se había programado culminar en el mes de noviembre del 2021 con la actividad de implementación. Cabe precisar que la lista de los equipos a requerir, se alcanzaron en el mes de abril del 2021.</p> <p>Por otro lado, se iniciaron las capacitaciones a las beneficiarias, desde el mes de julio del 2021, ya que el Plan de Capacitaciones tuvo la conformidad de IMARPE en el mismo mes, siendo estas dictadas, de forma virtual y presencial, hasta enero del 2023.</p>	<p>meses de trabajo; ii) Postergar la siembra de peces en tiempo de bajas temperaturas; y, iii) No cumplir con la siembra de peces amazónicos, debido a que solo existe oferta de estas especies en los meses de noviembre a enero.</p> <p>Asimismo, suponemos que, la tardanza de las compras se haya podido deber a la situación del estado de emergencia sanitaria a nivel mundial, y la poca importación a Perú, de los equipos y materiales requeridos, entre otros posibles factores.</p>
5	Actividad V: Ejecución del módulo acuapónico en IMARPE	<p>Durante la ejecución del proyecto, se elaborarán y entregarán informes de avance productivo. Asimismo, tendrá un periodo de tiempo de 7 meses como máximos, comprendiendo entre el cuarto y décimo mes de firmado el contrato. Además, comprenderá las sub-actividades de: i)</p>	<p>La ejecución del proyecto acuapónico en el módulo piloto, inició en el mes de mayo del 2022 hasta enero del 2023, durando 9 meses la presente actividad. Este retraso se debió a que los tanques de cultivo se agrietaron, haciendo filtrar el agua de cultivo, por lo que se prolongó el</p>	<p>Se cumplió con la actividad y sus sub-actividades.</p> <p>Se recomienda que el IMARPE, elabore un plan de capacitación anual, dirigido a las beneficiarias, a fin de que afiancen los conocimientos del</p>

N°	Actividad	Conceptualización Proyectada	Conceptualización Ejecutada	Comentario/ Observación/ Recomendación
		Acondicionamiento de parámetros del sistema acuapónico, el cual tendrá una duración de 3 meses; ii) Primera siembra y cultivo de peces y plantas del módulo, el cual tendrá una duración de 6 meses; y, iii) Asistencia técnica a los beneficiarios y al área usuaria, el cual tendrá una duración de 6 meses.	<p>periodo de cultivo, ocasionando el retraso de la cosecha.</p> <p>El Acondicionamiento de los parámetros del sistema acuapónico, duró 1.5 meses, mientras que, desde la siembra hasta la cosecha de tilapia, duró 7.5 meses.</p> <p>Y como ya se mencionó anteriormente, la capacitación a las beneficiarias duró más de un año, debido a que se repitieron las capacitaciones hasta por tres ocasiones.</p>	manejo y producción de los peces y vegetales del centro acuapónico.
6	Actividad VI: Presentación del informe final	En la presente actividad, se elaborará y entregará los informes: i) Informe técnico de la producción; e, ii) Informe de la Etapa I: Módulo Piloto. Los cuáles serán entregados en un plazo máximo de 10 meses, de a partir de firmado el contrato	La entrega del informe final, se está realizando a los 22.5 meses de firmado el contrato por PROFONANPE e IAC.	<p>Se cumplió con la actividad.</p> <p>Se sugiere que IMARPE, aplique las recomendaciones detalladas en los diferentes capítulos del presente informe.</p>



Asimismo, se tenía previsto desarrollar la Etapa I, en 10 meses, sin embargo, ha durado la ejecución de ésta etapa en 22.5 meses, debido a las razones ya expuestas en la Tabla 20.



Firmado digitalmente por:
 GANOZA CHOZO Francisco
 Alfredo FAU 20148138888 soft
 Motivo: Soy el autor del
 documento
 Fecha: 27/03/2023 14:51:27-0500