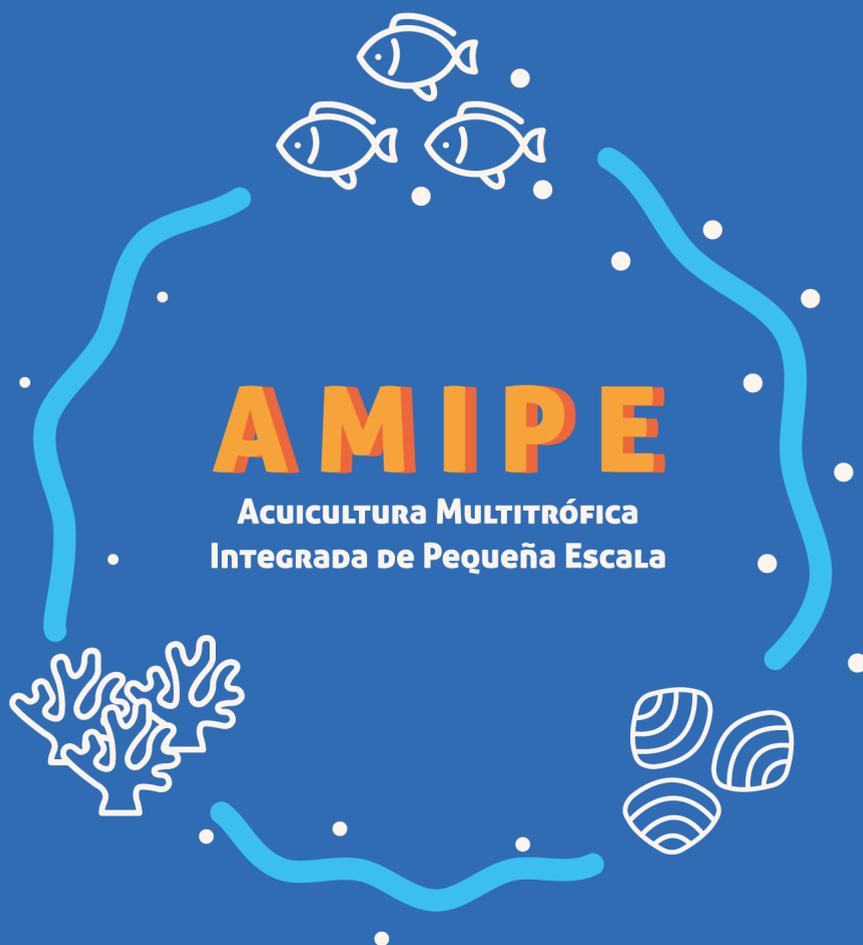


PROTOCOLOS TÉCNICOS
PARA LA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y PRODUCCIÓN
De UN CULTIVOS INTEGRADO
De Pequeña escala



CITAR EL TEXTO DE LA SIGUIENTE MANERA:

Venegas, P.A., & Llancaleo, K. (2021). Protocolos técnicos para la instalación, operación y producción de un Cultivo Integrado de Pequeña Escala. Proyecto CORFO PDT 18CHTT-98072. 77 pp.

EQUIPO DE TRABAJO PARA LA PRODUCCIÓN DE ESTE MANUAL

Pablo Venegas Cabello (Director del Proyecto). Laboratorio Húmedo de Ingeniería Acuícola (LHIA), Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Diego Olivares Díaz (Director Alterno).

Katherine A. Llancaleo Sánchez (Investigador). Laboratorio Húmedo de Ingeniería Acuícola (LHIA), Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Diseñadora gráfica

Paz de Luna Diseño

Realizador audiovisual

Diego Pérez Palma

Registro de propiedad intelectual

Por definir.

AGRADECIMIENTOS

Este documento fue elaborado en base a los resultados del proyecto **“DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ACUICULTURA INTEGRADA EN TIERRA DE PEQUEÑA ESCALA AL SECTOR DE PEQUEÑAS EMPRESAS DE LA PESCA ARTESANAL Y COMUNIDADES COSTERAS DE LA OCTAVA REGIÓN, COMO UNA HERRAMIENTA PARA DIVERSIFICAR SUS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y DE GENERACIÓN DE INGRESOS”**, Código 18CHTT-98072. Expresamos nuestro agradecimiento al Comité de Desarrollo Productivo Regional de la Región del Biobío y a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), quienes brindaron la oportunidad a investigadores de la Facultad de Ingeniería Universidad Católica de la Santísima Concepción para fomentar la actividad de Acuicultura de Pequeña Escala en la zona costera de nuestra región.

De igual forma, queremos agradecer la confianza, apoyo y participación de los sindicatos de pescadores artesanales de las Caletas de Tumbes, Coliumo, Penco, Tomé, Lo Rojas, Lebu, Llico, Rumena, Punta Lavapiés y sectores de Tirúa.

Finalmente, queremos agradecer a la Empresa Colbún S.A., en especial a su Termoeléctrica Santa María de Colbún ubicada en la ciudad de Coronel, por el aporte desinteresado que realizó a esta iniciativa, entendiendo que sus resultados son en beneficio de todos los pescadores artesanales del país. Esta iniciativa aporta al extenso trabajo conjunto entre Colbún y la UCSC por el desarrollo y fomento de la pesca artesanal en Coronel.

Índice

Resumen	9
I. Introducción	10
II. Acuicultura Multitrófica Integrada	14
III. Acuicultura de Pequeña Escala (APE)	16
IV. Acuicultura Multitrófica Integrada de Pequeña Escala (AMIPE)	18
V. Descripción de la Tecnología de la Acuicultura Multitrófica Integrada de Pequeña Escala en Tierra	22
a) Unidades de cultivo	22
b) Sistema de bombeo	22
c) Sistema de filtración de tamiz o cedazo	22
d) Sistema de filtración biológica	24
e) Sistema de aireación	24
f) Sistema de desinfección UV	24
VI. Protocolos Técnicos para la Instalación de sistemas de Acuicultura Multitrófica Integrada de Pequeña Escala en tierra	27
Protocolo 1. Dimensionamiento de Sistemas AMIPE	28
Protocolo 2. Características del Sitio de Instalación	30
Protocolo 3. Construcción e Instalación del Sistema AMIPE	32
Protocolo 4. Puesta en Marcha del Sistema AMIPE	40

ÍNDICE

VII. Protocolos técnicos para la mantención y operación de sistemas de cultivo integrado de pequeña escala	45
Protocolo 1. Manejo de la Mortalidad	46
Protocolo 2. Control de Variables de Calidad de Agua	47
Protocolo 3. Cambios de Agua en el Sistema	50
Protocolo 4. Alimentación y Manejo del Alimento	51
Protocolo 5. Limpieza y Desinfección del Sistema	54
Protocolo 6. Manejo y Eliminación de Desechos	57
Protocolo 7. Tratamiento de Afluentes	60
Protocolo 8. Tratamiento de Efluentes	61
Protocolo 9. Control de Inventario	61
Protocolo 10. Control de Biomasa	62
Protocolo 11. Control de Bioseguridad	65
Protocolo 12. Obtención de Especies de Cultivo y Control de Enfermedades	66
Protocolo 13. Adquisición y Almacenamiento de Insumos	66
Protocolo 14. Mantención de Equipos	67
Protocolo 15. Cosecha	67
Protocolo 16. Continuidad de la Producción	68
Protocolo 17. Registros	68
VIII. Referencias Bibliográficas	71
IX. Anexos	74





Resumen

Este documento presenta “Protocolos Técnicos para la Instalación, Operación y Producción” para el desarrollo e implementación de una Acuicultura Multitrófica Integrada de Pequeña Escala (AMIPE) en tierra. Estos protocolos permitirán que pescadores artesanales, comunidades costeras y pequeños acuicultores de la región y del país, puedan disponer de una herramienta tecnológica para diversificar sus actividades productivas ligadas a los recursos pesqueros, generar encadenamientos productivos en sus comunidades y caletas, y, finalmente, la generación de empleos e ingresos. La información incluida en estos protocolos fue elaborada a partir de la participación de los usuarios finales en los talleres teórico prácticos; el conocimiento de los investigadores principales, colaboradores y del equipo de trabajo del programa, en proyectos de investigación aplicada, de transferencia tecnológica e innovación en acuicultura confinada.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura chilena se desarrolla principalmente en sistemas de producción instalados en zonas costeras y/o secundariamente, en ambientes dulceacuícolas (ríos y lagos). Esta actividad ha crecido sostenidamente como una alternativa a la extracción de los recursos pesqueros que son cada vez más escasos. Según la FAO, en Chile la producción acuícola total creció desde 32.447 toneladas el año 1990 a 1.045.790 toneladas el año 2015. Sin embargo, las proyecciones de crecimiento y diversificación de esta actividad deberán enfrentar crecientes interacciones con otras actividades económicas y los espacios que ella ocupa.

Por otra parte, los diversos problemas medioambientales generados por la eutrofización de las aguas costeras, la disminución de los niveles de oxígeno en el agua, los problemas sanitarios y la limitada disponibilidad de agua, se consideran obstáculos claves para la expansión de la acuicultura convencional en jaulas y sistemas fluviales. En este contexto, la acuicultura chilena deberá demostrar que está dispuesta a crecer y desarrollarse de

acuerdo a principios sustentables y más amigable con el medio ambiente, reduciendo los impactos ambientales, económicos y sociales que la actividad conlleva. Lo anterior implica la búsqueda y desarrollo de innovaciones tecnológicas y de procesos productivos que tiendan a una acuicultura sostenible, diversificada y con mejor distribución social y geográfica. Se hace necesario que otros actores, organizaciones de pescadores, pequeñas empresas o comunidades costeras, puedan acceder a los beneficios y desafíos que genera la acuicultura.

En estas condiciones la Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA) ha sido una de las opciones que se ha investigado a nivel mundial. Esta técnica de cultivo busca desarrollar ecosistemas equilibrados que permiten reducir los impactos negativos sobre el medio costero, producidos por el vertido de desechos orgánicos e inorgánicos durante el proceso de cultivo. Este método se basa en la integración del cultivo de especies de diferentes niveles tróficos con la finalidad de crear un sistema donde el flujo de nutrientes excretado

por la producción de peces sea aprovechado por otras especies de interés comercial como las algas y otros organismos filtradores, generando así un sistema de cultivo sostenible.

Por otra parte, algunos países europeos, como Reino Unido, Irlanda, Italia y Noruega, han promovido el uso de Sistemas de Recirculación de Acuicultura (RAS), como una de las posibles soluciones y oportunidades para desarrollar a futuro la acuicultura. Esto, debido a que los desechos orgánicos e inorgánicos son rápidamente capturados y tratados en estos sistemas. Así, es posible reutilizar el agua y reducir la carga de desechos generados y liberados en el ambiente, desarrollándose una actividad más sostenible, amigable con el medio ambiente y de proyección futura. Como interpretación lógica, se plantea que el desarrollo de la acuicultura IMTA en sistemas RAS es una de las más prometedoras líneas de investigación y desarrollo hacia la diversificación y sostenibilidad futura de la acuicultura, uniendo en un solo sistema los beneficios de ambas tecnologías.

En este marco y con el objetivo de fomentar la Acuicultura Multitrófica Integrada de Pequeña Escala (AMIPE) en la región del Biobío, se desarrolló el proyecto de “Difusión de la tecnología de acuicultura integrada en tierra de pequeña escala al sector de pequeñas empresas de la pesca artesanal y comunidades costeras de la región del Biobío, como una herramienta para diversificar sus actividades productivas y de generación de ingresos”. Esta propuesta busca difundir la tecnología a través de una metodología basada en el “hacer y saber hacer”, generar capacidades tecnológicas de los usuarios que le permitan operar, mantener y administrar unidades de cultivo integrado productivas y comerciales a pequeña escala, generando capacidades comerciales y de emprendimientos de los participantes que les permitan maximizar el aporte económico del cultivo y la evaluación de nuevos negocios asociados o derivados de la actividad acuícola.



Antecedentes Generales

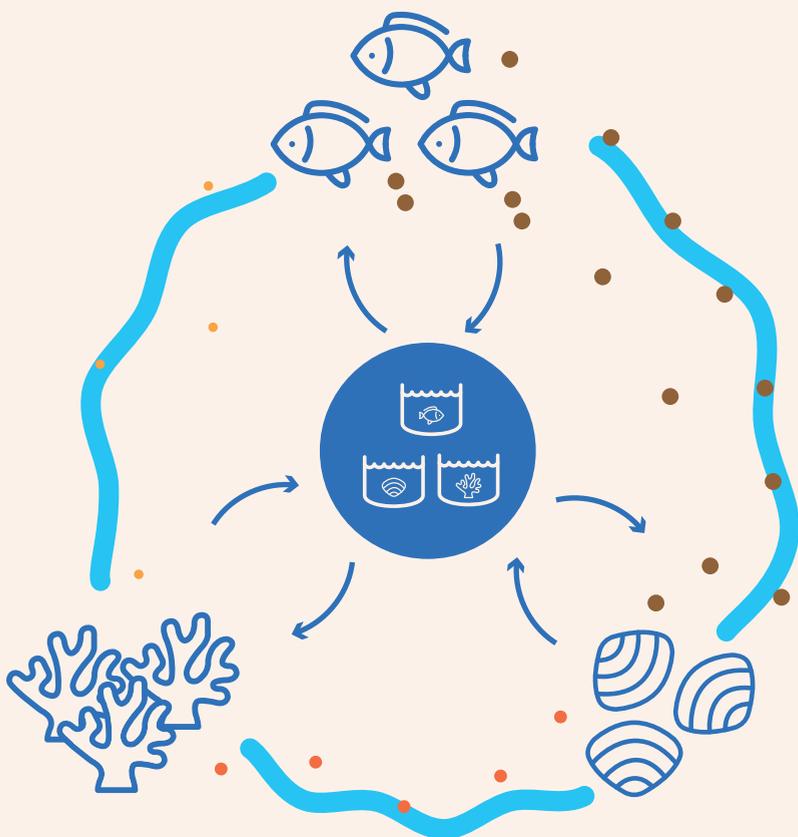
ACUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA

La Acuicultura Multitrófica Integrada, conocida por sus siglas en inglés IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture), consiste en una práctica de cultivo que combinan especies de diferentes niveles tróficos en un mismo sistema físico o instalación (integrado). Esta técnica emplea el cultivo de una especie principal (peces o moluscos), la que es alimentada de forma externa con alimento balanceado. Los desechos generados por esta especie, producto de la alimentación, son aprovechados para cultivar de manera integrada extractores orgánicos como especies filtradoras (moluscos), extractores inorgánicos como especies asimiladoras (algas), entre otros. De esta forma se crea un sistema balanceado de nutrientes. Así, el objetivo principal de este tipo de cultivo es mejorar la sustentabilidad de la actividad, a través de la retención de nutrientes, la diversidad de los productos, un mejor uso de los recursos, biomitigación y la reducción de enfermedades.

NIVELES TRÓFICOS O ALIMENTICIOS

Este tipo de cultivo busca mejorar la sustentabilidad de la actividad, por medio de la reutilización de nutrientes, la diversidad de los productos, un mejor uso de los recursos, biomitigación y la reducción de enfermedades.

Especie principal de cultivo es alimentada de forma manual con alimento balanceado.



Extractores inorgánicos como especies asimiladoras (algas)

Extractores orgánicos como especies filtradoras (moluscos)

ACUICULTURA DE Pequeña Escala (APE)

Se define a la APE como la actividad de cultivo de recursos hidrobiológicos realizada por micro y pequeñas empresas, según el Estatuto de Empresas de Menor Tamaño, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, es decir, que no superen las 10 hectáreas de superficie. Actualmente existen cerca de 1.000 concesiones de superficie menor a seis hectáreas que calzan con esta clasificación y además existen cerca de 100 concesiones cuyos titulares son organizaciones de pescadores artesanales. Esta actividad puede ser desarrollada en una concesión o en un Área de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMAERB).

La APE aún es incipiente en nuestro país, aporta un pequeño porcentaje de participación en la Acuicultura total del país, posee baja diversificación de especies y se encuentra concentrada en la zona sur del país, en la región de los Lagos. La mayoría de las explotaciones acuícolas de pequeña escala están dedicadas al cultivo de moluscos (mitílicos y ostiones), cultivo de macroalgas (pelillo) y algunos pequeños productores de trucha. Además, casi el 96% de la APE se

desarrolla en sistemas de cultivo extensivos en espacios marítimos costeros y secundariamente en ambientes dulceacuícolas asociadas a ríos y lagos.

Como información adicional, el cultivo en sistemas suspendidos en zonas costeras de la región del Biobío, principalmente chorito, ostras y otros filtradores, ha presentado condicionantes que han limitado seriamente su implementación y puesta en marcha. Especialmente por: i) Condiciones oceanográficas de oleaje y corrientes que dañan las instalaciones flotantes; ii) Bruscas variaciones del oxígeno disuelto en la columna de agua generando zonas de anoxia inadecuadas para la acuicultura; y iii) Una limitación de zonas adecuadas para desarrollar esta acuicultura, producto de contaminación y conflictos de uso con otras actividades (Áreas de Manejo, Concesiones, otros). Es relevante considerar los esfuerzos de la UCSC en el desarrollo, aún incipiente, de tecnología para estas especies en zonas costeras expuestas.

Por su parte, en la legislación chilena se está tratando de potenciar la APE

como una alternativa productiva para micro y pequeñas empresas, como también para organizaciones de pescadores y pescadoras artesanales a lo largo del país. La administración pesquera ha puesto énfasis en promover medidas como la Ley de Bonificación al Cultivo

y Repoblamiento de Algas y el Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca Artesanal y de la Acuicultura de Pequeña Escala, INDESPA, de manera de contribuir a mejorar la capacidad productiva y comercial de la pesca artesanal y de la acuicultura de pequeña escala.



ACUICULTURA MULTITRÓFICA Integrada De Pequeña Escala (AMIPE)

Dadas las ventajas productivas y de operación que presenta la tecnología de recirculación, en los últimos años se ha mejorado la técnica disponible para estos sistemas confinados en tierra. La tecnología ha crecido asegurando la posibilidad de trabajar con diferentes niveles de reuso del agua. Los recambios de agua fresca entre 30 a 5% diario permiten reducir los costos de bombeo de agua de mar, aumentando los volúmenes de producción y utilizando tecnologías y procedimientos que reducen los consumos de energía.

Adicionalmente, a la acuicultura en tierra con tecnología de recirculación se le han agregado los beneficios de trabajar en una acuicultura multitrófica integrada (IMTA), más amigable con el medioambiente, que permite reducir los riesgos de producción y aumentar los ingresos económicos por medio de la diversificación en número y tipo de especies que pueden cultivarse en forma paralela. Es importante destacar que, con la integración de estas tecnologías o métodos de producción, es posible ingresar y mantener en estos sistemas

individuos vivos de un tamaño pre-comercial, por un determinado tiempo, facilitando ingresos continuos por venta y evitando los costos y riesgos que significaría desarrollar toda su fase de cultivo. Desde esta perspectiva, se plantea la acuicultura multitrófica integrada en estanques en tierra de Pequeña Escala (AMIPE-tierra), como una opción concreta frente a las limitaciones que presenta la acuicultura de filtradores en la zona costera de la región, facilitando la puesta en marcha de una acuicultura de pequeña y mediana escala en la región del Biobío. Adicionalmente, esta técnica de cultivo puede ayudar a reducir la brecha cultural, tecnológica y económica para que los pescadores artesanales puedan instalar y operar sistemas de producción con especies marinas autóctonas y/o exóticas de alto valor comercial en tierra. La incorporación de los sindicatos de pescadores y pequeños productores a la tecnología de cultivo en tierra permitirá en un mediano y largo plazo diversificar las especies que se cultivan, en la búsqueda de un mayor valor en el

producto, programar la producción y asegurar, gracias a la venta de productos vivos, una calidad en toda la cadena de comercialización. Además, una acuicultura más estable y diversificada facilita encadenar esta actividad a otras que permitan mantener a los pescadores relacionados con sus tradiciones de uso de los recursos pesqueros (Turismo aventura, restaurant, marisquerías, venta de productos vivos, etc.).



Beneficios

DE PRACTICAR AMIPE en TIERRA (caletas)



Ahorro de agua



Diversificación de las
especies para el cultivo



Reutilización
de nutrientes



Permite el cultivo y mantención de especies para su venta en vivo.



Un cultivo ecológico más amigable con el medio ambiente



Posee una mejor aceptación social del cultivo.



Incrementa los beneficios económicos de los cultivos.



Manejo operativo de los sistemas es bajo o casi nulo.



Mayor valor agregado de los productos cosechados



Genera encadenamientos productivos en la comunidad costera (cocinerías, restaurantes y turismo)

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMIPE

La tecnología de recirculación del AMIPE en tierra está conformada por seis componentes principales: las unidades de cultivo, el sistema de bombeo de agua, el sistema de filtración mecánica y biológica, sistema de aireación y el sistema de desinfección UV.

A) UNIDADES DE CULTIVO:

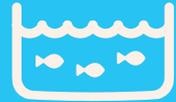
Son los recipientes que permiten mantener las especies de cultivo, tales como peces, moluscos o algas, en ambiente controlado. Estas unidades de preferencia deben ser redondas para ayudar a la auto-limpieza de las unidades. Constituye uno de los componentes de mayor valor del sistema AMIPE, sin embargo, pueden utilizarse estanques de bajo costo, que tengan alta resistencia a la luz solar y a la intemperie. Pueden ser de distintos materiales como fibra de vidrio, polietileno, cemento, lona plástica, otros. Las dimensiones pueden variar según la disponibilidad en el mercado, pero una dimensión adecuada puede variar de 3 a 6 metros de diámetro y 1 a 2 m de altura para facilitar el manejo.

B) SISTEMA DE BOMBEO:

Conformado por una o más bombas que permiten el movimiento del agua de cultivo al interior del sistema AMIPE. Por lo general se utilizan bombas centrífugas que están compuestas por un motor y un cuerpo de material plástico. El tipo de material de las bombas es muy importante ya que debe de ser resistente a la corrosión marina, se recomiendan las que se utilizan en las piscinas. La cantidad de bombas a utilizar en el sistema dependerá del volumen de agua a mover y de la capacidad en HP (caballos de fuerza) de la bomba.

C) SISTEMA DE FILTRACIÓN DE TAMIZ O CEDAZO:

Permite limpiar los desechos sólidos, alimento y heces que se acumulan en el agua del sistema AMIPE. Está compuesto por una serie de tamices que permiten el retiro de sólidos de distintos tamaños. Pueden ser mallas de nylon, acero inoxidable o algunos tipos de mangas de nylon para retirar sólidos entre 200 y 60 micras de diámetro. Además, pueden existir algunos filtros de cartucho para partículas de menor tamaño (entre 5 y 20 micras) que permiten tratar con bajos volúmenes de agua. Existen otros equipos más sofisticados de mayor



**UNIDADES DE
CULTIVOS**



**SISTEMA
DE BOMBEO**



**SISTEMA DE
FILTRACIÓN
DE TAMIZ**

precio, sin embargo, un adecuado juego de tamices, utilizados para filtrar partículas de mayor a menor tamaño, pueden ayudar bastante en mantener la limpieza del agua de cultivo.

D) SISTEMA DE FILTRACIÓN BIOLÓGICA:

Este sistema permite remover del agua los desechos inorgánicos disueltos que se generan durante el cultivo de las especies. Pueden ser bolsas con materiales plásticos (biobloc o viruta plástica), mangueras cortadas, piedras, redes, virutas plásticas, otros. Este sistema constituye el principal punto crítico del sistema AMIPE, ya que está compuesto por bacterias que son organismos vivos que se fijan al material, por lo que se debe dar una condición adecuada de oxígeno, pH, alcalinidad y temperatura en el agua para mantener viva esta población de bacterias. Por lo general se debe implementar un biofiltro de forma artesanal o se pueden comprar en el mercado material con bacterias ya adheridas.

E) SISTEMA DE AIREACIÓN:

Este sistema está compuesto por un soplador o compresor de aire, el que distribuye y guía el aire por medio de mangueras a las piedras difusoras,

las que ingresan el aire a las unidades de cultivo, formando varias micro burbujas que en contacto con el agua entregan el oxígeno necesario para la respiración de las especies de cultivo.

F) SISTEMA DE DESINFECCIÓN UV:

El sistema de desinfección UV, es un equipo que permite la desinfección efectiva de cualquier patógeno que pueda existir en la fuente de agua (bacterias o virus).

Además, existen algunos materiales como tuberías, Fitting y válvulas de PVC que permiten la conexión de cada elemento en el sistema, las dimensiones dependerán de los requerimientos del sistema, lo más utilizado sería tubería de 32, 50 y 110 mm de diámetros, Fitting y válvulas de las mismas dimensiones.



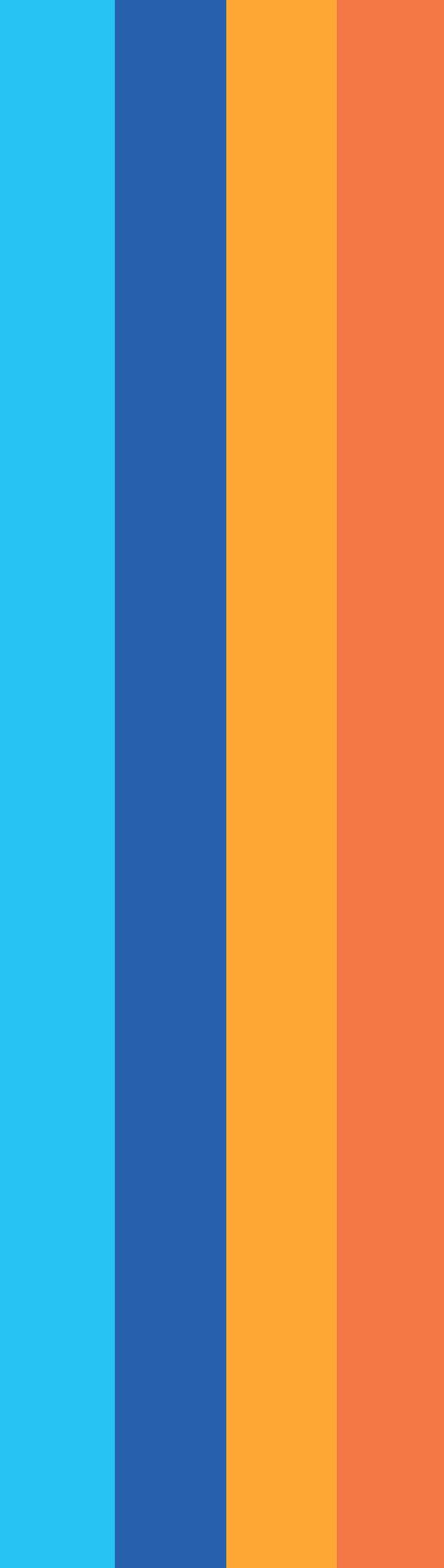
**SISTEMA DE
FILTRACIÓN
BIOLÓGICO**



**SISTEMA DE
AIREACIÓN**



**SISTEMA DE
DESINFECCIÓN
UV**



PROTOS

**TÉCNICOS PARA
LA INSTALACIÓN
DE SISTEMAS DE
ACUICULTURA
MULTITRÓFICA
INTEGRADA DE
PEQUEÑA ESCALA
EN TIERRA**

PROTOCOLO 1

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS AMIPE

Cuando hablamos del dimensionamiento del sistema AMIPE, se refiere a la definición del nivel de producción máximo que esperamos obtener del sistema de cultivo, denominado objetivo productivo (kilogramos o número de peces, moluscos o algas), y a partir de esto determinar número de unidades de cultivos, sistema de filtración, bombeo, entre otros. La producción esperada está definida principalmente por las expectativas de venta (mercado existente y potencial, precio de venta esperado, entre otros) y la rentabilidad que se espera obtener de la producción. También, el nivel de producción puede estar limitado por la superficie de cultivo disponible, el acceso al agua en términos de cantidad y calidad y en menor medida el acceso físico a los puntos de venta u obtención de materias primas e insumos. Otra variable relevante son las limitantes ambientales a la producción. La Ley General de Pesca y Acuicultura y el Reglamento Ambiental para la Acuicultura, definen restricciones en términos de zonas disponibles para la acuicultura, especies a cultivar y niveles de producción, en función

de las condiciones ambientales, bio-ecológicas y oceanográficas, principalmente. Dadas las características del AMIPE, se espera que los niveles de producción de peces no superen las 15 toneladas anuales.

De acuerdo a lo anterior, el protocolo para dimensionar el sistema AMIPE es el siguiente:

- 1. Establecer la producción anual que se quiere producir de peces (objetivo de producción), considerando las variables limitantes descritas.**
- 2. Establecer un plan de producción que le permita trabajar en lotes de cultivo.**

Esto tiene la finalidad de realizar la producción en grupos de peces de manera secuencial, lo que le permite requerir de menos infraestructura para realizar el cultivo. Es recomendable que la producción definida se cultive en 3 lotes o grupos de peces.
- 3. Establecer la densidad de cultivo óptima para realizar el cultivo. Para el sistema AMIPE la densidad de cultivo recomendada varía entre 20 a 25 kilos por metro cúbico de agua.**

disponibles que se encuentren en el mercado. Sin embargo, es recomendable privilegiar aquellos estanques con una relación entre el diámetro y altura de 3:1 (D/h), esto le ayuda a mejorar la auto limpieza al interior de los estanques. Esto quiere decir que, si un estanque tiene 6 metros de diámetro, el alto debe ser de 2 metros.



5. Determinar la biomasa máxima de peces que se puede mantener en condiciones adecuadas de cultivo en los estanques.

Esto se realiza multiplicando el volumen del estanque en metros cúbicos por la densidad de cultivo en kilos por metro cúbico. Por ejemplo, si tiene un estanque de 6 m de diámetro y 2 m de alto, el volumen de este estanque es de 56 metros cúbicos aproximadamente. Así, la biomasa máxima de peces que se puede mantener es de 1400 kilos en el estanque (a una densidad de 25 kg por metro cúbico).

$$\text{Biomasa Estanque (Kg)} = \frac{56\text{m}^3 \times 25 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 1400 \text{ kg} = 1,4 \text{ ton}$$

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE:

Para mantener la biomasa de peces en el sistema de cultivo AMIPE, se necesitan mantener en estanques del sistema de cultivo, alrededor de 0,25 kilos de algas por kilo de alimento y 0,38 kilos de moluscos por kilo de alimento. Además, para el cultivo de las algas y moluscos, se necesita un área de exposición solar de al menos 0,7m² por kilo de algas y un volumen de agua de 0,05m³ por kilo de moluscos.

6. Determinar el número de estanques necesarios para cumplir con el objetivo productivo y el plan de producción.

Por ejemplo, si desea producir 12 toneladas anuales, necesita de 3 estanques de 56 metros cúbicos de agua para la producción definida (en 3 lotes o grupos de peces).

$$\text{N}^\circ \text{ de Estanques} = \frac{\text{Producción Lote}}{\text{Biomasa Estanque}} = \frac{(12 \text{ ton}/3)}{1,4 \text{ ton}} = 3 \text{ estanques}$$

7. La cantidad de estanques determinados, son los estanques de peces que debe considerar en la instalación del sistema AMIPE.

Nota: Si se cultiva en un solo lote o grupo de peces, entonces necesitará el triple de los estanques indicados, es decir, 9 estanques.

PROTOCOLO 2

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE INSTALACIÓN

1. Terreno nivelado y plano, con poca o nula permeabilidad. Esto asegura que no se hundan o entierren los componentes del sistema AMIPE en el suelo, lo que puede generar problemas durante el funcionamiento y operación de sistema.
2. Sitio cercano a la fuente de agua y con poca distancia diferencial entre el punto de succión de agua hasta el punto de descarga. Esto permite tener una bomba de menor potencia para efectuar la impulsión de agua desde el punto de succión hasta el punto de descarga.
3. Perímetro cerrado y techado, con seguridad adecuada para proteger

el cultivo y evitar daños económicos considerables por robos. Protegido de las condiciones ambientales, principalmente vientos y lluvia.

4. La zona de cultivo de algas, debe permitir el paso de la luz solar con planchas de policarbonato o similar. Esto permite el proceso fotosintético de las algas para su adecuado desarrollo y crecimiento.
5. Disponibilidad de energía eléctrica para el funcionamiento de equipos e iluminación, contar con respaldo energético (generador eléctrico) en caso de corte de luz.
6. Accesibilidad adecuada durante todo el año para el traslado de materiales e insumos, ingreso de visitas y personal, como también para labores operativas, ejemplo: cosecha y venta de productos del cultivo.



Terreno con poca pendiente



Ubicación cercana a la fuente de agua



Protección de viento y lluvia



Luz solar para algas



Acceso a energía eléctrica



Acceso al sitio de cultivo



PROTOCOLO 3

CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA AMIPE

Este protocolo considera el diseño estándar de sistema AMIPE incluido en el esquema 1 adjunto, para comprender la posición de los elementos (secciones) y el paso de flujo de agua en las distintas unidades para su tratamiento. En el caso de que se instale más unidades de cultivo de peces, moluscos o algas, se debe seguir la misma secuencia lógica de posición de los elementos. Sólo se debe considerar extender tuberías y encausar el agua por los distintos elementos del sistema.

REGLAS GENERALES DE INSTALACIÓN

1. Todas las plataformas deben ser reforzadas para resistir el peso del agua que contiene el estanque. La altura de cada plataforma varía según la altura de salida de agua de cada estanque para asegurar la descarga por gravedad al estanque ecualizador.
2. Las plataformas para peces, moluscos, algas y estanque decantador deben tener una abertura central en la superficie de 30x30 cm para salida del desagüe inferior de estos estanques.
3. Toda la tubería de descarga de agua que une cada elemento del sistema, debe ser de 110 mm. La tubería de succión de la bomba e ingreso de agua a los estanques de peces debe ser de 50mm de PVC Hidráulico.
4. Se debe considerar reducción de 50-32mm, para aquella tubería que conecta la válvula de regulación de caudal de agua de cada estanque y su dispositivo de ingreso de agua. La conexión del dispositivo se debe realizar con tubería y Fitting de 32mm de PVC Hidráulico.
5. Utilizar uniones americanas de 32mm de PVC Hidráulico en el dispositivo de ingreso de agua, esto le permite dar movilidad al dispositivo para dirigir el chorro de agua a 45° desde la pared del estanque de peces.
6. Toda la tubería de conexión de cada elemento, desagües inferiores y superiores deben ser dirigidas y conectadas a ras de suelo con codo de 90°. Esto permite que el peso del agua de las tuberías sea soportado por el suelo.

7. Al interior de cada estanque de peces, se debe acoplar una tubería en el desagüe inferior del estanque. Esta tubería debe ser de 110mm y una altura mínima de 0.8 m. Además, debe tener calados rectangulares que permitan el paso del agua del estanque por el desagüe. En su interior debe llevar una malla de plástico con una luz de malla que impida el escape de peces.

8. En las tuberías de 110 mm, considere la instalación de TEE de registro de 110mm para realizar la limpieza de las tuberías.

REGLAS ESPECÍFICAS DE INSTALACIÓN

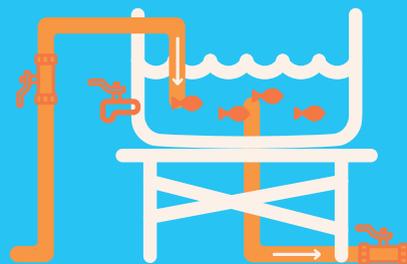
Estanque de Peces

9. El estanque de peces debe considerar un desagüe inferior central de 110mm.

10. En cada estanque de peces se debe instalar una válvula de PVC de 110mm. Esta debe quedar instalada a 20cm desde el borde exterior de la plataforma. Esto permite un adecuado manejo de la válvula.

Estanque Decantador de Sólidos

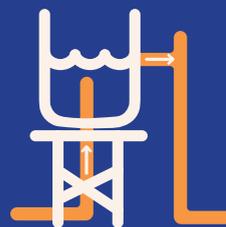
11. La distancia entre la plataforma del estanque de peces y el estanque



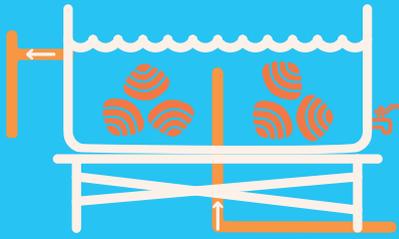
**estanque
de peces**



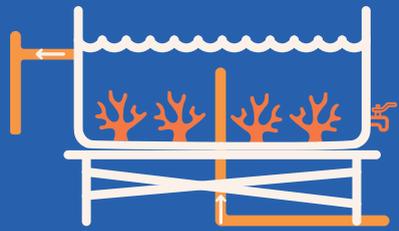
**estanque
decantador**



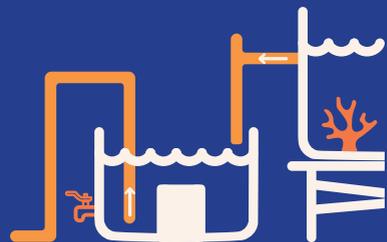
**desagüe estanque
decantador**



**estanque
de MOLUSCOS**



**estanque
de ALGAS**



**estanque
ecualizador**

decantador debe ser de 0.5 m. Esto permite tener una mejor movilidad para labores de limpieza y operación.

12. El estanque decantador debe considerar un desagüe inferior central de 110mm. Puede ser de menor dimensión, mínimo de 75mm. Si utiliza una dimensión menor a 110mm, debe considerar reducciones para conectar el decantador al estanque de peces.

13. Al interior del estanque decantador, se debe acoplar una tubería en el desagüe inferior del estanque. La tubería debe ser de 110mm o similar según dimensión del desagüe. Esta debe ser lisa y de largo adecuado hasta llegar a 15 cm bajo el borde superior del estanque de peces.

FILTRO PARABÓLICO + RECIPIENTE CONTENEDOR

14. Se debe instalar una descarga superior (desagüe superior) en el estanque decantador, una salida de 110mm para encausar el agua al filtro parabólico. La descarga debe quedar a 5 cm bajo el borde superior del estanque decantador.

15. En el extremo opuesto de la tubería de 110mm, se debe instalar una tapa de la misma dimensión. El

largo de la tubería debe ser mínimo de 1,2 m, sin embargo, esta distancia va a depender de la dimensión del filtro parabólico.

16. En la tubería se debe realizar un calado de 4mm de espesor y 45 cm. Por este calado saldrá el agua de descarga del estanque de peces. La posición de la tubería debe permitir la salida del chorro de agua a 45° a la malla del filtro parabólico.

17. El recipiente contenedor debe estar ubicado a 50 cm bajo el borde inferior de la tubería de descarga superior del estanque decantador.

18. El filtro parabólico debe ser de dimensiones, alto de 60 cm y ancho de 55 cm. Debe ser soportado sobre el recipiente contenedor y sujeto a la tubería del estanque decantador.

Estanque de Moluscos

19. El estanque de moluscos debe considerar un desagüe inferior central de 110mm.

20. Se debe conectar cada recipiente contenedor a una tubería central para encauzar el agua hasta el desagüe inferior del estanque de moluscos. La dimensión de conexión de Fitting y tubería debe ser de 110mm.

21. La descarga superior (desagüe superior) del estanque de moluscos debe ser de 110 mm. Esta debe quedar al menos 10 cm bajo el borde inferior de la tubería de descarga del recipiente contenedor. De acuerdo a esto, es necesario que el estanque esté más bajo que el estanque de peces y no al mismo nivel. Para esto se debe dar la altura necesaria a cada plataforma para cumplir con esta condición.

22. Se debe considerar una descarga superior del estanque de moluscos de 110 mm para encauzar el agua al estanque de algas y conectarlo en el desagüe inferior de este estanque.

Estanque de Algas

23. El estanque de algas debe considerar un desagüe inferior central de 110mm.

24. Se debe considerar una descarga superior (desagüe superior) del estanque de algas de 110 mm para encauzar el agua al estanque ecualizador.

ECUALIZADOR

25. Colocar el estanque ecualizador por debajo del desagüe superior del estanque de algas. Si es necesario instalar una plataforma con las dimensiones adecuadas..

26. Instalar un filtro de tamiz tipo manga en la salida de la descarga de agua al ecualizador.

27. Asegurar que toda el agua del estanque de algas caiga de forma adecuada al estanque ecualizador, no debe existir pérdida de agua en este punto.

28. En este estanque es posible instalar un biofiltro si la extracción de los compuestos nitrogenados que realizan las algas tiene problemas o es inestable.

Instalación de La Bomba de Agua

29. Instalar la succión de la bomba mediante tubería y Fitting de PVC Hidráulico de 50mm.

30. Instalar una válvula de retención en la succión de la bomba, a ras del fondo del estanque ecualizador. Esta válvula de permite succionar el agua y mantener cebada la bomba.

31. Instalar una válvula de 50mm en la descarga de la bomba para regular el caudal de esta.

32. Mediante tubería y Fitting de PVC Hidráulico de 50mm, realizar las conexiones necesarias para conectar

cada dispositivo de ingreso de agua a los estanques de peces.

Instalación del Soplador de Aire + Difusores

33. Instalar a 2 m desde el suelo el soplador de aire. Esta instalación es externa y no corresponde al circuito del movimiento de agua del sistema.

34. De acuerdo al tipo de equipo, instalar las conexiones necesarias para las salidas de aire con mangueras de aireación de 4mm.

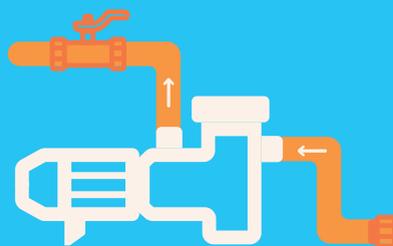
35. Instalar inicialmente 4 difusores de aire por estanque, mediante conectores (Y y T) y mangueras de aireación lo suficientemente largas para llegar con el difusor al interior de los estanques de peces, moluscos o algas.

36. Los difusores deben quedar al centro del estanque a 10 cm sobre el fondo de este.

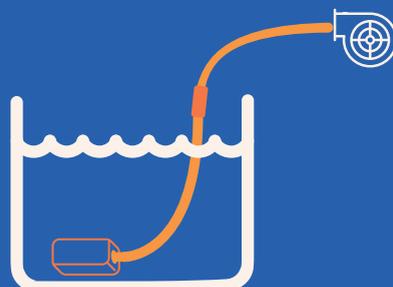
37. Por cada manguera de ingreso, se debe considerar la conexión de una válvula de paso de aire de 4mm. Esta debe quedar visible y de fácil acceso para su manipulación.

Recomendaciones Generales

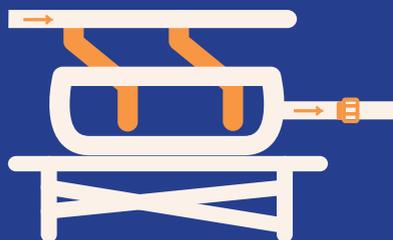
- Utilizar nivel de agua o similar para medición de las alturas necesarias en el sistema AMIPE.
- Considerar la instalación de uniones americanas cada 3 m en la tubería de conexión de la bomba a los dispositivos de ingreso de agua a los estanques de peces. Esto le permite soltar la tubería para limpieza.
- Dejar siempre los espacios adecuados entre los estanques, que le permita un movimiento libre en el sistema para realizar labores de limpieza.
- Instale mallas de protección en los estanques de peces, para evitar la salida de peces desde las unidades (por salto).
- Privilegiar siempre el uso de estanques cilíndricos (diámetro superior e inferior de igual dimensión).
- Instalar bombas sumergibles de agua en el estanque de peces y algas para asegurar la mezcla de agua en estas unidades.



**BOMBA
DE AGUA**



**SOPLADOR DE
AIRE Y DIFUSOR**

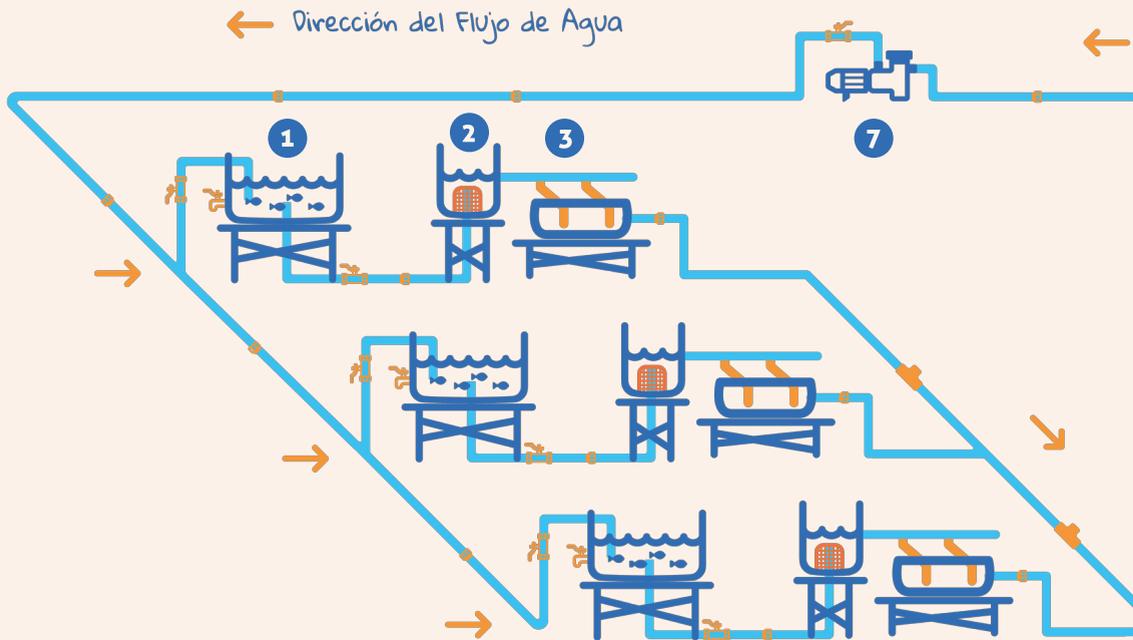


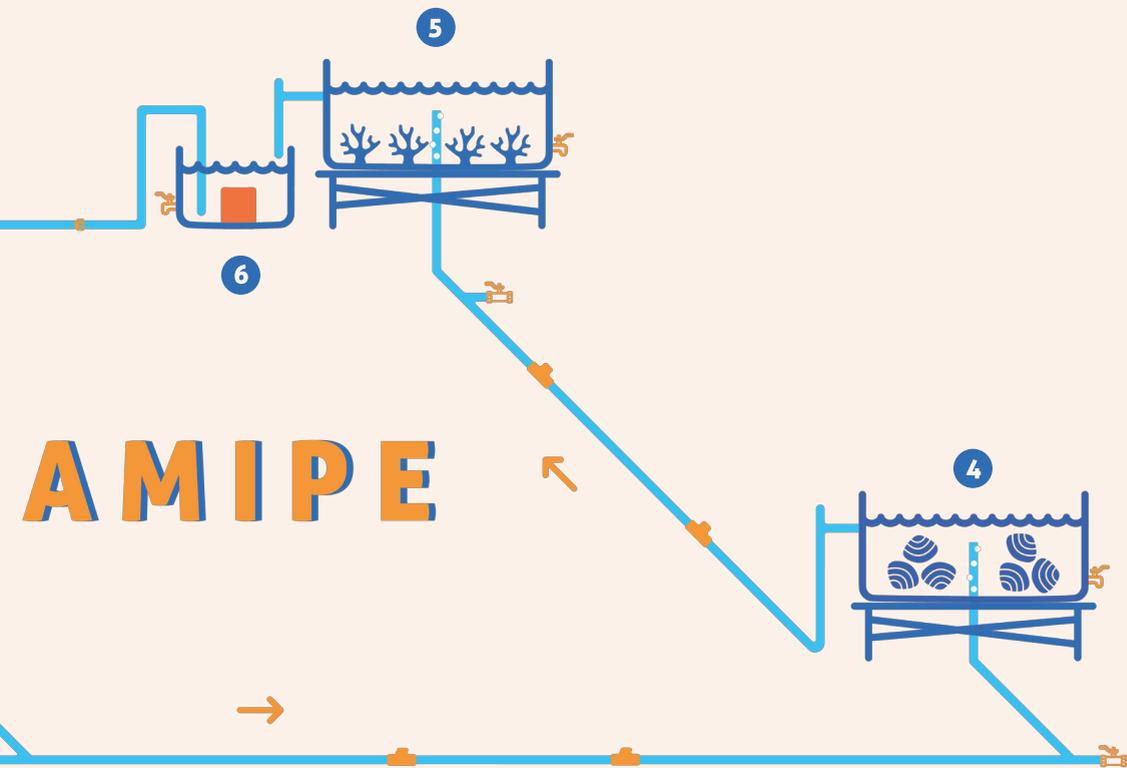
**FILTRACIÓN
mecánica FINA**

Plano General

de Distribución del Sistema AMIPE del sistema AMIPE

1. Estanque de peces
2. Estanque decantador y filtro de cedazo tipo canastillo
3. Recipiente contenedor + filtro de cedazo tipo parabólico
4. Estanque de Moluscos
5. Estanque de Algas
6. Estanque Ecuador y Biofiltro
7. Bomba de recirculación de agua





AMIPE

PROTOCOLO 4

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA AMIPE

La puesta en marcha del sistema AMIPE ocurre después de la instalación, y corresponde al proceso en el cuál se verifica el funcionamiento adecuado y sin fallas del sistema. Como, por ejemplo, verificar niveles de agua, caudales, filtraciones, adecuado funcionamiento de los equipos, entre otros.

1. Llenar con agua fresca (filtrada y desinfectada) todo el sistema AMIPE, estanques, unidades de tratamiento y ecualizador.
2. Encender la bomba de recirculación de agua del sistema.
3. Regular el paso de agua de la bomba con su respectiva válvula, y la válvula del dispositivo de ingreso de agua de cada estanque de peces.
4. Agregar agua en caso de que la bomba succione aire por falta de agua.
5. Esperar entre media hora y cuarenta minutos que se establezca la recirculación de agua en el sistema, es decir, que el nivel de agua en cada

estanque se mantenga estable.

6. Medir el caudal de agua que sale en el desagüe superior del estanque de algas y que cae el ecualizador.
7. Determine el caudal de recirculación para generar una tasa de recambio adecuada, entre 0,5 a 1 vez por hora.
8. Si el caudal de agua medido no es el que usted determinó deberá abrir o cerrar la válvula según corresponda, hasta obtener un caudal aproximado al determinado.
9. Si el caudal es aproximado al requerido, entonces verifique el nivel de agua.
10. Verifique si existe alguna filtración y observe el funcionamiento del sistema en uno o dos días.
11. Si todo está bien, entonces se encuentra en condiciones de ocupar el sistema AMIPE.

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUA DEL SISTEMA

La tasa de recambio de agua (TRA), es el número de veces que se cambia el agua de todo el sistema de cultivo o de un estanque por hora. Una tasa de recambio de agua adecuada en un estanque o sistema varía entre

0,2 a 3 veces por hora. Mientras menor sea este número, el agua se demorará más tiempo en entrar y salir del estanque, el agua se mueve más lento. Por el contrario, al aumentar el valor el agua se moverá más rápido dentro del estanque, la bomba deberá trabajar más y es posible que las especies en cultivo se vean afectadas negativamente por este movimiento.

Para medir la tasa de recambio, se debe medir primeramente el caudal del sistema y luego dividirlo por el volumen del sistema (suma de todos los estanques que contienen agua en el sistema de cultivo). En fórmula sería:

$$\text{TRA} \left(\frac{\text{vez}}{\text{h}} \right) = \frac{Q (\text{l/min}) \times (60 \text{ min/h})}{V (\text{l})}$$

Donde:

TRA corresponde a la tasa de recambio de agua en veces por hora; Q corresponde al caudal que se utiliza en el sistema o estanque en litros por minutos y V es el volumen total del sistema o estanque en litros.

Como ejemplo, si usted tiene un estanque de cultivo con un volumen de agua de 56.000 litros, y al medir el caudal de agua a la salida de este obtiene un valor de 300 litros por

min, su TRA será de 0,32 veces/h. Esto significa que aproximadamente sólo el 30% de toda el agua del estanque se cambia en una hora, o que necesita casi 3 horas para cambiar toda el agua del estanque.

Regulación de caudales

La regulación de caudales en el sistema es un proceso fundamental para el funcionamiento adecuado del sistema, el que permite mantener una mezcla adecuada de nutrientes y la eliminación de las heces y residuos sólidos al interior de los estanques. En esta actividad, se hace uso de la válvula conectada a la bomba y a las ubicadas al ingreso de cada estanque.

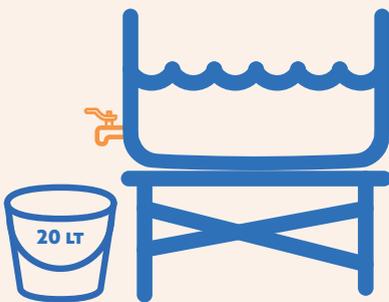
En el caso de que se instalen varios estanques de peces:

- La válvula de paso de agua del primer estanque debe estar más cerrada que las otras. Aumentar un poco la abertura de las válvulas de un estanque a otro, hasta llegar con la abertura máxima en la última válvula.
- Se debe verificar visualmente que cada entrada de agua a los estanques el caudal sea similar. Puede realizar la medición del caudal si es necesario.
- Si se mueve una válvula en el

circuito, se modificará el caudal de agua de las otras válvulas aun cuando usted no las mueva. Es por esto que es ideal establecer las aberturas correctas para que cuando manipule la válvula principal de la bomba, el chorro de agua de los dispositivos de ingreso de agua sea similar entre un estanque y otro.

Medición de caudales

Para medir el caudal del sistema de cultivo AMIPE, debe colocar un recipiente graduado de volumen conocido a la salida del chorro de agua que sale del estanque de algas y que llega al equalizador, tomar el tiempo mientras se llena el volumen de agua cuantificado. Debe realizar este procedimiento mínimo 4 veces para tomar un tiempo promedio.



Por ejemplo, se realizaron 4 mediciones para llenar el balde de 20 litros de agua de la figura y los datos dieron los siguientes:

Entonces el caudal se obtiene: dividiendo 20 litros entre 24,25 segundos, obteniendo un caudal de 0,82 l/s o 49,2 l/min.

El cuaderno muestra una tabla con los siguientes datos:

	Seg
1	25
2	22
3	24
4	26 +
	97 ÷ 4
Promedio	24,25

Nivel de agua en el sistema

El nivel de agua adecuado del sistema AMIPE, será aquel que permita cubrir todo el biofiltro del sistema en el estanque equalizador.

Este estanque permite la acumulación de agua, el tratamiento biológico y posterior distribución del agua a los estanques de peces. Se puede fijar un nivel de agua, sobre 20 cm del biofiltro o un poco más para cubrir la totalidad de este (fig.1).

Cuando el sistema está funcionando mal o se encuentre regulando el caudal, ocurrirán las siguientes situaciones:

Sobre el nivel establecido: Esto significa que el caudal de la bomba es muy bajo, por lo que tiene que abrir un poco más la válvula para aumentar el caudal.

Bajo el nivel establecido: Esto significa que el caudal de la bomba es muy elevado, por lo que tiene que cerrar un poco más la válvula para disminuir el caudal.

Nivel de Agua Establecido: Esto ocurre cuando el nivel de agua no sube ni baja, es decir, se encuentra estable.

En este caso, puede ocurrir que el nivel se encuentre estable, pero le falte agua al ecualizador (bajo el nivel), entonces debe agregar agua hasta completar. Por el contrario, si tiene mucha agua (sobre el nivel), entonces puede extraer el agua que sobra.

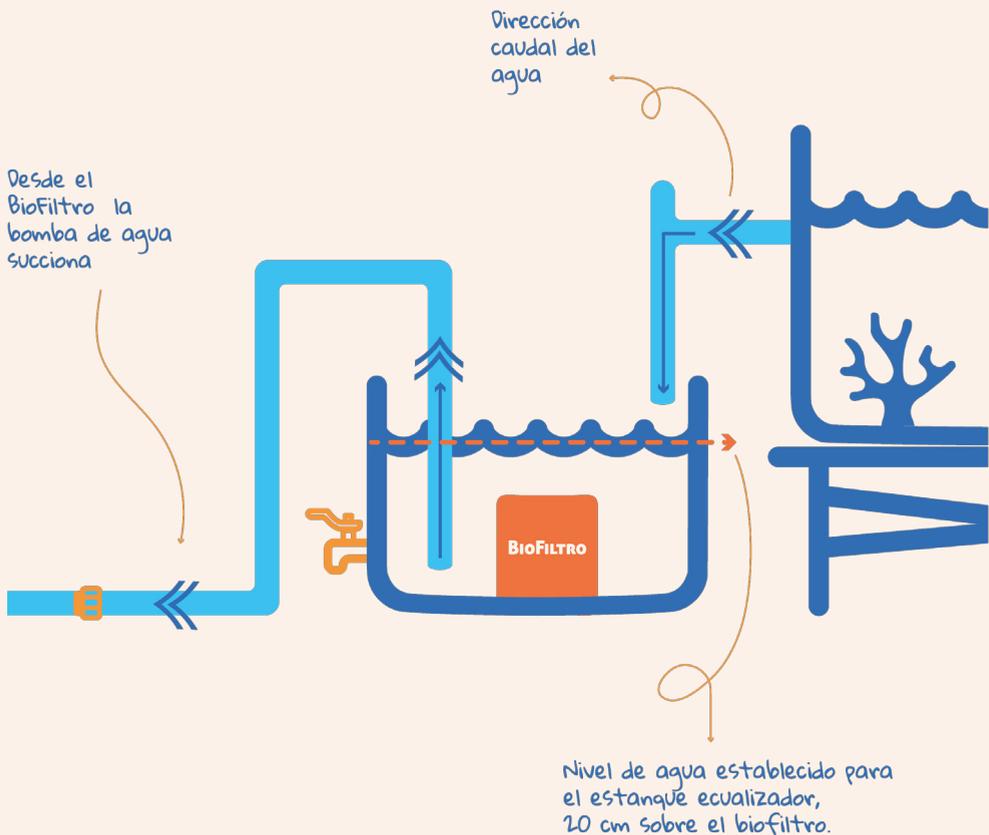


Figura 1. Indica el nivel adecuado de agua que se debe mantener en el sistema de cultivo.



PROTOSCOLOS DE MANEJO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA AMIPE

Las actividades de mantención y operación permiten la sobrevivencia de las especies cultivadas durante su periodo de cultivo hasta lograr las características deseadas para su comercialización y venta (ej. peso o talla, color, sabor, otros), como también cumplir con las exigencias sanitarias correspondientes.



PROCOLO 1

Manejo de la MORTALIDAD

Esta actividad es fundamental para saber cuántos individuos (unidad o biomasa) hay en los estanques de cultivo de peces, moluscos y algas. Un adecuado manejo de la mortalidad previene la propagación de posibles enfermedades en los sistemas AMIPE. El factor limitante en la revisión corresponde al tamaño del estanque y la turbiedad del agua, se debe ser cuidadoso a la hora de la revisión.

Se requiere de un implemento adecuado de extracción (quecha), el que debe estar siempre sumergido en una solución de desinfección y un balde de recolección. Para el almacenamiento de la mortalidad se debe contar con un recipiente o bins hermético que evite derrames y con una capacidad adecuada para contener grandes volúmenes de biomasa muerta.

A) PROCEDIMIENTO PARA LA REVISIÓN Y MANEJO DE MORTALIDAD

1. Diariamente revisar y extraer la mortalidad de los estanques de cultivo.
2. Lavar con abundante agua el

implemento de extracción propio del sistema, retirar todo resto de desinfectante.

3. Extraer la mortalidad visible y depositar en el balde de recolección.
4. Para el caso de estanques de peces, remover el fondo del estanque con el implemento de recolección para asegurar una adecuada revisión.
5. Trasladar la mortalidad al bins de almacenamiento.
6. Lavar el implemento de extracción y dejar en balde con solución desinfectante hasta su próximo uso.
7. Lavar y desinfectar balde de recolección.
8. Registrar la mortalidad: día, cantidad y unidad de procedencia.
9. Reducir del inventario correspondiente.
10. Realizar el mismo procedimiento para todos los estanques de cultivo.

B) DISPOSICIÓN FINAL DE MORTALIDAD:

Cada 15 días o mensual, traslade los bins a una empresa de eliminación de materia orgánica o pida su retiro a la misma empresa. Registre el día de retiro y la cantidad en Kg eliminada.



Solución yodada



Quecha

PROTOCOLO 2

CONTROL DE VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA

Comprobar la calidad de agua del cultivo constituye la etapa más importante, porque el agua es el medio donde viven las especies de cultivo. Si la calidad no es adecuada, la sobrevivencia de los individuos se verá afectada y puede generar daños económicos considerables producto de la pérdida por mortalidad de las especies cultivadas.

La calidad del agua es definida por las propiedades físicas y químicas que posee, tales como amonio, nitrito, pH, temperatura, oxígeno, otros. Estas variables deben ser medidas y sus valores deben ser comparados con límites aceptables para las especies en cultivo. Estos límites varían de una especie a otra, sin embargo, se pueden establecer valores estándares para sistemas de cultivo AMIPE.

A) LÍMITES ACEPTABLE DE CALIDAD DE AGUA:



Temperatura: entre 12 y 18°C



Nitrato: menor a 300mg/L



PH: entre 6,5 a 8



Nitrito: menor a 2mg/L en agua dulce, menor a 10 mg/L en agua de mar.



Oxígeno disuelto: mayor a 6 mg/L



Dióxido de carbono: menor a 15 mg/L

B) MEDIDAS DE CONTROL:

Cuando la calidad de agua se encuentra en rangos no aceptables, se dice que el agua es de mala calidad para el cultivo. Estas medidas se realizan para corregir la calidad del agua y evitar mortalidad en los cultivos:

Cambios de Agua:

Se realiza para controlar amoníaco, nitrito y nitrato. Puede ser un cambio de agua parcial o total del agua del sistema. Esto depende de que tan elevadas se encuentren las variables. Puede usar la regla general: el cambio de agua del 50% del volumen del sistema, baja a la mitad el valor de la variable afectada.

Carbonatar el agua:

Se realiza para el control de pH y alcalinidad de agua. Esto se realiza agregando un carbonato al agua, por ejemplo, bicarbonato de sodio.

En general, 300 g de bicarbonato puede subir en 1 grado el valor el pH de 3000 litros de agua de cultivo, ejemplo: de 6 a 7 de pH.

C) Equipos y Mediciones:

Todas las variables de calidad de agua pueden ser medidas con equipos multi-paramétricos (fotómetros) que requieren de insumos para calibrar, mantener y realizar mediciones, su manipulación puede ser un poco compleja. No obstante, en el mercado existen algunos kits básicos de medición más económicos, menos complejos para su utilización y que pueden entregar valores aproximados.

Medición de amoníaco, nitrito, nitrato:

Puede utilizar los siguientes Test Kit: HI-3826 para medición de amoníaco en agua de mar, HI-3873 para medición de nitrito y HI-3874 para medición de nitratos, de la empresa Hanna Instruments.



El procedimiento general es agregar un volumen determinado del agua de cultivo a un vaso o cubeta de

medición, agregar los reactivos en las dosis indicadas, dejar reaccionar los reactivos con la muestra de agua, transferir la solución a un cubo comparador de color, buscar el color que más se ajusta a la solución y determinar el valor de la variable en mg/L. Para el procedimiento específico de cada variable, seguir las instrucciones que posee cada test.

Medición de dióxido de carbono:

Puede utilizar el Test Kit HI-3818 de la misma empresa. Este método es por titulación, para ello se debe agregar un volumen determinado de agua del sistema a la cubeta de medición, agregar los reactivos correspondientes y titular para obtener una coloración rosada, luego el ml del reactivo utilizado para la titulación se multiplica por un factor para obtener el valor de la variable en mg/L. El procedimiento especificado se encuentra en el manual de uso.

Medición de temperatura y oxígeno disuelto:

Para estas mediciones debe poseer un equipo denominado oxigenómetro, su manipulación debe ser adecuada para evitar fallas del equipo. El procedimiento para la medición consiste en encender el equipo, ajustar a la salinidad que

posee el agua y a cero de altitud (sobre el nivel del mar). Introducir la sonda de medición en la muestra de agua y moverla en forma circular hasta que el equipo le entregue en la pantalla el valor de oxígeno en mg/L y de la temperatura en °C.

Medición de pH:

Para esta medición puede utilizar una tira de papel para medir pH, espere algunos minutos y compare el color obtenido con el color estándar de la caja para determinar el pH del

agua, esta variable no posee unidad. De igual forma puede utilizar el Test Kit HI-38058 de la misma empresa señalada.

Medición de salinidad:

Para el caso de agua salobres, en que desconoce el valor real de la salinidad, puede utilizar el Test Kit HI-3835 de la misma empresa. El valor final entregado por el método corresponde a la salinidad en ppt o g/kg.



D) PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA:

La medición y control de las variables de agua en el sistema AMIPE debe ser frecuente, tres o cuatro veces por semana. Para ello:

- 1.** Tomar una muestra de agua de 300 ml del sistema de cultivo. La muestra debe ser recolectada desde el flujo de agua que cae al ecualizador.
- 2.** Realizar las mediciones de: amonio, nitrito, nitrato, pH, temperatura y oxígeno disuelto que posee la muestra de agua. Comparar los resultados con los valores estándares aceptables de cada variable.
- 3.** Si una o más variables se encuentran fuera de los valores aceptables, entonces realizar las medidas de control adecuadas para corregir la calidad de agua del cultivo.
- 4.** Registrar los valores obtenidos: día de medición, valores por cada variable, medidas de control realizadas.

PROTOCOLO 3 **CAMBIO DEL AGUA en EL SISTEMA**

Esta actividad consiste en cambiar agua fresca en el sistema de cultivo AMIPE. Llámese agua fresca al agua obtenida de una fuente externa, que es filtrada a 10 micras y desinfectada con luz UV. Esta operación se realiza por dos motivos principales: como medida de control de la calidad de agua del sistema o por limpieza del sistema. Para esta operación debe contar con una bomba de agua externa conectada con mangueras que le darán la movilidad necesaria para succionar y descargar agua en diferentes puntos del sistema.

A) PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE AGUA:

- 1.** Desconecte la bomba del sistema de cultivo.
- 2.** Con la bomba externa, bajar el nivel de agua de la unidad de cultivo hasta 50 cm de altura o un poco menos.
- 3.** Realizar la limpieza de las paredes y fondo del estanque mediante remoción directa con un implemento adecuado, ejemplo: escobillón o escobilla. Lavar las paredes con agua de mismo sistema.



4. Desinfectar las paredes expuestas, para ello pase un papel absorbente roseado con alcohol al 70%. Cambie el papel las veces que sea necesario y tenga cuidado con la manipulación del desinfectante.

5. Agregar agua fresca a la unidad con la descarga de agua de la bomba externa.

6. Continúe con cada unidad de cultivo si es necesario.

7. Al finalizar, conectar la bomba del sistema, cargar agua fresca si es necesario para dejar operativo el sistema.

8. Registrar la actividad: día y volumen de agua cambiado en el sistema.

Nota: Para evitar problemas de estrés con las especies de cultivo, haga esta operación

individualmente por cada unidad de cultivo, evite manejar varias unidades a la vez. El proceso no debe durar más de media hora por unidad de cultivo.

PROTOCOLO 4

Alimentación y Manejo del Alimento

La entrega de alimento es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los peces, moluscos y algas. El crecimiento no depende de la cantidad de alimento entregado, la conversión alimenticia o el aspecto visual que expresa el crecimiento dependerá de algunos factores como: la calidad del alimento, la temperatura y oxígeno disuelto del agua, el estado sanitario de los peces y su fase de crecimiento.

A) Tipo de alimento:

El alimento debe ser balanceado o fortificado que permita cubrir las necesidades nutricionales de los peces. En el mercado existen varios tipos de alimento, se debe seleccionar de acuerdo al tipo de peces, sistemas de recirculación (flotabilidad), agua dulce o mar (dependiendo del agua de cultivo) y calibre del alimento (tamaño en mm) el que dependerá del peso de los peces.

B) Manejo del alimento:

El almacenamiento del alimento debe ser en un lugar fresco y seco, con control de roedores. No almacene grandes cantidades de alimento, siempre mantenga un stock adecuado, teniendo en cuenta la fecha de vencimiento y adquisición de este insumo.

C) Cálculo el alimento diario:

La cantidad de alimento diario se determina fijando un porcentaje de alimentación diario, denominado porcentaje peso cuerpo %PC.

$$R \left(\frac{\text{g}}{\text{día}} \right) = \%PC \times BM(\text{g})$$

Donde:

R corresponde a la cantidad de alimento diario que se debe suministrar a un grupo de peces en gramos por día, %PC corresponde al porcentaje de alimentación y BM es la biomasa del grupo de peces en gramos.

Ejemplo:

Si tiene un grupo de peces con biomasa total de 10.000 gramos (10 kg) y se alimentan a un %PC del 3%, entonces la ración de alimento corresponde a 300 gramos de alimento al día:

$$R \left(\frac{\text{g}}{\text{día}} \right) = 3\% \times 10.000(\text{g}) = \left(\frac{3}{100} \right) \times 10.000(\text{g}) = 300 \left(\frac{\text{g}}{\text{día}} \right)$$

El %PC de alimentación variará según el crecimiento que muestren los peces en el cultivo, se puede utilizar la relación entre la longitud de los peces en cm y la temperatura que posea el agua de cultivo para definir el %PC de alimentación según la **tabla 1 adjunta**.

D) Porciones de alimento:

La cantidad de alimento diaria, debe ser dividida en porciones que se deben suministrar durante el día para asegurar un adecuado

suministro y consumo del alimento en las unidades de cultivo de peces. Las porciones pueden variar entre 2 y 4 porciones diarias.

E) AJUSTE DEL ALIMENTO:

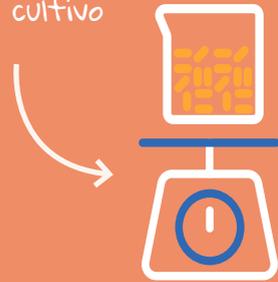
La cantidad de alimento varía según el crecimiento que obtienen los peces en los estanques de cultivo. Esta cantidad debe ser ajustada cada 20 o 30 días de acuerdo al peso promedio de los peces obtenido por muestreo.

F) PROCEDIMIENTO PARA LA ALIMENTACIÓN:

La actividad de alimentación se debe realizar de forma diaria, a excepción cuando se realiza muestreo o manejo importante en los peces, donde estos tienen que tener un ayuno previo de 24 horas.

1. Pesarse la cantidad de alimento en kilogramos correspondiente a cada estanque de cultivo.
2. Suministrar el alimento de forma homogénea en la superficie del estanque para asegurar la entrega de alimento a la mayoría de los peces.
3. La primera ronda corresponde a una porción de alimento. Si los peces aún poseen actividad alimenticia,

Pesar el pellet para cada estanque de cultivo



Pesar el pellet restante y restarlo del total inicial para saber cuánto efectivamente comieron

continuar con la próxima porción.

4. Si los peces bajan su actividad alimenticia, detener el suministro y esperar un tiempo para continuar.

5. Continuar con el suministro del resto de las porciones de alimento, hasta asegurar la entrega de la totalidad del alimento del día.

6. Si los peces no consumen todo el alimento, pesar el excedente y restar de lo pesado inicialmente, la diferencia es la cantidad real que consumieron.

7. Registrar la actividad: día y la cantidad de alimento en Kg entregada por estanque.

PROTOCOLO 5

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL SISTEMA

Durante el cultivo de los organismos, se acumularán restos de alimentos y heces en el fondo del estanque, como también la acumulación de partículas sólidas más pequeñas que se adhieren a las paredes de los estanques del sistema, las tuberías, difusores, filtros de cedazo y bomba del sistema. Esto genera que el agua de cultivo pierda su calidad, dismi-

nuya el oxígeno disuelto, se genere un aumento del nitrito y se comprometa la salud de los organismos cultivados.

A) DOSIS Y TIPO DE DESINFECTANTE:

El desinfectante común empleado es yodóforo de amplio espectro con acción bactericida, fungicida y viricida. Puede ser utilizado en las instalaciones (piso, plataformas, estanques de cultivo), en materiales de trabajo, desinfección de vehículos, control sanitario y desinfección en general. Puede aplicarse por inmersión o aspersión sobre las superficies a desinfectar. El producto debe diluirse en agua fría y no se debe mezclar con otros desinfectantes. La dosis de preparación de la solución desinfectante es de 34 ml de yodo en 10 litros de agua, su tiempo de acción es casi inmediato, al minuto de aplicación cuando la superficie se encuentra totalmente limpia sin sólidos. En superficies donde es difícil remover por completo los sólidos dejar actuar por 30 minutos la solución.



{
piso
plataformas
estanques
materiales de trabajo
desinfección de vehículos
control sanitario
desinfección general



De igual forma, es recomendable utilizar cloro líquido para remojar filtros de tamices y difusores para asegurar su blanqueamiento y degradar la materia orgánica adherida. Para estas funciones puede hacer una solución de cloro de 50 ml de cloro líquido en 1 litro de agua por 30 minutos.

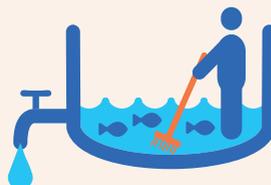


B) PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN:

El procedimiento de limpieza y desinfección se debe realizar a cada uno de los elementos que componen el sistema de cultivo AMIPE para asegurar el buen rendimiento del sistema y salud de los organismos.

ESTANQUE DE CULTIVO DE PECES, MOLUSCOS Y ALGAS >> 1 VEZ POR SEMANA.

La frecuencia de limpieza y desinfección de estas unidades de cultivo se debe realizar una vez a la semana. Para ello:



1. Bajar el nivel de agua del estanque hasta 50 cm o un poco menos, cuide siempre la reacción de los peces.
2. Remover los sólidos adheridos a las paredes y fondo del estanque.
3. Lavar con agua del mismo sistema o agua fresca para retirar los restos de sólidos removidos.
4. Pasar papel absorbente roseado con alcohol al 70% por toda la superficie visible del estanque.
5. Para el caso de las algas: Lavar el alga con agua a presión suficiente para remover los sólidos adheridos a la superficie del alga, pero adecuada para no destruir el alga. Asegurar la limpieza completa de las algas. Puede utilizar agua potable con un

tiempo de exposición no superior a 3 minutos, la cual sirve de solución de desinfección para el alga.

6. Para el caso de los moluscos: Lavar los moluscos con agua a presión suficiente para remover los sólidos adheridos a la superficie del alga, pero adecuada para no dañar al organismo, puede utilizar agua potable como solución de desinfección por no más de 3 minutos.

7. Abrir la válvula del desagüe inferior del estanque e ir agregando agua fresca para cambiar el agua sucia por agua limpia y asegurar que todos los desechos salgan de la unidad.

8. Abrir la válvula del desagüe inferior del estanque e ir agregando agua fresca para cambiar el agua sucia por agua limpia y asegurar que todos los desechos salgan de la unidad.

9. Este proceso no debe demorarse más de 30 minutos.

Desagües Inferiores de las Unidades de Cultivo >> DIARIO

La limpieza de desagües inferiores se realiza de forma diaria para eliminar del sistema restos de alimento no consumido y heces. Para ello:

1. Colocar un filtro de tamiz de 200mm en la válvula de limpieza conectada en el desagüe inferior del estanque removedor que posee cada estanque de peces.

2. Abrir la válvula completamente hasta que salga la mayor cantidad de restos de alimento y heces acumuladas en el desagüe, máximo un minuto de descarga.

3. Realizar el tratamiento correspondiente de este desecho, según ítem “Manejo de Desechos”.

La limpieza y desinfección de los elementos del sistema como estanques de tratamiento, tuberías, dispositivos de ingreso de agua y otros elementos se debe realizar previa descarga del agua, evitando siempre que los organismos vivos o material del biofiltro tengan contacto con el desinfectante. La limpieza se realiza con cepillos o escobillas, se utiliza detergente para lavar zonas con sólidos adheridos a la superficie y se enjuaga con abundante agua para retirar toda la suciedad. Luego se aplica un desinfectante por el tiempo indicado y se lava con abundante agua hasta retirar todo el residuo del desinfectante empleado.

Los filtros de tamiz o cedazo y los filtros de canastillo deben ser



lavados con agua limpia a presión a medida que estos acumulen los desechos generados por los organismos de cultivo. Cuando la malla de estos filtros adquiera una coloración café por la adhesión de materia orgánica, los filtros deben ser sumergidos en una solución de cloro hasta que la malla quede completamente blanca. Esto mismo se debe realizar con los difusores de aire de los estanques de cultivo.

La limpieza interior de las bombas de agua se realiza en la zona de cesto del prefiltro y filtro, de forma cuidadosa evitando mojar el motor o conexiones de este equipo. No es recomendable aplicar un desinfectante en este equipo para evitar la corrosión.

PROTOCOLO 6

Manejo y Eliminación de Desechos



Durante el proceso operativo del Sistema AMIPE, se generarán desechos domiciliarios, orgánicos e inorgánicos, químicos y biológicos. Para cada uno de ellos se debe establecer un procedimiento adecuado para su disposición final (eliminación). Recomendaciones:

1. Eliminar frecuentemente los desechos domiciliarios generados según fecha de retiro del municipio que posea en su comuna. Este se encargará de la disposición final de

Organigrama de Limpieza y Desinfección mensual

A continuación las partes y frecuencia de limpieza y desinfección:

FILTRO de Tamices o Cedázos >> Mañana
Medio día
Tarde

Desagües INFERIORES DE LAS UNIDADES DE CULTIVO >> Diario

Estanques de CULTIVO >> 1 vez por semana

Estanque removedor de SÓLIDOS >> 1 vez por semana

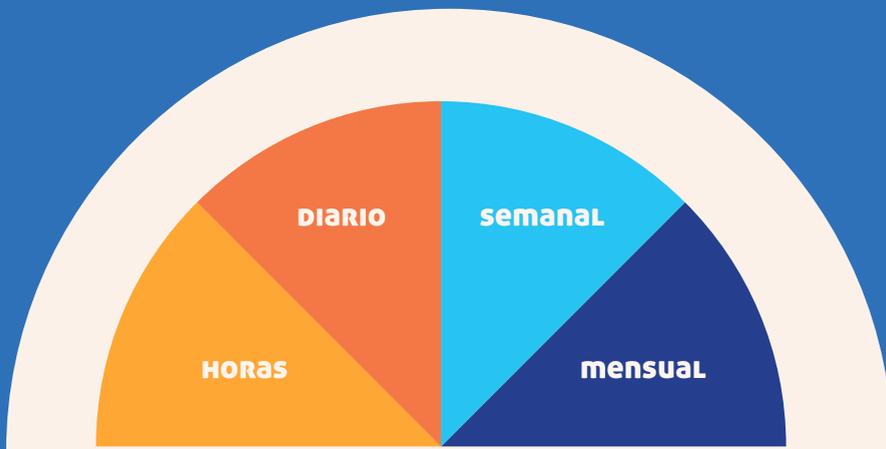
SISTEMA de FILTRACIÓN BIOLÓGICA >> 1 vez por semana

DIFUSORES de aire >> 1 vez por mes

BOMBAS de agua >> 1 vez por mes

LIMPIEZA de TUBERÍAS >> 1 vez por mes

DISPOSITIVOS de INGRESO de agua >> 1 vez por mes

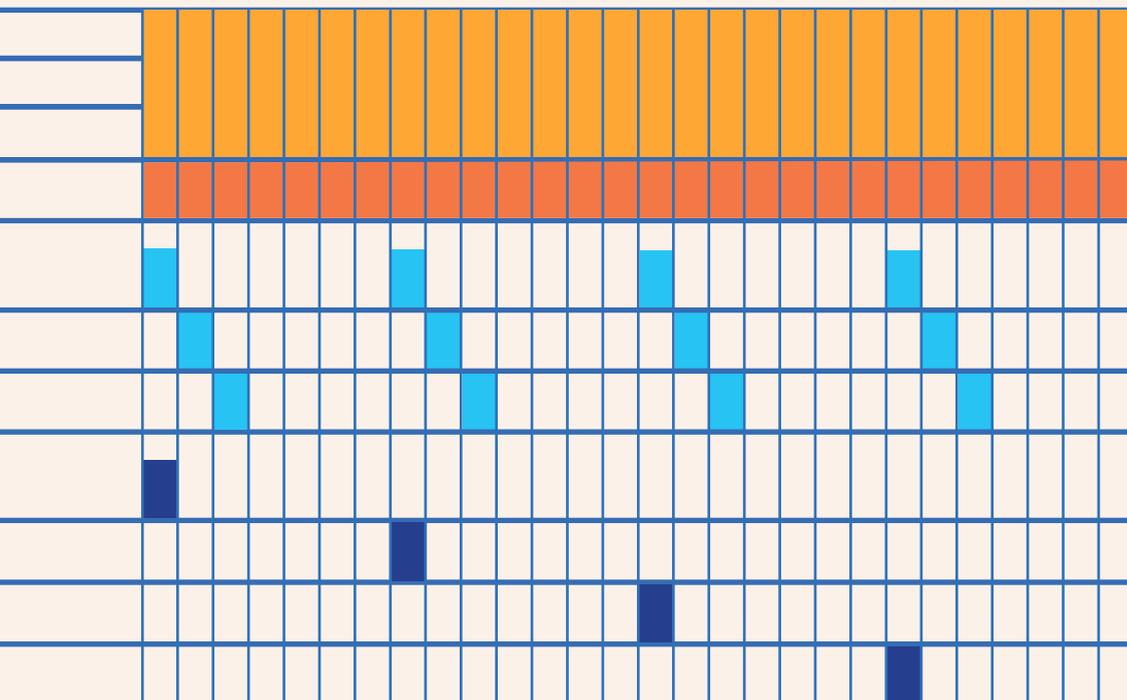


semana 1

semana 2

semana 3

semana 4



estos desechos. Puede establecer un plan de reutilización y clasificación de desechos.

2. Desechos químicos obtenidos de los Kit de mediciones o restos de desinfectante. Para esto debe tener en cuenta la manipulación, almacenamiento y forma de eliminación indicada en la Ficha de Seguridad (FDS) de cada producto químico utilizado.

3. Los restos de alimento consumido y heces pueden ser secados para ser reutilizados o reciclador. Se igual forma puede venderlos como abono.

4. Siempre utilice contenedores cerrados para el almacenamiento de desechos para evitar olores y presencia de roedores.

PROTOCOLO 7

Tratamiento de afluentes

El agua corresponde al medio por donde pueden transportarse enfermedades, el tratamiento de esta constituye la primera barrera para evitar enfermedades en los cultivos. Toda el agua obtenida desde una fuente de agua para un cultivo se denomina afluente, mientras que toda el agua utilizada en los cultivos y que es eliminada de este se denomina efluente (agua de desecho). Así, lo fundamental es realizar algunos tratamientos previos del agua antes de su utilización o eliminación.

El tratamiento del afluente debe efectuarse en un recipiente que permita almacenar grandes volúmenes de agua y tratar esta con un filtro UV-C y filtración de



cartucho a 10 o 20 micras, todo conectado a una bomba para tratar el agua y hacerla recircular por estos tratamientos. El tiempo de tratamiento dependerá del caudal de tratamiento y del volumen de agua a tratar, pero puedo dejar funcionando el sistema por al menos 3 horas para asegurar la desinfección del agua.

PROTOCOLO 8

TRATAMIENTO DE EFLUENTES

En el caso del efluente, idealmente sería tratar de la misma forma que los afluentes. Sin embargo, sino existe presencia de enfermedad en los organismos de cultivo, no es necesario realizar un tratamiento de desinfección UV. Para el tratamiento se debe realizar una filtración gruesa del 200mm del efluente y fina de 10 o 20 micras del agua para retener la mayor cantidad de sólidos y fecas del efluente antes de su eliminación. Además, como el efluente del sistema multitrófico es tratado por medio de algas, la carga de fosfato y potasio será muy baja, por lo que no será necesario realizar un tratamiento de los desechos inorgánicos presentes en el agua.

Monitoreo del Efluente: De igual forma, es recomendable realizar

mediciones de la calidad de agua del efluente descargado, cada 3 o 4 meses, según los parámetros indicados en el D.S. N°90 “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales”. Si por alguna razón la calidad de agua del efluente no cumple con las indicaciones de la norma, se deben realizar medidas correctivas para cumplir con la normativa.

PROTOCOLO 9

CONTROL DE INVENTARIO

El inventario corresponde a la cantidad de peces, moluscos o algas que se mantiene en el cultivo. Controlar el Inventario o la cantidad de individuos que posee por unidad de cultivo es fundamental para cuantificar mes a mes la cantidad de biomasa en kilogramos que hay presente en las unidades de cultivo. Así, diariamente deberá ir restando la mortalidad registrada en la unidad de cultivo que corresponde, e ir actualizando el inventario en cada unidad.



N° ?



N° ?



N° ?

PROTOCOLO 10

CONTROL DE BIOMASA

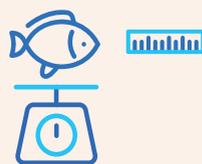
El control de biomasa se debe realizar de forma mensual para verificar dos aspectos fundamentales en el cultivo: la densidad de siembra en las unidades de cultivo y el peso promedio mensual en el caso de los peces para ajustar la cantidad de alimento.

A) CONTROL DE BIOMASA DE PECES:

Cada 20 o 30 días se debe realizar el muestreo de peso y talla de los peces, al menos 25% de la población de cada unidad de cultivo. Para esta operación se utiliza Benzocaína al 20% para un adecuado manejo de los peces. **La dosis es de 20 ml de este producto en 100 litros de agua.**

Luego de la anestesia, se deben ubicar los peces anestesiados en una solución de recuperación (estanque con agua limpia y con aporte de oxígeno). Además, se debe poseer un estanque provisorio con agua fresca y aireación, de un volumen adecuado para contener la totalidad de peces muestreados.

El procedimiento utilizado es:



1. Extraer peces de la unidad de cultivo a muestrear e introducirlos a la solución anestésica.
2. Sumergir en la solución anestésica máximo 3 minutos para una sedación suave o 5 minutos para una sedación profunda.
3. Realizar la medición de peso y talla de los peces anestesiados.
4. Luego ingresar a la solución de recuperación. Los peces deben recobrar los movimientos habituales al cabo de 30 a 40 segundos después una sedación suave, y 5 a 10 minutos después de una sedación profunda.
5. Trasladar los peces al estanque provisorio hasta muestrear todos los peces de la unidad de cultivo, luego trasvasijar los peces a la unidad de procedencia.
6. Verificar la densidad de carga de la unidad.
7. Registro de la actividad: fecha de muestreo, peso y talla de cada uno de los peces muestreados.

Peso y talla promedio:

El peso promedio se determina al dividir la biomasa obtenida por la cantidad de muestreados. Por ejemplo: 250, 340, 280, 310, 160, 180, 340, 420, 450 y 230 gramos corresponden a los pesos de 10 peces muestreados; la biomasa total será de 2960 gramos y si la dividimos por 10, entonces el peso promedio de los peces será de 296 gramos. La talla puede ser determinada de la misma forma.

Densidad de siembra:

La densidad de siembra corresponde a la cantidad de peces en kilogramos que hay por metro cúbico de agua en el estanque. Si la densidad es muy elevada, bajará el oxígeno del estanque y los peces estarán sometidos a constante estrés lo que puede generar bajo crecimiento. Una densidad recomendable de peces para el sistema AMIPE será de 20 a 25 kilo de peces por metro cúbico de agua. Esta se determina como:

$$D \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peces} \times \text{PP}(\text{Kg})}{V(\text{m}^3)}$$

Donde:

D corresponde a la densidad de cultivo de un estanque en kilos por metro cúbico de agua, N°

peces corresponde a la cantidad de peces en la unidad de cultivo, PP corresponde al peso promedio obtenido del muestreo en kilos y V corresponde al volumen de agua del estanque en metros cúbicos (1 metro cúbico corresponde a 1000 litros).

Por ejemplo:

Si el volumen del estanque es de 3 m³, el peso promedio anterior calculado fue de 0,296 kilos y en la unidad de cultivo hay 100 individuos en total, entonces la densidad de cultivo es de 9,86 kilos por metro cúbico.

$$D \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{100 \times 0,296 (\text{Kg})}{3(\text{m}^3)} = 9,86 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Verificación de la Densidad de Carga:

Si por alguna razón la densidad de cultivo calculada es mayor a 25 kilos por metro cúbico, entonces se deberá disminuir la cantidad de peces en el estanque, ya sea cosechando peces o trasladándolos a otro estanque de cultivo disponible.

B) CONTROL DE BIOMASA DE LAS ALGAS:

Este control se realiza de forma mensual, debido a que esto requiere

bajar el nivel para extraer el alga y pesarla, se recomienda realizar esta actividad durante la operación de limpieza y desinfección de los estanques de algas. El procedimiento corresponde a:



- 1.** Bajar el nivel de agua de la unidad de cultivo.
- 2.** Remover del interior la biomasa de algas y dejarla en una zona segura, lavar con abundante agua hasta retirar restos de sólidos adheridos.
- 3.** Dejar escurrir el agua por media hora y pesar en una balanza electrónica.
- 4.** Registrar el peso total de las algas, el que corresponderá a la biomasa de la unidad de cultivo.
- 5.** Si esta biomasa es superior a la cantidad máxima definida, entonces se deberá realizar la cosecha de alga para retirar el excedente de algas. Si no realiza esta cosecha, entonces corre el riesgo de que las algas se mueran por alta densidad lo que impide el paso de luz solar para el proceso fotosintético.

La densidad de algas que se debe mantener en la unidad de cultivo es de 2330 g/m² (gramos de alga por metro cuadrado de área). El área corresponde al área de exposición de la luz del estanque, es decir el área superficial del estanque. La biomasa máxima se determina multiplicando el área de exposición a la luz del estanque por 2330 gramos.

C) CONTROL DE BIOMASA DE MOLUSCOS:

Este control se realiza de forma mensual. Sin embargo, los moluscos tienen una tasa de crecimiento más lenta, en el sistema AMIPE se logrará sólo la mantención de estos organismos. Para observar crecimiento de estos, es necesario suministrar alimento externo como alguna microalgas. Para controlar la biomasa, se debe pesar la totalidad de moluscos presentes en la unidad de cultivo y cosechar en el caso de que la biomasa pesada sea mayor a la biomasa máxima de la unidad.

Una densidad de moluscos adecuada debe ser de 30 kilos por metro cúbico de agua. Para determinar la biomasa máxima de moluscos en el estanque de cultivo, de debe multiplicar 30 por el volumen en metro cúbico del estanque. Por ejemplo: si el volumen del estanque es de 56 metro cúbico, entonces la biomasa máxima de

moluscos debe ser de 1.680 kilos de moluscos.



PROTOCOLO 11

CONTROL DE BIOSEGURIDAD

El control de bioseguridad se debe realizar en el espacio o centro donde se instale el sistema AMIPE. Y consiste en la aplicación de ciertas medidas para evitar la transmisión de algunos patógenos o enfermedades a las unidades de cultivo. Se pueden recomendar las siguientes medidas:

A) INSTALACIÓN DE BARRERAS DE INGRESO Y SALIDA EN EL CENTRO DE CULTIVO:

Corresponden a recipientes con soluciones desinfectantes individuales para la desinfección de pies (pediluvios) y de manos (maniluvios). Para desinfección de pies utilizar solución de yodo a una dosis de 3,4 ml de yodo en 1 litro de agua, cambiar frecuentemente, al menos 2 veces a la semana. Para los maniluvios utilizar alcohol gel al 70%.

B) MEDIDAS PARA EVITAR EL INGRESO DE ENFERMEDADES AL SISTEMA:

Esto se logra principalmente con la obtención de organismos sanos de centros autorizados, prohibir el uso de equipos o vestuario de otros centros de cultivo, desinfección de pies y manos del personal y de visitas.

C) MEDIDAS PARA EVITAR LA SALIDA DE ENFERMEDADES AL SISTEMA:

Esto se logra tratando siempre con luz UV u otro tratamiento los efluentes del cultivo, prohibir la salida de equipos o ropa de trabajo utilizadas en el centro.

D) MEDIDAS PARA EVITAR LA PROLIFERACIÓN DE ENFERMEDADES EN LOS SISTEMAS:

La principal forma de evitar que se origine una enfermedad en su cultivo es mantener la calidad de agua en óptimas condiciones. De igual forma el uso de alimento de buena calidad en lo posible reforzado con vitaminas para el sistema inmune de los peces y un adecuado control de la biomasa.

E) MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN CRUZADA:

Estas medidas consisten principalmente en evitar la contaminación de los peces de cultivo si existe la presencia de enfermedad de un grupo de peces. Para ello, cada sistema de poseer sus propios implementos de limpieza y desinfección, y extracción de mortalidad. De igual forma se debe prohibir el ingreso de equipos directamente a las unidades de cultivo, desinfección de pies y manos y del vestuario de trabajo previo al manejo de cada sistema.

PROTOCOLO 12

OBTENCIÓN DE ESPECIES DE CULTIVO Y CONTROL DE ENFERMEDADES

La adquisición de especies de cultivo siempre se debe realizar desde centros de cultivo autorizados, con su debido certificado sanitario. En el caso que ocurra alguna enfermedad, se debe administrar un medicamento autorizado y registrado en el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el cual debe ser autorizado por un médico veterinario. Deberá informar al Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) en un plazo máximo

de 15 días la ocurrencia del hecho. Además, deberá tener un libro o cuaderno en donde registre el hecho, e indique la fecha de aplicación del medicamento, el tipo de tratamiento ocupado, las concentraciones, el tiempo del tratamiento y algunas observaciones.

Para este punto es recomendable programar muestreos trimestrales realizado por un médico veterinario o especialista para realizar pruebas de necropsia en muestras de peces, que permitan detectar eventualmente la presencia de alguna enfermedad en el cultivo.

PROTOCOLO 13

ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INSUMOS

El primer insumo de valor adquirido para el centro debe ser el alimento de los peces, un adecuado almacenamiento impedirá que se deteriore previo a su uso y evitará la contaminación por presencia de roedores. Almacenar siempre en un lugar seco y asilado. La compra se debe realizar con anticipación considerando el tiempo de los trámites para cotizar, comprar y llegada del alimento a su instalación. La idea es siempre mantener un



stock adecuado entre compra y compra.

Otros insumos en menor cantidad serán los detergentes y desinfectantes, reactivos químicos e insumos de laboratorio. Estos deberán almacenarlos en lugares secos y según lo indicado en la Ficha de Datos de Seguridad del producto (FDS).

PROTOCOLO 14

Mantencción de Equipos

Los equipos principales que necesitarán mantención son las bombas de agua, equipos sopladores de aire y generador eléctrico. Si estos equipos están en contacto con agua o aire marino se corroerán y se sulfatarán, por lo que es necesario incluir en sus gastos la mantención de estos equipos. Se debe elaborar un adecuado plan de mantención de equipos para que el sistema funcione constantemente

durante todo el periodo de cultivo. Otras mantenciones en menor grado se deberán realizar a plataformas, unidades de cultivo, otros.

PROTOCOLO 15

Cosecha

La cosecha se debe realizar de manera cuidadosa, para asegurar la calidad del producto en la fase final del cultivo. Durante la cosecha se deben tomar precauciones para evitar daños en los organismos que pudieran afectar su calidad. También debe reducirse el estrés de los peces durante la cosecha, ya que la calidad de la carne puede verse afectada. Es recomendable sacrificar a los peces lo más rápidamente posible para evitar el sufrimiento innecesario, realizar esta operación en horas muy tempranas de la mañana o durante la tarde para evitar bajas de oxígeno que aumente el estrés en los organismos. Para el caso de los peces, se debe realizar un ayuno previo de 24 horas.

PROTOCOLO 16

CONTINUIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Para continuar con la producción de cultivo del siguiente lote, se recomienda realizar un vacío sanitario del sistema de al menos

una semana. Esto asegura la desinfección completa del sistema para matar cualquier microorganismo que se encuentre en el sistema. Para ello se debe limpiar y desinfectar todo el sistema de cultivo, dejar expuesto al sol todos los elementos del sistema durante la semana. Luego desinfectar y lavar nuevamente, posteriormente cargar agua fresca y dejar operativo el sistema para continuar con el ingreso del siguiente lote.

PROTOCOLO 17

REGISTROS

Los registros ayudan a mantener un control y orden adecuado del cultivo. Este registro puede ser escrito o digital. Además, para cumplir con las normativas sanitarias exigidas por Sernapesca, es necesario llevar un registro de varias actividades del centro, información que podrá ser solicitada y revisada durante alguna inspección por esta institución. Las actividades a registrar son: manejo y número de muertos, cantidad de alimento, desinfectantes utilizados, disposición final de: mortalidad, efluentes y desechos, registro de visitas, otros. Algunos ejemplos de registros se pueden ver en los anexos.



Anexos

Temperatura °C	Rango de Longitud de Peces en centímetros										
	2,5	2,5	5	7,6	10	12,7	15,2	17,8	20,3	22,8	25,4
		5	7,6	10	12,7	15,2	17,8	20,3	22,8	25,4	
Dosis de Alimentación (%PC)											
8	4,3	3,6	3	2,3	1,7	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7
9	4,5	3,8	3	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	1	0,9	0,9
10	5,2	4,3	3,4	2,7	2	1,7	1,4	1,2	1,1	1	0,9
11	5,4	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1	0,9
12	5,8	4,9	3,9	3	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	1
13	6,1	5,1	4,2	3,2	2,4	2	1,6	1,4	1,3	1,1	1
14	6,7	5,5	4,5	3,5	2,6	2,1	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1
15	7,3	6	5	3,7	2,8	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2
16	7,8	6,5	5,3	4,1	3,1	2,5	2	1,8	1,6	1,4	1,3
17	8,4	7	5,7	4,5	3,4	2,7	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
18	8,7	7,2	5,9	4,7	3,5	2,8	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5
19	9,3	7,8	6,3	5,1	3,8	3	2,3	2	1,8	1,7	1,6

Tabla 1. Porcentaje de alimentación diario con base en la temperatura del agua y la longitud de truchas (modificado de Leitritz, 1980)

Fecha Día: _____; Mes: _____; Año: _____							
Número Estanque	Número de Peces	Peso y Talla Promedio		Alimentación			Observaciones Generales
		Peso (g)	Talla (cm)	Biomasa (g)	%PC	Cantidad (g/día)	
1							
2							
3							
4							
5							

Tabla 2. Registro, Muestreo de Peces y Ajuste de Alimento

Mortalidad						
Día: _____; Mes: _____; Año: _____						
Día	Identificación de Estanques					Total
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tabla 3. Registro semanal o mensual de mortalidad

Alimentación						
Día: _____; Mes: _____; Año: _____						
Día	Cantidad de Alimento por Estanque (g)					Total
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tabla 4. Registro semanal o mensual de alimentación

Calidad de Agua						
Día: _____; Mes: _____; Año: _____						
Número Estanque	Amonio (mg/L)	Nitrito (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tabla 5. Registro diario de calidad de agua

Referencias Bibliográficas

1. Barrington, K., Chopin, T. & Robinson, S. (2009). Integrated multitrophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In D. Soto (ed.). Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. N° 529. Rome, FAO. (pp. 7-46).
2. Buschmann, A. H., Troell, M., Kautsky, N., & Kautsky, L. 1996. Integrated tank cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Hydrobiologia*, 326/327, 75-82.
3. Carnevia, D., Perretta, A., Letamendía, M., Delgado, G. 2009. "Manual de prevención de enfermedades en organismos acuáticos de cultivo". Facultad de Veterinaria (UDELAR)- DINARA- Proyecto FAO UTF/URU/025/URU. v. 200, pp. 62.
4. Chopin, T., Robinson, S., Barrington, K., Reid, G., Ridler, N., Robinson, B., Wowchuk, M., Shawnee, M. (2008). Integrated Multi-Trophic aquaculture. *Panorama Acuícola Magazine*. (pp. 22-29).
5. De la Oliva G. 2011. Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. Huancayo. Perú. 58 p
6. Galli Merino, O. y Sal, F.M. 2007. Sistemas de recirculación y tratamiento de agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. CENADAC (Santa Ana- Corrientes). Argentina, 37 p.

7. JACUMAR. (2012). Acuicultura multitrófica integrada. Consellería do Medio Rural e do Mar. Centro de Investigación Marinas. Xunta de Galicia: Pontevedra, España. 58p.
8. Jover, M., Martínez, S., Tomás, A., & Pérez, L. (2016). Propuesta metodológica para el diseño de instalaciones piscícolas. Revista AquaTIC, (19). 10p.
9. Oca, J., Cremades, J., Jiménez, P., Pintado, J. y Masaló, I. (2019). Cultivo del alga *Ulva ohnoi* integrado en un sistema de recirculación de *Solea senegalensis*: influencia de la luz y la densidad de la biomasa en la productividad de las macroalgas. Revista de psicología aplicada, 31 (4), 2461-2467.
10. OIE, 2019. Desinfección de Establecimientos y Equipos de Acuicultura. Código Sanitario para los Animales Acuáticos. Duodécima edición. Disponible en: <https://www.oie.int/doc/ged/D7825.PDF>
11. Phillips, V., Tschida, R., & Hernández, M. (2008). Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Manual de capacitación para la participación comunitaria. México, 25p.
12. Sedano, F., & Anguis, V. (2016). Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera El Puerto de Santa María. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 1-18.

