



# **ANTOLOGIA DE FUNDAMENTOS DE ACUACULTURA**

**Noveno Cuatrimestre de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia.**

**MVZ. ROBERTO GARCIA SEDANO BARREDA**

Tapachula, Chiapas a 1 de mayo de 2020.

## **INDICE**

General

Introducción

Tema 1.- Generalidades

Introducción

Importancia de la acuicultura

Funciones de la acuicultura

Tipologías de la acuicultura

Sistemas de cultivos

Síntesis

Tema 2.- Infraestructura acuícola Introducción

Tipos de estanques

Consideraciones para el diseño de estanques Ubicación del estanque

Construcción del estanque Jaulas

flotantes

Ejercicios Síntesis

Tema 3.- Calidad del agua para el cultivo de peces Introducción

Indicadores de la calidad del agua

Manejo de la calidad del agua en el estanque Introducción

Ejercicios Síntesis

Tema 4.- Buenas Prácticas Acuícolas Introducción

Síntesis

Bibliografía

## **OBJETIVO GENERAL**

Al término del curso el participante aplicará las técnicas de de acuacultura para producir especies acuícolas de manera rentable.

## INTRODUCCIÓN

El curso que se desarrolla a continuación está basado en la experiencia de personas que se han dedicado a estas actividades y tiene como propósito proporcionar los elementos técnicos, para mejorar la producción en tu región.

La acuicultura implica la captura y el cultivo de especies y productos de origen pesquero, así como la transformación, comercialización y prestación de servicios relacionados. Participa con varias funciones en el desarrollo económico: al procurar el abastecimiento de alimentos y productos de origen marino y acuático, generar excedentes comercializables en el mercado local, nacional e internacional, transferir ahorros que permitan acumular capital en el resto de la economía y fortalecer la capacidad adquisitiva del personal participante en las labores de la pesca, de manera que conformen un mercado para los productos de otros sectores económicos.

La acuicultura es una de las actividades que a nivel productivo, ha tenido un mayor crecimiento económico a nivel nacional, en el ámbito agropecuario; además, de ser una alternativa de producción que brinda resultados a mediano plazo (6 meses) y que garantiza la inversión de los productores.

La acuicultura representa una oportunidad que permite integrar a los jóvenes emprendedores rurales de México a la actividad productiva. Representa una alternativa de crecimiento económico individual, local y regional. Por lo que se pretende que el participante adapte esta alternativa de producción en su región, para mejorar su calidad de vida.

La acuicultura como cualquier actividad productiva, requiere tiempo, trabajo y actividad constante. Por lo que te invitamos a que inviertas tu esfuerzo en el estudio de este manual, que te presenta los elementos necesarios, para que seas un acuicultor de éxito.

Este manual contiene los lineamientos para el cultivo de especies acuícolas, presenta los aspectos biológicos de la especie, el manejo del cultivo, los requerimientos de infraestructura, aspectos de su alimentación y sanidad.

## **TEMA 1. GENERALIDADES**

### **OBJETIVO PARTICULAR**

Al término del tema el participante reconocerá la importancia de la acuicultura.

### **INTRODUCCIÓN**

La acuicultura se define como el conjunto de actividades que tienen por objeto la producción, el crecimiento o desarrollo y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales, de aguas dulces, salobres o saladas (G. Barnabe, 1991)

Acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y plantas acuáticas.

La acuicultura, es la actividad que permite obtener producción por medio del cultivo de organismos acuáticos (animales y vegetales). Los organismos del reino vegetal más cultivados en el mundo, pertenecen al grupo de las grandes algas marinas (verdes, rojas y pardas); aunque también puede tratarse de cultivos comerciales de microalgas, como la Spirulina o la Chlorella o bien otras, que se cultivan como alimento de los primeros estadios de vida de los moluscos y peces marinos. Sin embargo, la mayor parte de los emprendimientos en acuicultura están basados en los cultivos de animales acuáticos y puede entonces tratarse de los denominados invertebrados (carecen de esqueleto interno) o vertebrados (poseen esqueleto interno).

### **IMPORTANCIA DE LA ACUACULTURA**

En México, la importancia de la actividad pesquera radica en que los procesos productivos, en particular la captura y el cultivo, se realizan en forma comunitaria. De ahí resulta su capacidad de generar alimentos, empleos y divisas que contribuyen a satisfacer las necesidades de la sociedad. Como resultado de la dinámica pesquera observada en los

últimos años, el país ha mantenido una significativa importancia en la producción mundial, especialmente en tilapia, tiburón y cazón y moluscos.

Para desarrollar la acuicultura de cualquiera de los organismos potenciales con tecnología conocida, se necesita contar con temperaturas óptimas o las mejores, para la especie seleccionada (cálida, templada o fría), los mejores sitios, el mejor abastecimiento de agua en suficiente caudal y calidad física y química, que constituirán los parámetros determinantes para el cultivo propuesto. A estos importantes factores deben sumársele los propios específicos (característicos de cada especie particular). Un factor importante en cultivo es, por ejemplo la nutrición, para respuesta en crecimiento y prevención de enfermedades. En algunas especies mundialmente cultivadas, se conocen los requerimientos nutricionales, pero en otras muchas, ellos son desconocidos y las raciones alimentarias, en general, se fabrican empíricamente. En el caso especial de las especies autóctonas, se necesitaría mayor apoyo de investigación para lograr su producción.

Los principales factores a tener en cuenta cuando se desea proceder al cultivo y producción de una especie determinada, son los siguientes en orden de importancia:

- Presencia y demanda en mercado
- Rápido crecimiento
- Especies de reproducción conocida
- Especies de buena reproducción y de maduración posterior a la talla de comercialización
- Especies de fácil o relativamente fácil manejo
- Especies que acepten rápidamente alimento ración balanceado, en
- Cautiverio,
- Especies resistentes a las enfermedades
- Especies que soporten una alta densidad de cultivo

## **Actividades de la acuicultura**

En un sentido amplio serían actividades de acuicultura aquellas “dirigidas a incrementar la producción de cualquier explotación de recursos vivos acuáticos mediante la aplicación de técnicas más o menos complejas (PEMARES, 1988)”.

A continuación se enlistan las actividades de la acuicultura:

- captación pasiva o activa de crías,
- reproducción natural, artificial, controlada o inducida para obtención de crías,
- producción de animales y plantas a través de fases de preengorde y engorde,
- liberación de huevos, larvas y juveniles o adultos,
- mejora de hábitats y creación de biotopos o estructuras artificiales,
- nutrición específica o complementaria,
- cultivo de organismos para la obtención de productos de interés industrial,
- control de parásitos, patológicos o genético,
- control de calidad de las aguas y manejo del funcionamiento hidrológico,
- manejo de poblaciones,
- diseño y construcción de instalaciones específicas,
- diversificación de los productos de origen acuático,
- mejora de la comercialización

## **FUNCIONES DE LA ACUACULTURA**

La acuicultura tiene un campo de acción extraordinariamente amplio ya que comprende gran diversidad de actividades, abarca múltiples disciplinas científico técnicas y cumple diferentes funciones.

La función principal de la acuicultura es la producción de alimento para el consumo humano al tiempo que proporcionar empleo y desarrollo económico en las regiones con disponibilidad de recursos acuícolas, continentales o marinos.

Las finalidades socioeconómicas de la acuicultura se pueden resumir en estos puntos:

- Producir cantidades abundantes de alimento para atender las necesidades presentes y futuras de la humanidad
- Proporcionar trabajo alternativo o complementario en el sector pesquero y otras actividades conexas, especialmente en regiones pesqueras en crisis o bien en países en vías de desarrollo

- Continuar proporcionando los bienes de uso y consumo que solicitan los países desarrollados (productos pesqueros de calidad, pesca deportiva, comercio ornamental, productos de interés industrial, etc.)
- Garantizar un desarrollo sostenible evitando la sobrepresión pesquera y ambiental sobre los recursos acuáticos e incluso con la mejora de biotopos y poblaciones acuáticas
- Ayudar a la implantación de nuevos sectores y actividades (biotecnologías marinas, gestión de recursos acuáticos, desarrollo de tecnologías medioambientales)

## **TIPOLOGÍAS DE LA ACUACULTURA**

A continuación se presentan las tipologías de la acuicultura:

### **Especies**

- Los cultivos que han alcanzado mayor desarrollo son: moluscos bivalvos, crustáceos, peces y algas
- Según la especie se conoce con terminologías específicas: Conchicultura, Mitilicultura, Venericultura, Ostricultura, Piscicultura, Salmonicultura, Ciprinicultura, Astacicultura, etc.

### **Finalidad socioeconómica**

- acuicultura de producción
- acuicultura de supervivencia: para la alimentación humana, a bajo costo,
- acuicultura industrial: producción de organismos acuáticos de forma que sea rentable económicamente
- acuicultura de conservación o de repoblación
- acuicultura de apoyo

### **Condiciones de cultivos**

Se pueden clasificar de acuerdo con los siguientes criterios:

#### **a. Según medio de cultivo**

- Cultivos de agua salada (acuicultura marina, maricultura o cultivos marinos)
- Cultivos de especies dulceacuícolas (acuicultura continental)

#### **b. Según las fases incluidas:**

- Acuicultura integral
- Acuicultura parcial
- Acuicultura seminatural o semicultivo

c. Según el grado tecnológico y la densidad de cultivo

- Extensivo
- Semi intensivo
- Intensivo
- Superintensivo

En general, la distinción entre estos tipos de acuicultura muchas veces no está delimitada claramente.

d. Según el número de especies

- Monocultivos: Se utiliza una sola especie durante todo el cultivo.
- Policultivos: Se cultivan varias especies, de forma que no existan fenómenos de competencia o de incompatibilidad, con el propósito de aprovechar mejor el espacio y el alimento.
- Cultivos integrados: se fundamenta en el aprovechamiento directo del estiércol de otros animales como patos o cerdos para la producción de plancton (fito plancton) que sirve de alimento para los peces.

e. Según el flujo de agua sistemas abiertos sistemas cerrados: reciclaje del agua con filtros específicos

f. Según la ubicación del cultivo

- Cultivos en tierra: estanques, instalaciones intensivas en tanques,...
- Cultivos intermareales o costeros: parcelas, corrales, semilleros en orilla,...
- Cultivos en agua: flotantes o sumergidos en lagos, pantanos, mares, océanos

## **SISTEMAS DE CULTIVO**

La acuicultura se practica de diferentes formas, dependiendo de las densidades de animales que se manejen y la magnitud del rendimiento esperado.

El cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación,

la protección de los depredadores, etc. La actividad del cultivo también presupone que los individuos o asociaciones que la ejercen son propietarios de la población bajo cultivo, implicando esta definición a efectos de estadística que: “una determinada producción de organismos acuáticos constituye una aportación a la acuicultura cuando estos son recolectados por individuos o asociaciones que han sido propietarios durante el periodo de cría” y que “aquellos organismos acuáticos explotables públicamente como un recurso de propiedad común, con o sin necesidad de las oportunas licencias, son considerados productos de la pesca” (FAO).

Los cultivos según las especies seleccionadas se desarrollan en diferentes sistemas, dependiendo de la demanda del producto en el mercado, de la clase de especie que se trate, del sitio donde se lo quiera desarrollar, etc.

En general, se mencionan en acuicultura cuatro sistemas principales de cultivo. En relación íntima con la densidad de siembra utilizada (cantidad de animales vivos por hectárea o por metro cúbico). De acuerdo a la premisa señalada, se conocen los sistemas:

### **Extensivo**

Es el cultivo más simple y se aplica principalmente en los grandes embalses. La alimentación de los peces solo depende de la base alimentaria natural del agua. Se basa en la siembra de peces a baja densidad, hasta 2,000 alevines por hectárea. El tamaño y alcance de las repoblaciones depende de la disponibilidad de alimento natural en el embalse.

Este cultivo está sujeto a las variaciones del clima, así como al tipo de explotación que se realice del agua embalsada. Las capturas dependen, entre otros factores, de la potencialidad propia de las capturas de pescado.

Se realiza con fines de repoblamiento o aprovechamiento de un cuerpo de agua determinado. Se realiza en embalses, reservorios y jagüeyes, dejando que los peces subsistan de la oferta de alimento natural que se produzca. La densidad está por debajo de un pez por metro cuadrado (1 pez/m<sup>2</sup>). Se caracteriza por: baja densidad, baja producción y sin aporte externo de alimento ración.

Se caracteriza por:

- Utilización de bajas densidades de población en relación con el área de cultivo
- Un bajo o nulo control en el cultivo. O la producción por volumen es menor, de 200 a 400 Kg/Ha/año, frente a las posibles 100 Tm/Ha/año en intensivo, o producción aleatoria de un año a otro ya que se está a expensas de la climatología, y/o de la producción natural de postlarvas y alevines.

### **Semintensivo**

Este sistema de cultivo, practicado en embalses pequeños o micropresas y estanques se basa en la siembra de peces en monocultivo o policultivo a densidades bajas a medias, hasta 6,000 alevines por hectárea, según las peculiaridades de cada sitio.

A diferencia del extensivo, donde los animales sólo consumen el alimento natural disponible, en este cultivo la alimentación natural se ve mejorada por la fertilización artificial mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos (excretas animales, composta, etc.) e inorgánicos (urea, nitrato de amonio, superfosfato, etc.), lo que permite incrementar la diversidad de especies y aprovechar toda la columna de agua.

Es un sistema de siembra-fertilización-cosecha, que requiere de una atención sistemática.

Se practican en forma similar a la extensiva pero en estanques construidos por el hombre, en donde se hace abonamiento y algo de alimento de tipo casero o esporádicamente concentrados. La densidad de siembra final está entre 1 y 5 peces / m<sup>2</sup>.

Se caracteriza por:

- Las instalaciones son recintos naturales o con escasas modificaciones.
- Requerimiento de un bajo nivel tecnológico y de inversión,
- Suele exigir grandes extensiones de terrenos
- Falta de uniformidad en las producciones y en la calidad de las mismas.
- Alta densidad, alta producción y manejo totalmente con ración externa balanceada

## **Intensivo**

Este es el cultivo que presenta más exigencias, debido a las altas densidades a que se trabaja, pudiendo alcanzar desde varias decenas de miles hasta cientos de miles de alevines por hectárea. En correspondencia con esto, los rendimientos son elevados. En este caso, la alimentación que reciben los peces es totalmente artificial, mediante piensos concentrados peletizados; en algunos casos los requerimientos tecnológicos son también superiores, necesiéndose el uso de aireadores para mantener niveles de oxígeno adecuados, mayor recambio del agua, etc.

Por lo general, estos cultivos se realizan con una sola especie. Se efectúa con fines comerciales en estanques construidos, en sistemas de cascada (Raceways), en canales abiertos o en jaulas situadas en los embalses.

Dado que los volúmenes de estos cultivos son pequeños y los costos de producción son los más elevados, las capturas se destinan a la exportación.

Se realiza un control permanente de la calidad de agua. La alimentación básicamente es concentrada con bajos niveles de abonamiento. La densidad de siembra final va de 5 a 20 peces /m<sup>2</sup> dependiendo del recambio y/o aireación suministrada al estanque.

Se caracteriza por:

- Aporte complementario de alimento externo ración
- Adición paralela y controlada de semillas o alevines
- Mayor densidad y del caudal de renovación del agua
- Mayor control de la producción y calidad que el extensivo mayor producción obtenida
- Mayor control y regulación tanto del ciclo biológico de la especie a cultivar como de los parámetros ambientales
- Empleo de altas densidades de individuos, cultivados con aporte exógeno de alimento
- Las instalaciones son de menor superficie, requiriéndose grandes modificaciones del medio para la construcción de estanques, sistemas de bombeo y tratamiento del agua, sistemas de aireación, mecanismos para el aporte de alimento, etc.
- Precisa del empleo de tecnología muy avanzada y de elevadas inversiones, tanto en instalaciones como en gastos de explotación.

## **Superintensivos**

Aprovecha al máximo la capacidad del agua y del estanque. Se hace un control total de todos los factores y en especial a la calidad del agua, aireación y nutrición. Se utilizan alimentos concentrados de alto nivel proteico y nada de abonamiento. Las densidades de siembra finales están por encima de 20 peces / m<sup>2</sup>.

Se caracteriza por:

- Muy alta densidad por unidad de superficie o volumen,
- Muy alta producción y totalmente manejado con ración balanceada

## **SÍNTESIS**

La acuicultura es el desarrollo de especies acuáticas en medios naturales y artificiales manejados por el hombre con la finalidad de sustento o comercial. Actualmente es la mejor opción, para abastecer las demandas presentes y futuras en materia de alimentos de origen acuático.

La captura pesquera constituye una etapa crucial para la generación de los productos a ser transformados y comercializados.

Los beneficios de la acuicultura entre otros son, la generación de empleos, producción de alimentos, generación de divisas y sustitución de la pesca intensiva de especies disminuidas

Los cultivos abarcan desde animales microscópicos, hasta mayores y desde los más inferiores hasta los más evolucionados. Como organismos acuáticos, se consideran aquellos cuya reproducción depende fundamentalmente del agua.

Existen varios métodos de cultivo que se pueden adecuar a la engorda de peces dependiendo de la disponibilidad de agua, el tipo de terreno y la inversión que se quiera hacer. Dependiendo de estos criterios será el costo del mantenimiento de los peces en engorda. En acuicultura se identifican cuatro métodos de cultivo principales: extensivo, semi intensivo, intensivo y superintensivo.

## **TEMA 2. INFRAESTRUCTURA ACUÍCOLA**

### **OBJETIVO PARTICULAR**

Al término del tema el participante identificará las características de la infraestructura acuícola disponible a fin de seleccionar la indicada para el cultivo de peces.

### **INTRODUCCIÓN**

Los esquemas tecnológicos han ido evolucionando, desde los sistemas extensivos, donde se utilizaba una densidad de siembran muy baja, utilizando el concepto de producción a bajo costo; hasta los sistemas semi- intensivos, intensivos y superintensivos donde se utilizan densidades de siembra altas (desde 15, 50 100 o más peces/ m<sup>3</sup>) cuyo propósito es eminentemente la rentabilidad económica.

En los primeros esfuerzos de acuialtura extensiva se pretendió utilizar los recursos que cada campesino tuviera en su parcela, aprovechando en primer lugar, las excelentes condiciones hídricas y en segundo lugar los hábitos alimenticios de los peces.

Pero actualmente, estanques, raceways, jaulas y otros, constituyen los principales confinamientos para cautiverio de los organismos acuáticos en general, en cultivo.

Algunos de éstos, se utilizan además en las salas destinadas a reproducción (incubadoras de diferente tipo para huevos fertilizados); tanques rectangulares, cuadrados o circulares también empleados para cultivo de los primeros estadios (larvales y juveniles) "bajo techo" o al exterior.

Los confinamientos se emplean en tierra, pero también pueden utilizarse estanques circulares en fibra de vidrio, con abastecimiento tangencial de gran caudal de agua y desagüe de desechos, estanques excavados para menor producción. Las estructuras denominadas jaulas, se utilizan en

cultivos para encierro de peces y se ubican suspendidas en la superficie de los cuerpos de agua aptos para cultivo (embalses, lagos, etc.). Estos cultivos pueden desarrollarse también para el caso de peces en aguas templadas o cálidas (tilapias, bagre).

En cultivo de peces, son los confinamientos utilizados corrientemente para alta producción, aceptan capacidades de carga normales de 10 kg/m<sup>3</sup> de cerramiento. En el caso de las jaulas de pequeño volumen aceptan hasta 300 y 500 peces de determinado tamaño de juvenil/ m<sup>3</sup> de jaula. Estas jaulas son de bajo costo y alto rendimiento.

Como se ha descrito, existen diferentes sistemas de producción. Es importante destacar que la tecnología disponible corresponde con los sistemas descritos. Esto es como sigue:

Sistema	Tecnología disponible
Extensivo	Estanques en tierra (encierros)
Semi intensivo	Estanques rústicos (rectangulares)
Intensivo	Estanques circulares y Jaulas flotantes

En este tema se describen las características de cada una de estas tecnologías, así como las actividades necesarias para su diseño y construcción.

Con relación a los estanques hay que aclarar que si bien los tipos de estanques corresponden a sistemas de producción diferentes, los principios para su diseño y construcción aplican a todos los tipos, estanques en tierra, estanques rústicos y estanques circulares.

Finalmente, también se presentan las características de las jaulas flotantes y las especificaciones para su diseño y construcción.

# TIPOS DE ESTANQUES

Existen tres tipos de estanques:

- Estanques en tierra
- Estanques rústicos
- Estanques circulares

Antes de construir los estanques debemos hacernos algunas preguntas:

- ¿Hay suficiente disponibilidad de agua y de buena calidad todo el tiempo?
- ¿El suelo para construir el estanque tiene suficiente arcilla?
- ¿Hay fácil acceso hacia el mercado?

## **Estanques en tierra o encierros**

Un estanque en tierra o encierro es un recinto artificial de agua de poca profundidad, excavado en tierra de forma tal que pueda vaciarse totalmente. Este tipo de tecnología corresponde al sistema de producción extensivo.

Los encierros son instalaciones de cría y/o engorde situadas en tierra firme. Tanto el criadero como los estanques de engorde necesitan instalar sistemas de bombeo del agua de río, subterránea, o de mar, y también emisarios para el retorno de las aguas utilizadas a su lugar de origen.

Los encierros están diseñados para un confinamiento seguro de los peces en cuerpos de agua naturales contando con los parámetros fisicoquímicos requeridos en la calidad del agua y las condiciones climáticas favorables para su desarrollo. Por lo que es necesario garantizar que su ubicación cuente con las condiciones ambientales apropiadas.

El establecimiento del encierro se realiza en ríos, lagunas y embalses donde el control es prácticamente imposible si se consideran las corrientes, las fluctuaciones del nivel de agua y su calidad en cuanto a sustancias y materiales en suspensión, es importante la fluctuación de agua por minuto (se recomienda de 10 a 15 pulgadas de agua por segundo).

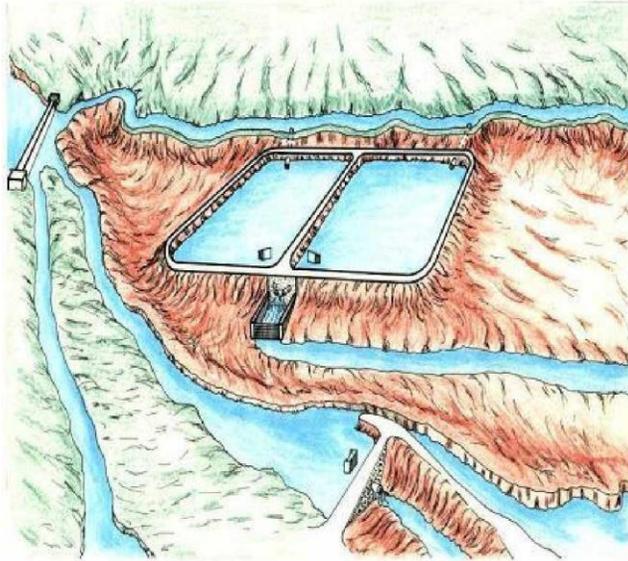


Figura. Estanque en tierra o encierro

Se debe seleccionar un buen lugar para ubicarlo, en lo posible que éste quede cerca de la casa para facilitar su cuidado, el abastecimiento de agua debe estar lo más cerca posible y el estanque debe ser ubicado en gran parte a pleno sol. Otros aspectos considerados para el funcionamiento de los encierros, además, de la cantidad y calidad del agua son la resistencia y durabilidad, por lo que se tomarán en cuenta los materiales utilizados en su construcción en este caso mallas plásticas extraídas (rígidas) y también materiales de la región, resistentes a los rayos UV y ataques de predadores como serían aves y nutrias.

Para el establecimiento y funcionamiento de los encierros se consideran las siguientes condiciones: contención, calidad fisicoquímica del agua, ubicación, resistencia y durabilidad.

Las mallas plásticas son importantes para la construcción de encierros y sus ventajas en cuanto a resistencia y durabilidad demostrando ser un método de piscicultura con inversión de infraestructura más económica que las estanquerías.

En el caso de la piscicultura en encierros se debe considerar a su favor el hecho de no requerir de insumos como energía eléctrica para bombeo, recirculación y aireación.

Por otro lado es importante mencionar que de acuerdo a la Ley Federal de Aguas Nacionales el establecimiento de encierros no requiere concesión y por consiguiente no paga consumo de agua, como otra ventaja más en comparación con estanquerías.

El mantenimiento de los encierros se reduce a la revisión constante de las mallas y sistemas de sujeción.

Entre las ventajas y desventajas de los encierros están las siguientes:

- **Ventajas:**

- Permiten un perfecto control de la producción.
- Fácil manejo de las tareas de producción: despesque, selección, etc.
- Automatización de ciertos trabajos: distribución del alimento, control de parámetros del agua.

- **Desventajas:**

- Escasez de terrenos adecuados o permisibles, lo que produce un encarecimiento.
- Costos de instalación: estaciones de bombeo y emisarios, consumo energético, excavación de terrenos.

## **Estanques rústicos**

Un estanque rústico es un depósito cerrado de agua, sin corrientes, de un tamaño tal que puede ser utilizado para el cultivo controlado de peces. Los peces producidos en estanques son una fuente de proteína y pueden proveer ganancias para los productores. Este tipo de tecnología corresponde al sistema de producción semi-intensivo.

Los estanques rústicos están diseñados para la contención segura de agua suficiente (3500m<sup>3</sup>), para la construcción es importante considerar un estudio de suelo que garantice su impermeabilidad, recomendando suelos arcillosos. Es necesario garantizar el suministro de agua, con una fuente segura de abastecimiento ya sean: pozo profundo, manantial, río etc., y distribuirla por bombeo o por gravedad (fuentes de agua que estén sobre el nivel de los estanques). Garantizando un aforo suficiente para lograr un recambio diario de por lo menos el 10% del volumen total del estanque con el fin de eliminar excesos de amoníaco y materia orgánica evitando la demanda de oxígeno disuelto por reducción bacteriana.

Otros aspectos considerados para el funcionamiento del estanque, además de la cantidad y calidad del agua son la resistencia y durabilidad, por lo que se tomará en cuenta además de los materiales utilizados en su construcción en este caso material de arcilla, la ubicación de los mismos, evitando su afectación por inundación, deslaves y corrientes torrenciales.

Se consideran las siguientes condiciones necesarias para el establecimiento y funcionamiento de los estanques:

- Suministro de agua.
- Contención.
- Calidad fisicoquímica del agua
- Ubicación
- Resistencia y durabilidad.

La piscicultura semi-intensiva requiere de equipos y materiales adecuados para incrementar la producción por unidad de espacio. Considerándose bombas de agua de diesel de salida y una fuente de agua suficiente como serían: ríos, lagunas y embalses.

### **Estanques circulares**

Los estanques circulares de PVC están diseñados, para la contención segura de agua suficiente (63m<sup>3</sup>) y facilitan el control de los parámetros fisicoquímicos requeridos en su calidad para el desarrollo de los peces.

Por lo que es necesario garantizar el suministro de agua, con una fuente segura de abastecimiento, tales como; pozo, manantial, río etc., y distribuirla por bombeo o por gravedad (fuentes de agua que estén sobre el nivel de los estanques). Garantizando un aforo suficiente para lograr un recambio diario de por lo menos el 10% del volumen total del estanque.

Otros aspectos considerados para el funcionamiento del estanque, además, de la cantidad y calidad del agua son: la resistencia y durabilidad, por lo que se tomará en cuenta además de los materiales utilizados en su construcción en este caso geomembrana de PVC de 1mm de espesor, la ubicación de los mismos, evitando su afectación por inundación, deslaves y corrientes torrenciales.

Para el establecimiento y funcionamiento de los estanques se consideran las siguientes condiciones necesarias:

- Suministro de agua.
- Contención.
- Calidad fisicoquímica del agua
- Ubicación
- Resistencia y durabilidad.

Los Estanques de Geomembrana son ideales, fácil instalación, bajo costo y una durabilidad de hasta 15 años (En las fotografías C, D y E se muestran los estanques de Geomembrana para modelo Tecnológico Intensivo).



**Fotografía**



**Fotografía**



**Fotografía**

La piscicultura intensiva requiere de equipos y materiales adecuados para incrementar la producción por unidad de espacio. Se ha mencionado ya la importancia de las geomembranas de PVC, para la construcción de estanques y sus ventajas. Sin embargo deben considerarse también el uso de equipos que mantengan y propicien las condiciones adecuadas para el desarrollo de los peces como son: bombas de agua de gasolina y eléctricas, sopladores eléctricos de aire comprimido, filtros biológicos y físicos que a continuación se describen.

El sistema intensivo de producción en estanques requiere del suministro de energía eléctrica y agua por lo que se consideran sus tarifas de acuerdo a lo estipulado por la CFE Y CNA.

El insumo de alimento balanceado es el mas relevante si consideramos que de ello dependerá el crecimiento de los peces por lo que su calidad y preservación en condiciones adecuadas serán determinantes aunado al suministro en tiempo y cantidad por los proveedores.

# CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTANQUES

El diseño previo de los estanques, de acuerdo a las características del terreno a utilizar, es muy importante para efectuar las operaciones de cultivo y producción.

También es necesario considerar diseñar estanques donde se pueda aplicar aireación externa apropiada o el recambio necesario de agua, esto aumenta la producción, con sistemas intensivos.

Para la instalación de un proyecto acuícola se deben considerar dos cosas, la capacidad de inversión del productor y la cantidad de terreno viable para el desarrollo del mismo.

## Elementos que deben conformar un estanque

- **Dique:** es un terraplén compacto para retener el agua, su altura es igual a la profundidad del agua más una porción de borde libre para evitar el desbordamiento. A la parte superior del dique se le denomina Corona y el Talud es la parte lateral o parte inclinada de los estanques.
- **Entrada y salida de agua:** deben ubicarse en extremos opuestos al estanque, esto permite una mejor circulación y adecuado recambio de la misma. El tubo de la salida del agua debe ser giratorio de tal manera que al querer desocupar el estanque tan solo se necesita acostarlo sobre el fondo.
- **Rebosadero:** para evitar que el agua sobrante de lluvias o de exceso de caudal cause desbordamientos se construye un rebosadero unos 5 a 10 cm por encima del nivel del agua.
- **Caja de pesca:** es una estructura localizada en la parte profunda del estanque, cerca del desagüe, generalmente 30 cm por debajo del fondo. Sirve para recoger la cosecha cuando se desocupa un estanque.
- **Bocatoma:** es la estructura que se localiza en la fuente de agua, su dimensión depende del caudal a tomar.
- **Desarenador:** en pisciculturas a gran escala, con altas densidades y fuentes de agua que se enturbian en invierno, es indispensable construir el desarenador que consiste en un estanque con diferentes barrenas para retener los sedimentos y partículas en suspensión.
- **Canal de conducción:** es la estructura que conduce el agua desde la fuente hasta los estanques. Puede ser canal abierto o por tubería.

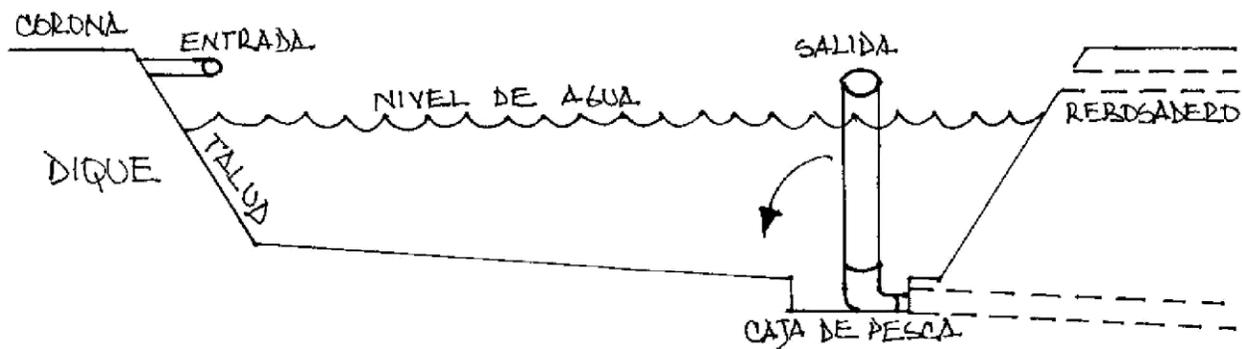


Figura. Partes que conforman un estanque.

### Diseño del croquis de la granja acuícola.

Es necesario tener en cuenta la topografía, para ubicar el discurrir del agua, considerando la toma, el canal de alimentación, el estanque mismo y el canal de desagüe. Los materiales utilizados son: cordeles, estacas, pico y cinta métrica. El trazo del croquis, debe considerar la distribución de las áreas con la finalidad de tener fácil acceso y así simplificar las labores dentro de la granja.

### Tamaño

El tamaño de los estanques dependerá de la planificación previa para el cultivo y producción, en dónde se comercializará el producto terminado y según la topografía del terreno.

El tamaño puede ser de varias hectáreas hasta unos cuantos metros cuadrados, dependiendo del tipo de piscicultura, la especie a cultivar, la topografía de la finca, así como los siguientes factores:

- El mercadeo.
- La capacidad económica del piscicultor.
- El espacio que tenga en la finca para esta actividad.
- La cantidad de agua que entre al estanque (cantidad de peces por entrada de agua al estanque).

Pueden medir desde 100 a 300 m<sup>2</sup> cuando se trata de fases de cultivo inicial (larvas, juveniles en pre-engorde), hasta tratarse de estanques de 0,5 a 5 has, para los destinados a producción de engorde final. Si se planifica una producción para venta local, los mejores estanques corresponderán a esa medida.

## **Forma**

La forma ideal de un estanque es rectangular, sin embargo, muchas veces la forma depende del relieve y del tamaño del predio. Las ventajas del estanque rectangular son las siguientes: es más fácil y rápida la cosecha, mejor aprovechamiento del agua de recambio, puesto que recorre toda la totalidad del estanque.

## **Profundidad**

La profundidad ideal es de un metro promedio, es decir de 0.8 metros en la parte más panda y 1.2 en la parte más profunda. Estanques con profundidad inferior a 0.5 metros son propicios para el fácil calentamiento del agua y proliferación de plantas acuáticas. Estanques con profundidades superiores a 2m son muy difíciles de manejar (pesca), son costosos y se pierde el espacio de 1.5 hacia abajo, puesto que la luz solar no llega hasta allá y por supuesto los peces tampoco.

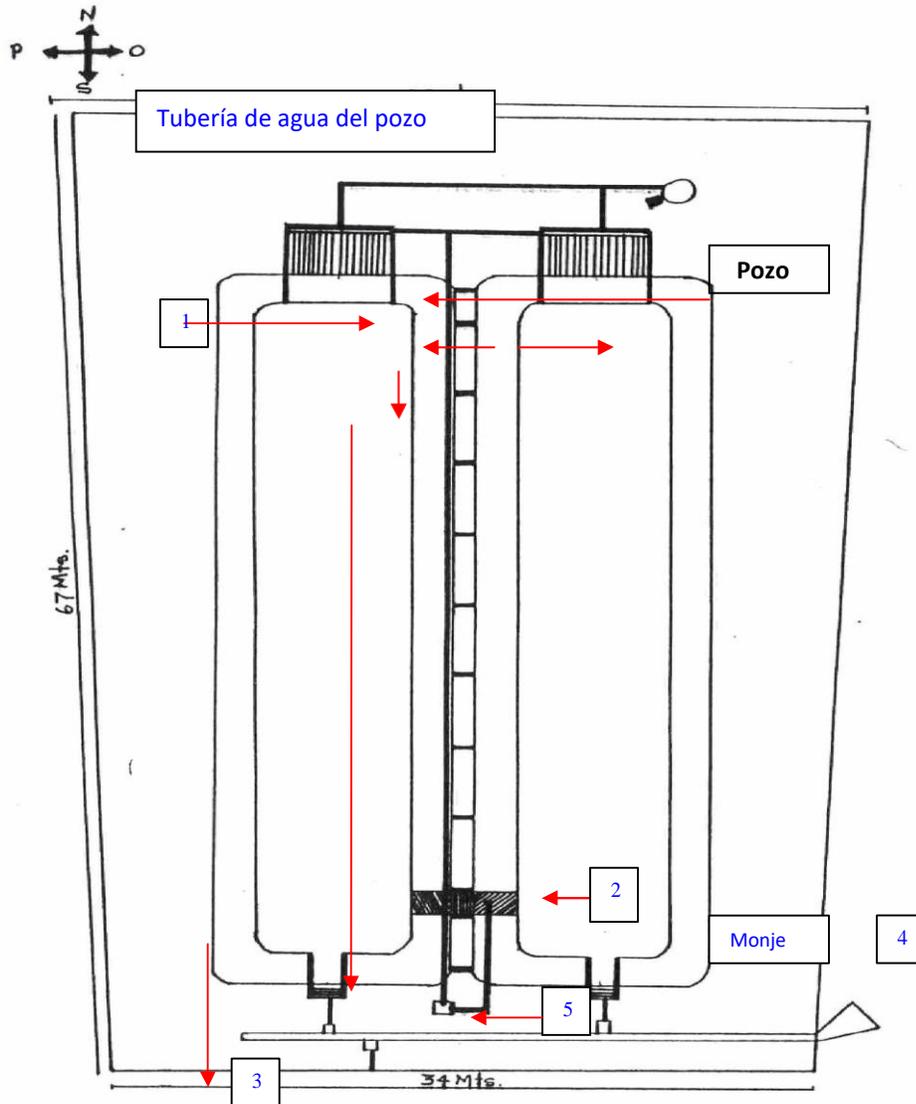


Figura. Diseño de un estanque

1. Sistema de Aireación
2. Canal de comunicación para el sistema de Reciclaje y Aireación del agua
3. Tubería de Drenaje
4. Estanque para el desagüe
5. Bomba para aireación del agua

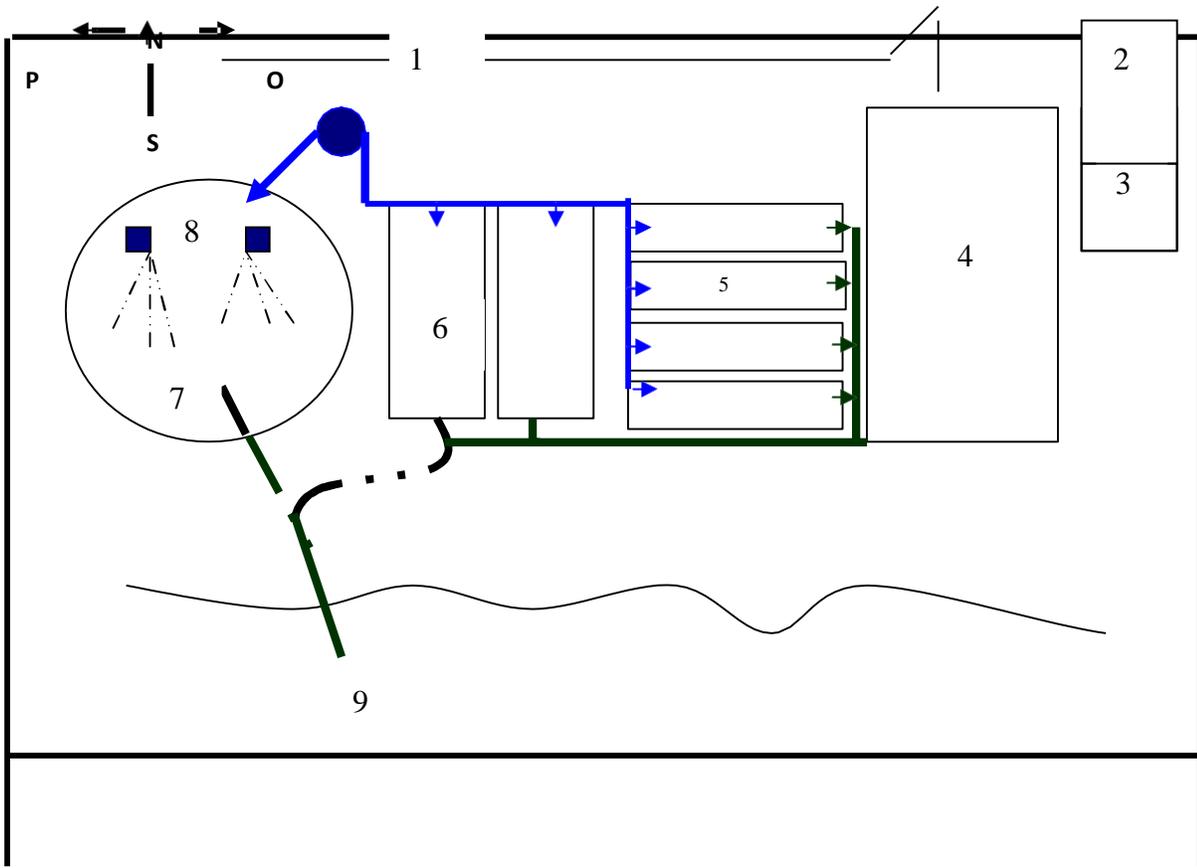


Figura. Croquis de una granja acuícola

1. Estacionamiento para autos/entrada y salida de vehículos a la granja.
2. Casa habitación
3. Cocina
4. Área de venta ó Restaurante
5. Estanques para producto al mercado y/o semilleros
6. Estanques de pre-engorda
7. Estanque circular de engorda
8. Aireadores
- 9.- Descargas de drenaje hacia el río

# UBICACIÓN DEL ESTANQUE

El lugar seleccionado para la construcción del estanque tiene que estar libre de inundaciones y puede quedar lo suficientemente cerca de otras actividades de la granja, de tal forma que el agua del estanque pueda ser utilizada en bebederos de animales, en irrigación suplementaria de huertos o para diversas actividades.

Los valles de pequeño tamaño, con pendientes graduales a los lados y con áreas planas en los llanos o laderas, son sitios comunes para estanques.

Algunos aspectos prioritarios a tener en cuenta para la selección del área son los siguientes:

- Suelo

- a) suelos de base o fundación
- b) suelos para la construcción

- Agua

- a) Fuentes de agua: Aguas superficiales y Aguas subterráneas
- b) Indicadores de la calidad del agua
- c) Cantidad: Medición del caudal y Métodos de medición

## **Tipos de suelo**

- Suelos de base o fundación

Es la porción de terreno donde quedará asentado el dique del reservorio o estanque. En primer lugar se realiza un sondeo (con una barra de hierro) donde se realizará la trinchera, para evaluar el tipo de material. La presencia de arena y piedras fragmentadas puede muchas veces condenar un área que tenga agua y topografía favorable. Debemos dar preferencia a los suelos pesados, con elevado tenor de arcilla con la consecuente baja permeabilidad.

- Suelos para la construcción

Es la porción de terreno que abastece el material para la construcción de los terraplenes o diques. Son preferibles los suelos de textura media, pues presentan buenos resultados en el proceso de compactación.

Los suelos con alto contenido de arcilla, son muy plásticos. Cuando son sujetos a compactación debe realizarse un riguroso control de la humedad,

pues cuando hay exceso de misma se forman “bolitas” y cuando está muy seco no se logra una buena compactación del material.

Los suelos arenosos, orgánicos o con presencia de tosca y piedras son muy permeables. Los mismos pueden utilizarse para la construcción de la cara externa del terraplén.

Es importante mencionar que el suelo utilizado para la construcción, tienen que provenir del mismo área donde estará emplazado el estanque, siempre que fuera posible, ya que de lo contrario se encarece la obra al transportar suelo de otro sitio.



Figura. Terreno con suelo rico en arcilla

Los mejores suelos para la construcción de estanques son los franco- arcillosos, puesto que retienen bien el agua y son fáciles de trabajar ya sea con maquinaria o mano de obra. El suelo debe tener por lo menos un 20% de arcilla, lo que puede determinarse con un examen de laboratorio.

Existe sin embargo un método muy sencillo para determinar si el sitio donde pensamos construir nuestro estanque es adecuado:

- Tome un puñado de tierra de la superficie y apriételo hasta formar una bola, tire hacia arriba la bola y recójala al caer. Si la bola se deshace quiere decir que el suelo contiene demasiada arena o grava y por esto no nos sirve. Si la bola no se rompe, aún no se puede estar seguro si el suelo es apto para la construcción, así que es la hora de hacer una segunda prueba.

- Cave un hoyo de unos 80 centímetros de profundidad y llénalo completamente de agua, luego cúbralo con ramas frondosas o madera. A las 12 horas el agua se habrá filtrado, entonces debe llenarlo y taparlo nuevamente. Si a las 12 horas de hacer esto la mayor parte del agua está todavía en el hoyo, quiere decir que el suelo retiene el agua lo suficiente para que se pueda construir un estanque en ese lugar.

## **Topografía**

Si la tierra es plana, se pueden construir estanques con taludes simples y semi-excavados en el terreno, debido al menor costo de construcción. Si el terreno tiene elevaciones, se deben construir estanques tipo embalsado, con caño de descarte para el agua. Si se construye este tipo de estanque, deberá ponerse atención porque difícilmente puedan vaciarse para obtención de todo lo sembrado.

Los mejores estanques son los construidos en forma rectangular, colocados con su eje mayor hacia los vientos más potentes de la región (por su mejor aireación natural).

Es fundamental hacer un levantamiento del perfil donde será asentado el dique principal del reservorio. A partir de una línea que debe ser ubicada en el centro del futuro dique, marcamos los puntos topográficos y señalamos con estacas.

Con respecto a la inclinación de los taludes debemos tomar una relación de 3:1 en la cara interna y 2:1 en la cara externa. El ancho de la cresta debe ser lo suficiente como para que transiten las máquinas o vehículos. La altura del dique va a depender de los estudios hidrológicos y del volumen de agua necesario que requiera el proyecto en épocas de sequía.

La cota topográfica, la distancia entre estos puntos y la altura del dique, permite calcular el volumen de relleno.

Calculados todos los volúmenes, o sea, el volumen de relleno, volumen de suelo de la base a sustituir y el volumen de la trinchera, por la sumatoria obtendremos el volumen geométrico que es considerado como volumen de tierra compactada que compone el dique.

Una vez seleccionado el tipo de suelo, es recomendable considerar para la ubicación del estanque la parte alta del terreno, para reutilizar el agua, a fin de aprovechar al máximo el agua.

## Fuentes de agua

La cantidad de agua necesaria varía de acuerdo al número de peces por metro cuadrado que se siembre en el estanque, a mayor densidad de siembra, mayor cantidad de agua o mayor porcentaje de recambio de agua, con el fin de que se suplan las pérdidas de oxígeno disuelto y se descontamine el sistema de productos de excreción como el amonio.

El agua, en lo posible, debe proceder de un lugar ubicado más alto que el estanque, de tal forma que pueda llegar a él por gravedad. El abastecimiento de agua debe estar ubicado lo más cercano posible, tener disponibilidad de agua todo el tiempo y que no esté contaminada. El agua debe ser conducida por acequia, manguera o tubería plástica desde la fuente de agua más próxima.

Las fuentes de agua más comunes para abastecer a los estanques son la lluvia, manantiales, arroyos, quebradas, ríos, nacimientos y reservorios. Es necesario que durante todo el año el agua esté disponible en buena cantidad y calidad. El agua debe estar libre de pesticidas y otros químicos que pueden causar la muerte a los peces e intoxicar al hombre y al ganado. Las fuentes de agua recomendadas son pozos artesanos (aguas subterráneas), ríos, presas, sistemas de riego agrícolas (canales) y manantiales.

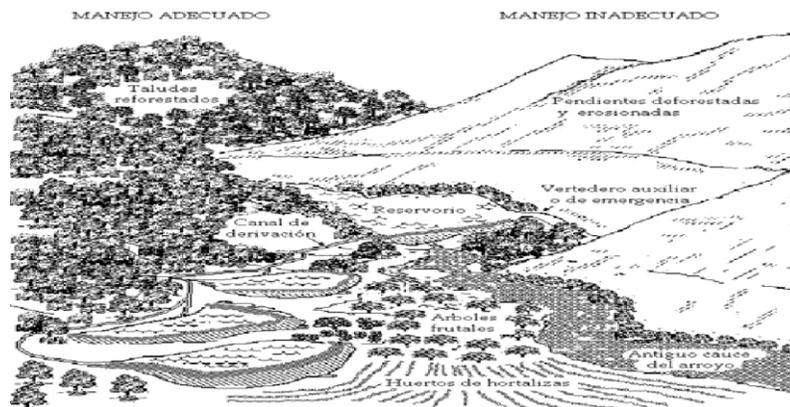


Fig. Tipos de Afluentes de Agua.

A continuación se presentan algunas recomendaciones por cada tipo de afluente:

- Pozos de agua. Hacer una pequeña prueba si los peces sobreviven en el agua de nuestro pozo, dado que algunas veces los mantos friáticos arrastran minerales (plomo, azufre, etc.) que en un momento dado pueden ser tóxicos para nuestro cultivo.
- Ríos. No utilizar este tipo de afluentes en caso de tener turbidez. Al momento de introducir agua al estanque hay que proteger la entrada de peces no deseados.
- Sistemas de riego agrícolas. Detectar si canal arriba desvían este afluente para el cultivo de huertos, hortalizas y aplican químicos que pudieran ser tóxicos para nuestro cultivo de peces ya que estos pueden provocar la intoxicación y muerte de los mismos.

Desde el reservorio el agua es transportada hacia los estanques por canales de abastecimientos.

Para el desarrollo del cultivo de peces se necesita una buena cantidad de agua, esto en función de las dimensiones de los estanques.

Para esto es importante realiza el cálculo de los desagües:

- Desagües de fondo: normalmente hechos con tubos de cemento armado, cuyo diámetro va a ser calculado en función del pico máximo de la descarga de la cuenca.
- Desagües de emergencia: son canales generalmente en forma trapezoidal, revestidos con piedras y vegetación. Estos desagües son necesarios para evitar desbordes del reservorio y con la consiguiente destrucción del dique, en épocas de grandes lluvias.

## **Cantidad de agua**

Al evaluar el potencial de una fuente de agua, debemos medir el caudal, preferentemente en el pico de la estación seca, pues de esa manera podemos tener la estimación del tamaño de reservorio que debemos construir, con la capacidad suficiente para proveer de agua en los periodos más críticos de sequía.

Información como la evaporación potencial, infiltración, precipitaciones, son importantes y hay que recabarlas en cada localidad donde se establezca el proyecto.

Un parámetro de referencia sería un caudal mínimo de 25 m<sup>3</sup> por hora, por hectárea de espejo de agua. Obviamente, existen alternativas como la

utilización de aireadores en los periodos donde la circulación del agua en los estanques está comprometida . En términos generales, se puede renovar diariamente entre el 5 % al 20 %, según el sistema de cultivo, especie y densidad.-

En relación a la cantidad de agua, se debe observar la posibilidad de que ocurran inundaciones, principalmente en áreas muy próximas a los arroyos, donde estaría comprometida la construcción de estanques.-

- **Medición del caudal**

Sirve para medir la disponibilidad de agua de una fuente, siendo esta información fundamental para que pueda desarrollarse el proyecto con éxito. Existen varios métodos para medir el caudal. El método depende del volumen de agua a ser medido y de las condiciones y precisión deseada.

- **Métodos de medición**

- Cubo: para caudales pequeños. Es el más exacto de todos los métodos y más rápido.
- Flotador: caudales pequeño a grande. Exactitud mediana.
- Presa triangular: caudales de pequeño a grande. Se utiliza para registrar el caudal durante un periodo.

# CONSTRUCCIÓN DEL ESTANQUE

## Medición del terreno

Una vez ubicado el terreno para el establecimiento del cultivo se procede a medir el terreno completo y tomar algunas fotografías para diseñar la ubicación de cada una de las áreas que se necesitan para el buen manejo y desarrollo de la granja.

## Trazo del estanque

Una vez despalmado el terreno se debe marcar con cal la dimensión del estanque.

## Preparación del Terreno

Es necesario realizar el despalme del terreno donde se va a excavar para el estanque, con el objetivo de retirar la primera capa del terreno que por lo general tiene semilla de arbustos y malezas. Esto a fin de evitar que las semillas una vez construido y llenado el estanque puedan desarrollarse en plantas, arbustos, que alojen plagas nocivas para el cultivo.



Fig. Terreno antes del despalme.

## Selección de la maquinaria para la construcción

Se recomienda un tractor de oruga D7 (CATERPILA) con sus implementos (Ripers). No es recomendado utilizar la retroexcavadora, conocida mano de chango, por que incrementa los costos de construcción y no compacta la tierra como se requiere.

## Excavación del estanque

Los operadores con experiencia en estas máquinas saben las actividades que se tienen que realizar. Sin embargo, es importante consideres las siguientes recomendaciones para que no se eleven los costos de inversión del proyecto.

Un estanque de 10m ancho x 50m largo x 1.50m de profundidad invierte alrededor de 20 h de trabajo completo. Es recomendable no diseñar estanques mayores a 50m de largo, 12m de ancho por 2m de profundidad, por que se complica el manejo de los peces con las redes. En la siguiente imagen puedes ver como la maquina va compactando la tierra que remueve, la orilla y la compacta, con el objetivo de evitar filtraciones de agua al subsuelo. Las rocas encontradas en la excavación tienen que ser removidas de lo contrario dificultaría el manejo.



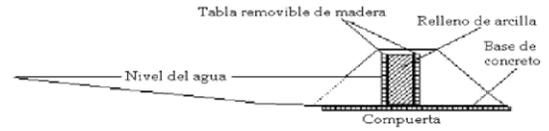
Fig. Terreno antes del acabado



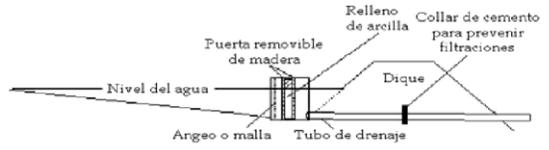
Fig. Terreno acabado

En esta fotografía puedes apreciar como la máquina da un acabado al estanque, esto es importante para tener que se realice un fuerte compactado en todo el talud y evitar con el tiempo la erosión de nuestro estanque.

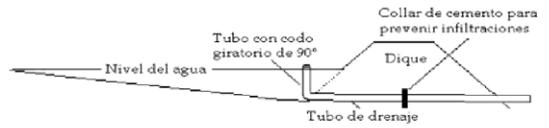
En la figura de la derecha puedes observar los diferentes tipos de drenajes, debes elegir el que más se adapte a tu modelo considerando que el más costoso (generalmente el de concreto) será el mas duradero pero tal vez no el mas funcional para tu estanque.



**DRENAJE DE COMPUERTA TEMPORAL**



**DRENAJE EN FORMA DE MONTE**



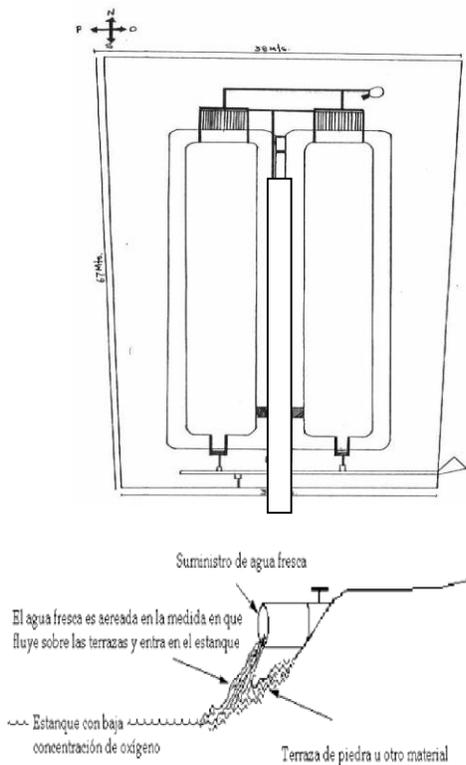
**DRENAJE CON TUBO VERTICAL GIRATORIO**

### Construcción e instalación del sistema hidráulico.

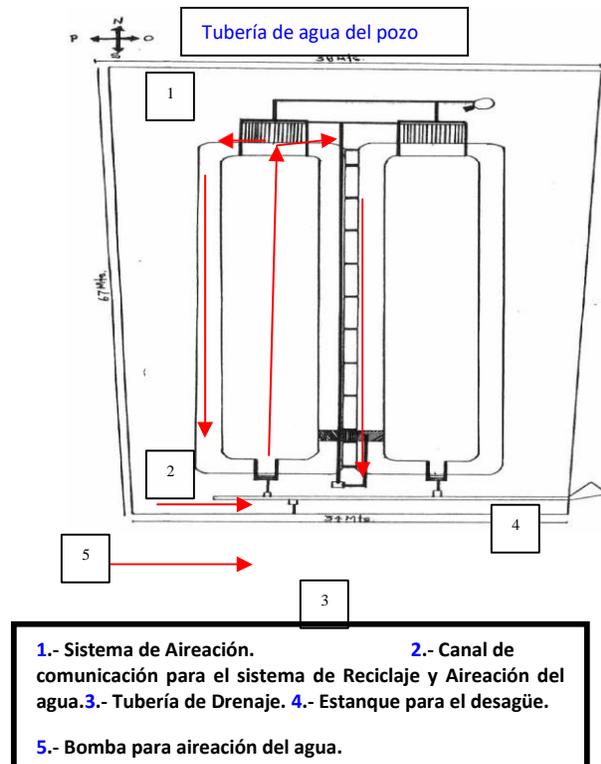
Es importante el diseño del sistema de suministro del agua para el óptimo desarrollo del cultivo de la tilapia en estanques.

A continuación te presentamos dos planos para que te sirvan de ejemplos. PLANO No.

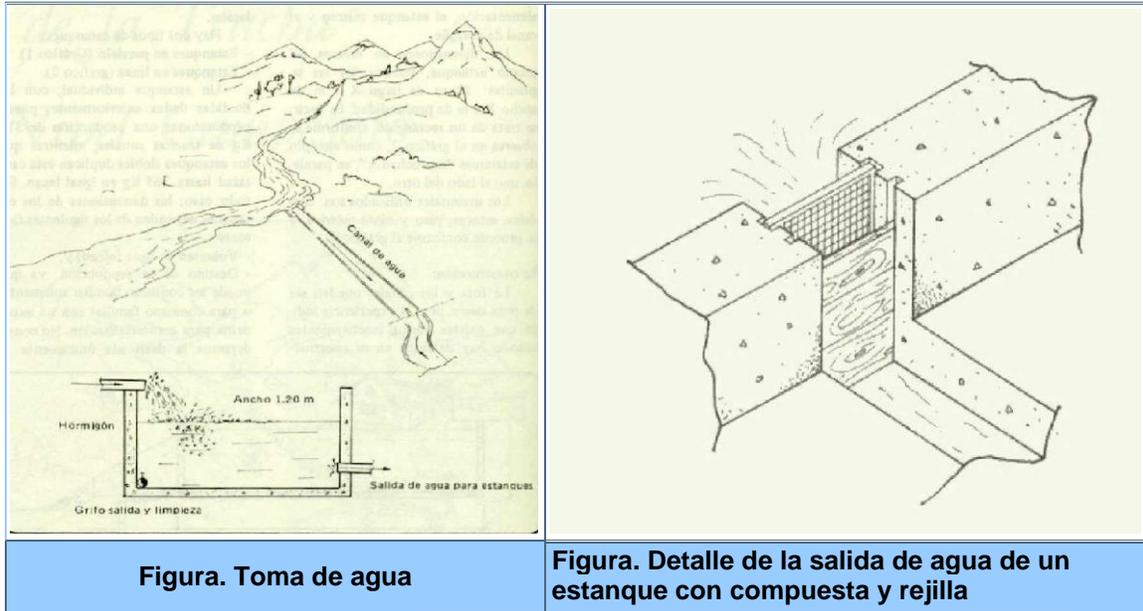
1



PLANO No.2



Como puedes apreciar en el plano 1 aún no tiene definido el sistema de administración de agua y oxigenación de la misma. En el plano 2 se muestra la red de distribución de agua con el recirculación hacia los estanques. El suministro de Agua y su recirculación en el estanque permite mantener a los peces en un estado mas relajado y favorece la ganancia de peso.



Te recomiendo que la recirculación de agua sea durante las noches, ya que el fitoplancton que desarrolla dentro del estanque consume (O<sub>2</sub>) Oxígeno, desarrollándose una competencia fisiológica natural entre el fitoplancton y las Tilapias. Más adelante se mostrará que tan importante es mantener una buena calidad de agua. La tubería para el suministro del agua puede ser de PVC o poliducto (manguera negra) de entre 4" y 6" (pulgadas).

## Instalación de mallas anti-depredadores

Se sugiere proteger tu estanque específicamente de animales e insectos voladores (libélulas), siendo estas especies las que principalmente se acercan a tu estanque para comerse los peces y depositar larvas de parásitos dentro de tu estanque.



Los posibles depredadores que pueden afectar a tu cultivo son: todas las aves acuáticas (patos, garzas, martín pescador, etc.) y algunos aves de rapiña (halcones, gaviñanes, lechuzas durante la noche, etc.). Existen otros tipos de depredadores que también pueden atacar a tu estanque como son algunos reptiles (tortugas y víboras) y en el área silvestre algunos mamíferos (mapaches, tejones, coyotes, zorras, entre otros).

## Servicios complementarios para el cultivo.

Para iniciar un proyecto acuícola y desarrolle correctamente la engorda de nuestra tilapia se tienen que considerar los siguientes cuatro elementos:

- Energía eléctrica (Para el funcionamiento de las bombas de agua).
- Vías de comunicación cercanas a la granja.

Debes considerar que hay alternativas para no utilizar la energía eléctrica, como son principalmente, el bombeo a través de gravedad. No es recomendable el uso de motobombas de gasolina por que incrementa el costo de un 100 hasta 300%, en comparación con la energía eléctrica reduciendo las utilidades del proyecto.

## Manejo del estanque

Todos los estanques piscícolas requieren de un manejo y mantenimiento adecuado. Algunas prácticas básicas son encalar y fertilizar el estanque:

- **Encalar el estanque**

El calcáreo es un compuesto de carbonato de calcio o carbonato de calcio- magnesio. El calcáreo eleva lentamente el pH y no es peligroso para los humanos. La cal virgen y la cal hidratada elevan bruscamente el pH, además es cáustica y producen irritación de la piel y ojos del aplicador.

El calcáreo es utilizado para elevar el pH del agua y suelo como también la alcalinidad y dureza total del agua. Los estanques pueden ser tratados con calcáreo cuando están vacíos o llenos. La cantidad de calcáreo a ser aplicada depende del tipo de material, de su pureza, grado de textura y la acidez que tiene que ser neutralizada.

Dosis recomendada por cada 1.000 metros cuadrados de espejo de agua: pH menor de 5 se aplican 300 kg. de calcáreo  
pH de 5 a 6 se aplican 200 kg. de calcáreo  
pH de 6 a 7 se aplican 100 kg de calcáreo

La aplicación de cal viva se recomienda solamente para realizar tratamientos posteriores a la cosecha, para desinfección.

- **Fertilizar el estanque**

Los fertilizantes proveen de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, para estimular el crecimiento del fitoplancton y la mejoría de la cadena alimentaria que culmina con la producción de peces. Los fertilizantes orgánicos – estiércoles de aves, cerdos y vacas- son descompuestos por las bacterias que liberan nitrógeno y fósforo que estimulan la producción de fitoplancton.

Los fertilizantes orgánicos pueden ser igualmente eficientes pero los fertilizantes químicos son más fáciles de usar y mas seguro que los orgánicos. Los estiércoles crean una alta demanda de oxígeno reduciendo los niveles aprovechado por los peces, son muy variados en su composición y además muchos de ellos pueden contener antibióticos u otros químicos adicionados a la alimentación animal que puedan contaminar a los peces. Dosis recomendadas: Las dosis de fósforo siguen generalmente una relación de 1 kg de P por cada 10 kg de N aplicada. Los niveles de N y P del agua de los estanques vuelven a sus valores de pre- fertilización luego de dos semanas. A partir de estos datos es conveniente aplicar 20 a30 kg de N /ha y 2 a 3 kg de P/ha a intervalos de 15 días.

# CONSTRUCCIÓN DE UN ESTANQUE CIRCULAR DE GEOMEMBRANA

## Materiales Requeridos

Un estanque de geomembrana esta constituido básicamente por 6 partes.

- Geomembrana malla galvanizada del no. 14 de 5cm x 5cm
- Tubos de PTR galvanizado de 1 pulgada
- Abrazaderas de tornillo sin fin de acero inoxidable de 1 pulgada
- Tubo de PVC de 4 pulgadas
- Codo de PVC de 4 pulgadas
- Manguera flexible de 2 pulgadas
- La bolsa es construida de geomembrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 1 milímetro de grosor que se une por termofusión (calor) a 650 ° C

## Estructura

La estructura del estanque circular de geomembrana se compone de tres elementos:

- Malla metálica galvanizada
- Tubos de PTR
- Abrazaderas de tornillo sin fin

La importancia de la estructura se debe principalmente a su función de sostener y darle forma cilíndrica a la “bolsa” de geomembrana, así como también, soportar la presión del peso del agua contenida en el estanque por lo que se requiere de una base firme que se logra con una excavación de 40cm por el diámetro de 6m que tiene el estanque o bien colocando costales de tierra alrededor de la malla, ya que es en la parte inferior de la pared donde existe mayor presión.

## Corte y Ensamble

Es importante calcular la cantidad de material y el corte según el tamaño del estanque. Primeramente se calcula el perímetro del círculo a través de la formula:

$$\text{Perímetro} = \Pi * D \text{ En}$$

donde:

$$\Pi = 3.1416$$

D = diámetro (6 m)

Es decir  $3.1416 \times 6 = 18.8496$  metros Posteriormente

se calcula el área de la base  $A = \pi * r^2$

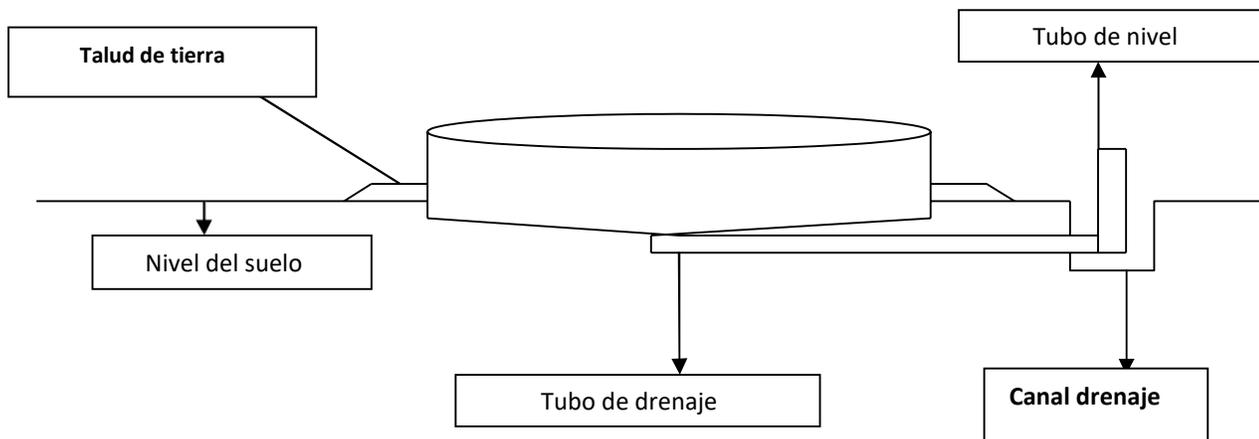
Es decir  $3.1416 * (3)^2 = 28.2774 \text{ m}^2$

Se miden y cortan los lienzos. Se requiere de un lienzo de geomembrana y malla metálica de 19m cada uno para la pared del estanque considerando 15cm para la única unión. Para el fondo se corta 2 lienzos de geomembrana de 6m de largo, y de 1.90m de ancho y dos más de 4.5m también de 1.90m de ancho. Se unen entre sí en un traslape de 10cm para unir por termofusión (aire caliente a  $650^{\circ} \text{C}$ ) y se cortan al contorno del círculo que forma el estanque, para después unir también con termofusión la pared con el piso.

### Colocación del sistema de drenaje.

Los estanques deben tener un drenaje eficiente del agua, esto se los da la conicidad del fondo y el movimiento del agua. Esto concentra los desechos al centro y fluyen por el drenaje. En la siguiente Figura se muestra un estanque de geomembrana en el momento de la siembra, se observa la facilidad de trabajo al tener el estanque a la altura de la cintura del trabajador en la que puede tener un mejor control de la actividad.

Instalaciones del Estanque Circular



# JAUHAS FLOTANTES

El cultivo de peces en jaulas es un método alternativo que permite aprovechar los ríos, lagos, embalses y en general cualquier cuerpo de agua natural.

Este sistema de cultivo es empleado con mucha frecuencia en otros países, donde se cuenta con numerosos cuerpos de agua como lagos, embalses y represas.

Las jaulas flotantes están diseñadas para un confinamiento seguro de los peces con agua suficiente (3m<sup>3</sup>) y con los parámetros fisicoquímicos requeridos en su calidad para el desarrollo de los peces.

Es necesario garantizar que su ubicación cuente con las condiciones ambientales apropiadas pues su establecimiento se realiza en cuerpos de agua naturales como son ríos, lagunas y embalses donde el control es prácticamente imposible si se consideran las corrientes, las fluctuaciones del nivel de agua y su calidad en cuanto a sustancias y materiales en suspensión. Otros aspectos considerados para el funcionamiento de las jaulas además de la cantidad y calidad del agua son la resistencia y durabilidad, por lo que se tomarán en cuenta los materiales utilizados en su construcción en este caso mallas plásticas extruídas (rígidas), resistentes a los rayos UV, y ataques de predadores como serían aves y nutrias.

Se deben considerar las siguientes condiciones para el establecimiento y funcionamiento de las jaulas flotantes:

- Contención.
- Calidad fisicoquímica del agua
- Ubicación
- Resistencia y durabilidad.

Entre sus ventajas están las siguientes:

- Sistema que permite desarrollar cultivos intensivos (100 a 200 peces por metro cúbico).
- Facilidad de manejo (Alimentación, limpieza, selección).
- Rápido crecimiento de los peces.

## Tipos de Jaulas

Los tipos de jaulas dependen del lugar y calidad del agua y de la especie que se pretende cultivar (Beveridge, 1987). Existen jaulas de tipo marino, son jaulas de grandes dimensiones que son colocadas en lugares con agua marina y protegidas del intempestivo como: oleaje, corrientes, vientos huracanados, etc.



Figura. Jaulas de tipo marino

Las especies que se cultivan son marinas y la más comúnmente cultivada es el salmón. En nuestro país aun no se desarrolla la acuicultura marina en jaulas flotantes con excepción de algunos intentos en los Estados del Pacífico Norte. En agua dulce las jaulas flotantes generalmente son de menores dimensiones. Existen de marco rectangular o cuadrado. O bien como marco circular.



Figura. Jaulas flotantes rectangulares o cuadrado



Figura. Jaulas flotantes circulares

La profundidad de las jaulas varía dependiendo el diseño.



Figura. Prototipo de jaula circular de 1.20 m de profundidad.

## Selección del lugar de cultivo

Para la instalación de las jaulas se debe escoger un lugar con las siguientes características:

- Presencia de corrientes lacustres.
- Presencia de olas débiles que favorezcan la oxigenación del agua.
- Profundidad del agua 10 a 15 metros.
- Ausencia de plantas acuáticas y algas.

Existen 3 criterios a considerar para la selección de un sitio:

- A. Condiciones ambientales para la especie a cultivar.
- B. Condiciones ambientales para la jaula.
- C. Condiciones legales y sociales.

A. Condiciones ambientales para la especie a cultivar.

Es importante considerar los siguientes aspectos (Boyd, 1979):

- Calidad del agua
- Florecimientos del plancton
- Enfermedades de los peces
- Recambio de agua y finalmente
- Adherencias que se presentan en la estructura de la jaula (por ejemplo "limo")

## B. Condiciones ambientales para la jaula

Se debe tomar en cuenta:

- Condiciones climáticas
- Protección contra el oleaje
- Corrientes
- Profundidad
- Substrato

## C. Condiciones legales y sociales.

Este último criterio considera:

- Normatividad para el uso del agua
- Seguridad contra robos
- El acceso a las instalaciones

## **Selección de la especie a cultivar**

La selección de la especie va a depender de los siguientes factores:

- Calidad del agua
- Velocidad de crecimiento
- Disponibilidad de crías
- Disponibilidad de alimento
- Demanda de mercado
- Precio del producto en el mercado

Los niveles característicos de estos criterios deben coincidir con los requerimientos de la especie a cultivar.

## **Componentes de las jaulas**

Los sistemas de jaulas constan de cuatro componentes importantes que son:

- Marco estructura de sostén de la jaula.
- Sistemas de redes o bolsa de jaula.
- Sistema de flotación.
- Sistema de anclaje de la jaula.

Básicamente constan de un marco rígido hecho de metal ó madera tratada, del que pende una bolsa hecha de red, con luz de malla en concordancia con el tamaño de los peces. Los flotadores que mantienen la jaula en la superficie del cuerpo de agua, se sujetan al marco rígido de la misma. Las dimensiones de las jaulas que actualmente se manejan en

México, son 3.0 m x 2.5 m x 1.2 m (7.5 m<sup>3</sup> de capacidad efectiva) con una luz de malla de 1" en los costados y 1" en la tapa. El costo estimado es de \$2,300/jaula.

Para un fácil manejo se recomienda jaulas de forma cuadrada con un tamaño de 4m x 4 m x 3 m (profundidad).

La estructura de las jaulas de forma cuadrada, puede estar flotando o anclada al suelo, generalmente las jaulas no se encuentran fijas, sino suspendidas por medio de flotadores.

### **Partes de una jaula flotante**

La jaula esta constituida básicamente por 3 partes: Bolsa, Marco y Tapa.

Bolsa.- Puede ser construida de paño pesquero de hilo de seda alquitranado del # 9 encabalgado a una cuerda de Nylon en cada punto de unión o bien construida con malla rígida de plástico, actualmente se usa la malla llamada "Tipo Arena", esta no requiere de ser encabalgada.

Marco.- Pueden ser cuadrados o rectangulares hechos de caña vaquera (*Guadua* spp) o bien de tubería de PVC. A este marco se le colocan flotadores que han sido de diferentes materiales como: Garrafrones de plástico, Tecomates (*Lagenaria* spp), bloques de unicel (espuma de poliestireno), etc.

La tecnología más avanzada en nuestra región usa manguera de poliducto negro de 2", cedula 80. Esta manguera funge como marco para la malla y como flotador. Para dicho efecto se corta un tramo según el perímetro de la jaula y se une en forma de aro (circunferencia) con un cople, el cual se sella con silicón y se colocan 2 abrazaderas.



Figura. Detalle de ensamblaje de una jaula circular

Tapa.- Es de malla plástica o de paño pesquero. Su función es sellar la jaula evitando fugas. De esta forma la jaula puede resistir estar sumergida con todo y peces.

### **Materiales Requeridos**

Los materiales para la construcción de una jaula dependen de los elementos que la constituyen. A continuación se enlistan los materiales necesarios para construir una jaula de 2m de diámetro y 3m de capacidad. A continuación presentamos información para realizar desde la selección de materiales hasta la colocación de jaulas y su anclaje.

Materiales:

- Malla tipo arena
- Poliducto negro
- Abrazaderas
- Hilo alquitranado
- Malla para tapa
- Malla para alimento

## Corte y Ensamble

Se describen los cortes geométricos de la malla, los cortes de la tubería del sistema de flotación, así como el tipo de uniones para el ensamble de los materiales.

Es importante calcular la cantidad de material y el corte según el tamaño. El diseño para una jaula circular tipo de 2 m de diámetro y 1.20 m de altura, requiere 6.2 m de malla plástica:

1.- Se calcula el perímetro del círculo a través de la formula:  $P = \pi * D$

en donde

$$\pi = 3.1416$$

$$D = \text{diámetro (2 m)}$$

Es decir  $3.1416 \times 2 = 6.28 \text{ m}$  Posteriormente se

calcula el área de la base  $A = \pi * r^2$

Es decir  $3.1416 * (1.5)^2 = 7 \text{ m}^2$

2. -Se miden y cortan los lienzos.

Se requiere de un lienzo de 6.40m para la pared de la jaula calculando 12cm para la única unión. Para el fondo se corta un 2 lienzos de 2m de largo, uno se mantiene de 1.20m de ancho y el segundo se corta a 80cm de ancho. Se unen entre si y se cortan al contorno del círculo que forma la jaula.

La manguera de poliducto hace que funcione como flotador el marco, se corta calculando el perímetro en este caso.

$$\pi * D = 3.1416 * 2. \text{ m} = 6.28 \text{ m}$$

Se une por los extremos con un cople, se sella con silicón y se le colocan 2 abrazaderas de presión. La malla se une al marco con hilo alquitrinado.

Se recomienda desarrollar el proceso siguiendo esta secuencia. 1.- Cortar la manguera

2.- Cortar la pared de la jaula 3.-

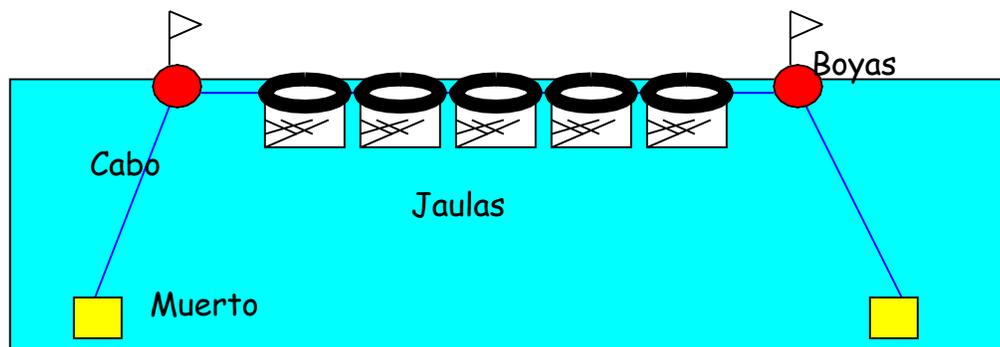
Unir la manguera y la pared

4.- Unir los extremos de la manguera

- 5.- Cerrar la pared con un traslape de 10cm con hilo alquitranado
- 6.- Cortar los lienzos del fondo
- 7.- Cortar el fondo en forma circular según marque el contorno de la jaula
- 8.- Unir el fondo y la pared
- 9.- Colocar tapa y sellar con hilo alquitranado.

### Colocación y Anclaje

Las aulas pueden ser sujetadas en forma individual o bien en grupo. Se debe definir un punto fijo en la orilla del cuerpo de agua y tirar la línea agua adentro hasta una boya. Si el cuerpo de agua lo permite llevar de orilla a orilla (por ejemplo en la línea en cruzando una pequeña bahía). Si la selección del sitio lo requiere se podrá anclar lejos de la orilla con un sistema de boyas y muertos como el que se observa en la figura 6.



**Figura. Sistema de anclaje**

## EJERCICIOS

1. Realiza un recorrido por tu región e identifica los tipos de suelo, selecciona un espacio en un terreno, excava un pequeño pozo, deposita agua con una bomba y verifica al día siguiente si el agua se filtro ó no. Finalmente, determina la impermeabilidad del suelo.
2. Elabora en una hoja un croquis de un estanque. Incluye en el diseño la distribución de la red de agua que alimentará al estanque.
3. Para el ejercicio necesitas los siguientes materiales: cordel, estacas de madera, cinta métrica y cal.
  - Traza el estanque en el terreno seleccionado con base en las medidas diseñadas: entrada de agua y drenaje.
  - Recuerda que es recomendable ubiques el drenaje en la parte más baja para que tengas un descargue por gravedad.
  - Determina la existencia de depredadores específicos en el área
4. Visita en tu región los diferentes estanques y observa lo siguiente:
  - presentan erosión
  - aplica las siguientes preguntas a los dueños de los estanques: ¿Qué maquinaria utilizó para la construcción del estanque?, ¿Hace cuanto tiempo lo construyó?, ¿Cuánto baja el nivel del agua en el estanque y en que tiempo?
5. El participante diseñará por medio de un dibujo una jaula flotante. Explicará las ventajas de su diseño y comparará su diseño con el de sus compañeros.
6. El participante seguirá el siguiente procedimiento para la construcción de una jaula flotante: cortará el poliducto al cual va ir unida la malla rígida. Amarrará la malla con hilo alquitranado. Unirá el poliducto hasta formar un círculo. Colocará la tapa de fondo de la jaula. Colocará una tapa exterior. Y finalmente, colocará el sistema de flotación y anclaje de la jaula.

## SÍNTESIS

Existen diferentes sistemas de producción, a cada uno de estos corresponde un tipo de tecnología diferente. Hay tres tipos de estanques, estanques en tierra o encierros, estanques rústicos y estanques circulares; sin embargo, los principios para su diseño y construcción son los mismos. Para seleccionar el lugar donde se ubicará el estanque se debe

previamente verificar las condiciones hidrográficas, esto incluye seleccionar un terreno no accidentado, rico en arcilla y con buena cantidad de agua.

La maquinaria recomendada para la construcción del estanque es la utilización de un tractor de que permita excavar y compactar la tierra que remueve, evitando filtraciones del agua fuera del estanque.

Para el establecimiento y funcionamiento de los estanques y jaulas flotantes se debe contar con condiciones como características del suelo, suministro de agua, calidad fisicoquímica del agua, entre otros. También es importante verificar la existencia de otros servicios, tales como, energía eléctrica y vías de comunicación.

## **TEMA 3. CALIDAD DEL AGUA PARA EL CULTIVO DE PECES**

### **OBJETIVO PARTICULAR**

Al término del tema el participante reconocerá la importancia que tiene la calidad del agua en el cultivo de las especies acuícolas para su desarrollo y crecimiento.

### **INTRODUCCIÓN**

En este tema se presenta la importancia de conocer los parámetros físicos- químicos del agua. Esto permitirá realizar cultivos con altos rendimientos por unidad de superficie.

La calidad del agua esta determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más importantes destacan, temperatura, oxígeno, pH, transparencia, entre otras.

Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces. Por lo que para cultivar peces es importante que los parámetros del agua se mantengan dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de los peces.

# **ABASTECIMIENTO DEL AGUA EN LAS GRANJAS ACUICOLAS**

El adecuado abastecimiento de agua de buena calidad es fundamental para el óptimo desarrollo de la acuicultura. Esta debe estar disponible durante todo el año en cantidades adecuadas, de tal forma que pueda ser controlada y manejada. Debe existir una fuente de agua segura, la cual puede provenir de lluvia, manantiales, ríos y riachuelos, lagos, reservorios y agua del subsuelo.

La cantidad de agua necesaria va a depender de la tasa de evaporación, la tasa de infiltración a través del fondo y diques de los estanques, de las especies cultivadas y del nivel de cultivo.

## **Aguas superficiales**

Ríos, lagos naturales y arroyos son ejemplos de fuentes superficiales de agua utilizadas en piscicultura. Estas aguas presentan generalmente concentraciones de oxígeno y gas carbónico próximo a la saturación, siendo adecuada para la vida de los peces, exceptuando aquellos casos en que haya contaminación con residuos agrícolas (pesticidas, herbicidas y arcilla en suspensión debido a procesos erosivos) industriales y urbanos (domésticos y hospitalarios).

La temperatura de aguas superficiales varía de acuerdo a la hora del día y la época del año, pudiendo restringir el cultivo de peces. Aguas superficiales también pueden traer peces u otros organismos indeseables al ambiente de cultivo, siendo necesaria la protección de los conductos de abastecimiento con filtros y mallas.

## **Aguas subterráneas**

Aguas provenientes de vertientes u ojos de agua, son también utilizadas para la acuicultura. Generalmente estas aguas presentan baja concentración de oxígeno disuelto y altos niveles de gas carbónico, necesitando aireación o exposición al aire a través del represamiento o recorriendo canales abiertos antes de abastecer a los estanques de cultivo. Estas aguas pueden presentar temperatura constante durante todo el año.

Es imperativo un abastecimiento de alta calidad, libre de pesticidas y tóxicos. El agua de pozo es la de mejor calidad para acuicultura, pero también junto a los resguardos necesarios puede utilizarse agua de abastecimiento superficial, por gravitación o bombeo, evitando el costo de apertura de pozo o de bombeo si se abastece por gravedad.

El agua superficial está generalmente poblada de organismos naturales que se introducen en los cultivos, pudiendo producir enfermedades o ingresando predadores. La prevención deberá ser mayor en esta clase de abastecimiento. El caudal de agua necesario para determinada producción y especie, deberá ser bien planificada, incluyendo el cálculo correcto de abastecimiento inicial, reposición a las cosechas, recambio diario de agua, etc. Si se tratara entonces de agua proveniente de arroyos, ríos u otras vertientes, su caudal deberá ser registrado en el año (especialmente siendo de carácter estacional). Según la región, la evaporación deberá tenerse en cuenta, al igual que, según el terreno (arcilloso en menor o mayor grado) las posibles pérdidas por filtración. Si los estanques se cargan solamente con agua de lluvia, la producción deberá ser menor. El agua deberá ser previamente analizada antes de emprender un cultivo (ver características generales en la Tabla 1). Una buena producción acuícola estará asociada a la calidad de agua empleada. Si alguno de los valores obtenidos son muy diferentes a los que se señalan en la Tabla, se deberán considerar algunos items necesarios en la inversión (cal, fertilizantes u otros).

La calidad del agua puede variar dependiendo de la especie. Los estanques pueden exceder los 10 ppm, en horas de la tarde, sin efectos perjudiciales para los organismos. ppm= partes por millón. terreno y suelos: el área elegida como sitio de producción deberá ser seleccionada previamente a la construcción, especialmente para el caso de cultivos en estanques. En este caso, el tipo de suelo arcilloso, es el mejor para retención del agua (entre 40 y 60% de arcilla). Conviene siempre realizar varios cateos en relación a la superficie total, ya que el suelo puede mostrarse diferente en un mismo terreno. Si se planifica la compra de un emprendimiento acuícola en venta, es importante hacer una buena inspección y buscar asesoramiento idóneo en acuicultura. Si las construcciones son de estanques, deberán observarse atentamente los taludes y su estabilidad, evaluar la permeabilidad de los mismos, la colocación de las cañerías de entrada y salida de agua, el desnivel del suelo interno del estanque (hacia el desagüe) para rapidez a las cosechas.

Al comprar tierras, los suelos deberán analizarse por su contenido residual en pesticidas, especialmente si ellos han sido utilizados durante varios años en producción agrícola. Este tipo de análisis pueden solicitarse en las estaciones experimentales del INTA o en laboratorios especializados. Es importante contemplar desde el inicio, terreno suficiente para una futura expansión. Cuando se utilizan estructuras de tanques en fibra de vidrio, o australianos o bien, piletas en cemento, se deberá atender al asentamiento sobre el suelo de las estructuras o bien construir plateas, si fuera necesario. Los problemas producidos posteriormente al establecimiento de las estructuras o a la construcción de los estanques, son costosos y difíciles de solucionar.

A continuación se presentan cada uno de los indicadores de calidad del agua y se destaca su influencia en el desarrollo de los peces:

- presencia de vida
- oxígeno
- temperatura
- concentración hidrogeniónica del agua o pH
- alcalinidad total
- dureza total
- gas carbónico (CO<sub>2</sub>)

# INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Además de la cantidad, debe considerarse la calidad, la cual está determinada por los valores de ciertos parámetros físicos y químicos.

Entre los caracteres físicos está la transparencia y la temperatura. Entre los caracteres químicos se consideran los gases disueltos, el pH, la alcalinidad, la salinidad y los pesticidas, entre otros. Los gases más abundantes en el agua son el nitrógeno (N<sub>2</sub>) y el oxígeno (O<sub>2</sub>), sin embargo se consideran además de éstos, al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a los gases tóxicos.

Condiciones inadecuadas de calidad de agua provocan perjuicios al crecimiento, a la reproducción, la salud, la supervivencia y la calidad de los peces. Por lo tanto debemos conocer exactamente mediante análisis, la composición del agua, pues esta puede ser un factor limitante del proyecto.

## **Presencia de vida**

La existencia de peces y otras formas de vida es un buen indicativo de la calidad de una fuente de agua para piscicultura. Técnicos y piscicultores debemos desconfiar de la calidad del agua superficial que no presenten organismos vivos. Los factores limitantes deben ser identificados y corregidos con prácticas económicamente viables.

## **Transparencia**

La transparencia puede tomarse como una medida indirecta de la productividad del estanque, siempre y cuando se deba al plancton y no a partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión. Una turbidez permanente en el agua (término opuesto a la transparencia) que restringe la visibilidad a menos de 30 cm., impide el desarrollo del plancton al reducir la penetración de luz.

## **Oxígeno**

El oxígeno es esencial para la vida de los organismos acuáticos, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua pueden causar atraso en el crecimiento, reducción en la eficiencia alimentaria de los peces, aumento de incidencia de enfermedades y la muerte de los peces, resultando un notable reducción en la productividad de los sistemas de cultivo. Muchas especies de peces pueden tolerar concentraciones de oxígeno disuelto entre 2 a 3mg/l por periodos prolongados.

El oxígeno es el elemento más importante en el agua para los organismos acuáticos, ya que los animales necesitan adecuadas cantidades de este gas, para realizar los procesos oxidativos que le permiten la obtención de energía a partir del alimento.

La presencia del oxígeno en el agua está determinada por el proceso fotosintético de los vegetales y por el aporte proveniente de la atmósfera. Su concentración en el aire está en equilibrio permanente con el del agua, dependiendo de la altitud (presión) y de la temperatura. En los estanques de cultivo la pérdida de oxígeno se debe, en mayor grado, a la respiración de los organismos vegetales y animales, así como también por las reacciones químicas con la materia orgánica.

El contenido de oxígeno varía con la hora del día; en la noche la fotosíntesis no tiene lugar y en consecuencia, las concentraciones de este elemento son bajas, llegando a un mínimo justo antes de comenzar el nuevo día.

La cantidad de fitoplancton también promueve variaciones en el contenido de oxígeno en los estanques de cultivo. Un mayor número de estos organismos aumenta la concentración del elemento durante el día por medio de la fotosíntesis, detectándose en ese momento una alta saturación en el agua. Pero en horas nocturnas los organismos dejan de realizar la fotosíntesis, respirando únicamente, lo que trae como consecuencia que puedan producirse estados anóxicos.

## **Temperatura**

La temperatura es un parámetro de mucha importancia en el cultivo de peces, por cuanto éstos son animales poiquilotermos. Es decir, que su temperatura corporal depende de la temperatura ambiental; así cada especie puede vivir dentro de ciertos límites de temperatura. Sin embargo ocurren determinados procesos en intervalos estrechos de temperatura, como por ejemplo: la reproducción y el crecimiento. Fuera de este intervalo los peces están sometidos a condiciones estresantes, que los hacen propensos al ataque de enfermedades.

La exigencia en temperatura depende de la especie de peces y la fase de desarrollo en este se encuentra (huevo, larva, post-larva o juvenil). Las especies tropicales normalmente presentan un óptimo crecimiento a temperaturas de 28 a 32 °C. Temperaturas mínimas y máximas de agua

deben ser conocidas de modo de determinar la viabilidad del cultivo de una especie en particular.

Por otra parte, hay una relación inversa entre la cantidad máxima de oxígeno, que pueda disolverse en el agua y la temperatura. A mayor temperatura, menor es la cantidad de oxígeno en el agua.

## **pH**

El pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración (en mols/l) de los iones  $H^+$  en el agua. Los valores de pH del agua indican si esta posee reacción ácida o básica.

La escala de pH comprende valores de 0-14. Como regla general, valores de pH de 6,5 a 9 son los más adecuados para la producción de peces. Valores extremos perjudica el crecimiento y la reproducción y puede provocar la muerte. Los valores de pH pueden variar durante el día en función de la actividad fotosintética y las concentraciones de gas carbónico en el agua.

En complemento de lo anteriormente expuesto sobre el pH, es pertinente señalar que los peces pueden ser cultivados en intervalos de 6,5 a 9, y algunos pueden sobrevivir en pH más extremos. Los cambios de este parámetro en un cuerpo de agua están relacionados con la concentración de dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal forma que este proceso determina en parte la fluctuación del pH, y es así como se eleva durante el día y disminuye en la noche.

Al igual que el pH, la alcalinidad mide la capacidad de aceptar iones hidronio ( $H^+$ ) o neutralizarlos. Los iones involucrados son carbonatos ( $CO_3$ ) y bicarbonatos ( $HCO_3$ ) o alcalinos referidos a  $CaCO_3$ , mientras que la dureza se refiere al calcio ( $Ca^{++}$ ) y al magnesio ( $Mg^{++}$ ), expresados también como equivalentes de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ).

## **Alcalinidad total**

Este parámetro se refiere a la concentración total de bases titulables en agua. Si bien la amonía, los fosfatos, silicatos se comportan como bases contribuyendo a la alcalinidad total, los iones bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ) y carbonatos ( $CO_3^{=}$ ) son los más abundantes y responsables por toda la alcalinidad de las aguas en sistemas de cultivo. La alcalinidad total se expresa en equivalentes de mg de  $CaCO_3$ /litro. La alcalinidad total está

directamente ligada a la capacidad del agua en mantener su equilibrio ácido-básico (poder tampón). Aguas con alcalinidad total inferior a 20 mg de  $\text{CaCO}_3$ /litro, presentan reducido poder tampón y pueden presentar significativas fluctuaciones diarias de los valores de pH, en función a los procesos de fotosíntesis y respiración en los sistemas de cultivo.

Los peces pueden vivir en un intervalo amplio de alcalinidad. Aguas con valores de 120 hasta 200 ppm son óptimas. A bajas alcalinidades el agua pierde su capacidad de actuar como buffer en los cambios de acidez en los estanques de cultivo.

La salinidad se refiere a la concentración total de los iones disueltos en aguas naturales. Las sales en solución cambian la naturaleza física y química del agua. La salinidad está determinada principalmente por sólidos disueltos, como: fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos y otros.

Altas salinidades pueden afectar el funcionamiento de algunos procesos fisiológicos del crecimiento y la reproducción de los peces. Las larvas y juveniles son más susceptibles a cambios de salinidades que los adultos.

### **Dureza total**

Representa la concentración de iones metálicos, principalmente los iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) presentes en el agua. La dureza total del agua se expresa en equivalentes de mg de  $\text{CaCO}_3$ /litro. Los valores de dureza total generalmente se equiparan a la alcalinidad total, asociados prácticamente a los iones bicarbonatos y carbonatos.

### **Gas carbónico ( $\text{CO}_2$ )**

Las concentraciones en el agua son bastante bajas. La respiración de las algas, macrófitas, peces y zooplancton, como así también los procesos microbiológicos de descomposición de la materia orgánica, son fuentes importantes de  $\text{CO}_2$  en sistemas de cultivo. La saturación del  $\text{CO}_2$  en el agua gira entorno de 0,2 a 4 mg/l. Cuando la concentración de oxígeno disuelto es adecuada, los peces pueden tolerar valores por encima de 10 mg/l.

Debemos tener en cuenta también la vegetación o tipo de agricultura practicada en el área de influencia de la cuenca hidrográfica. En el caso de vegetación nativa densa, durante las lluvias ocurre un arrastre de los ácidos orgánicos presentes en el humus, pudiendo momentáneamente,

alterar el pH del reservorio y/o estanques. En áreas tabacaleras, cítrícolas y/o con agricultura mas intensiva, sin una debida conservación de los suelos, se produce erosión de los mismos contaminando el reservorio, por ejemplo alterando la cantidad de sólidos en suspensión y la cantidad de oxígeno libre en el agua.

El dióxido de carbono está presente en todas las aguas, generalmente a menos de 5 mg/l, concentración soportable para los peces. En tanto que altos niveles interfieren con la fisiología reproductiva y pueden provocar acidosis en la sangre.

Este elemento (CO<sub>2</sub>) es producido en los estanques de cultivo durante la respiración de los organismos y es consumido mediante la fotosíntesis, por lo que se obtienen bajas concentraciones durante el día y altas por la noche. Esto crea variaciones del pH, debido a la relación que existe entre éste y las concentraciones de dióxido de carbono.

**Nitrógeno.** El nitrógeno es un elemento biológicamente inerte para los peces, pero niveles de sobresaturación de nitrógeno, por encima de 102%, puede inducir la aparición de la enfermedad de la burbuja. Este elemento no es regulado por los procesos biológicos del pez y cuando se encuentra en altas concentraciones, resulta difícil su control en la sangre. Si ocurre una reducción de la presión por un aumento temporal de la temperatura en el cuerpo del animal, el nitrógeno puede transformarse rápidamente en gas, impidiendo la circulación sanguínea.

**Gases tóxicos.** Entre los gases tóxicos encontramos el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el cual, cuando no está ionizado es extremadamente tóxico para los peces. A bajas concentraciones (0,006 mg/l) es letal. El sulfuro de hidrógeno cuando se encuentra por encima de 0,1 mg/l es posible detectarlo mediante el olfato. Este compuesto en los peces inhibe la reoxidación del citocromo a<sub>3</sub> por el oxígeno molecular, bloqueando el sistema de transporte de electrones y la respiración oxidativa.

En relación con los pesticidas, estos son tóxicos a los peces. Las concentraciones que se usan normalmente en la agricultura están entre 5 y 10 µ en relación con los pesticidas, estos son tóxicos a los peces.

**Metales pesados.** Los peces son susceptibles a éstos. Se ha comprobado un amplio intervalo de toxicidad por estos elementos, por lo que pequeñas

cantidades de cobre, plomo, cadmio, zinc y mercurio deben ser evitados en las fuentes de suministro de agua del criadero.

Tabla. Parámetros fisicoquímicos del agua. Rangos óptimos par el cultivo de peces.

<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGOS</b>
Temperatura °C	Máx. 34-36, Optimo 28-32, Mín. 14
Oxígeno ppm (partes por millón)	Optimo 5, Mín. 2
mg / l	Menos de 5
pH	Optimo : 6.5 – 7.5
Transparencia cm	45
H – nh3 ( amonio ) ppm	0.3

## **MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTANQUE**

Una baja concentración de oxígeno disuelto en el agua puede matar a los peces. Esta condición es producida por el exceso de comida y de fertilizante orgánico, que al descomponerse consumen el oxígeno del agua. Si el consumo de oxígeno es elevado, los peces pueden morir asfixiados. Aquellos estanques a los que se les está suministrando grandes cantidades de fertilizantes y/o alimento deben ser monitoreados cuidadosamente para determinar si la concentración de oxígeno disuelto en el agua es la adecuada para los peces. Por lo general, la concentración de oxígeno disuelto en el agua se agota justo antes del amanecer. Es recomendable que los agricultores visiten sus estanques temprano en la mañana para ver si sus peces están sufriendo una baja concentración de oxígeno. Cuando la ésta es baja, los peces suben a la superficie, en donde el agua está en contacto con la atmósfera y en donde los niveles de oxígeno son mayores. 12

En la superficie del agua la mayoría de los peces estarán dispersados uniformemente y parecerán como que si tragaran aire ("boqueando"). Si se les asusta, los peces chapotearán y se sumergirán a mayores profundidades, retornando rápidamente a la superficie. Este comportamiento puede ser confundido fácilmente con el de la alimentación. Sin embargo, si se asustan los peces mientras son alimentados, éstos no regresarán inmediatamente a la superficie. Por lo general, los peces no

comen si la concentración de oxígeno disuelto en el agua del estanque es muy baja. Es necesario que inmediatamente tome medidas para corregir este problema.

Como Corregir los Problemas de Baja Concentración de Oxígeno en Aguas de Estanques:

1) Añada inmediatamente agua fresca al estanque para remplazar el agua con baja concentración de oxígeno, hasta que los peces dejen de boquear en la superficie. Si antes de entrar al estanque se permite al agua fresca fluir sobre una estructura en forma de terraza más oxígeno se disuelve en ésta.

2) Suspenda la aplicación de fertilizantes y/o de alimento por varios días. Durante este tiempo, observe cuidadosamente el comportamiento de los peces. Si el problema de oxígeno ha sido corregido, los peces volverán a presentar el comportamiento alimenticio habitual. Por otro lado, se debe volver a fertilizar el estanque, si se observa un objeto sumergido a una profundidad de 30 centímetros y si la abundancia de plancton es baja.

3) Si el problema de baja de oxígeno es crónico, reduzca la cantidad de fertilizante y/o alimento suministrado al estanque.

## **EJERCICIOS**

1. El participante conseguirá peces vivos de la región y en una cubeta con agua a 20°C, observará su comportamiento. Asimismo, observará el comportamiento de los peces en una cubeta con agua del medio natural, mientras son alimentados. Hará sus anotaciones y explicará sus conclusiones al resto del grupo.
2. El instructor le proporcionará tiras indicadoras para medir pH, una tabla de colores y diferentes sustancias, el participante evaluará los niveles de pH. Comparará los resultados obtenidos y compartirá sus conclusiones con el resto del grupo.
3. El instructor medirá con el potenciómetro los niveles de oxígeno en muestras de agua potable (de la llave), agua estancada (charco) y agua de alguna presa, arroyo o río. Los participantes analizarán los resultados y los discutirán con sus compañeros.

## **SÍNTESIS**

La buena calidad de agua conlleva al buen desarrollo de nuestros peces. Contar con un suministro y reciclaje del agua, mantiene los parámetros de oxígeno disuelto en el agua evitando la descomposición de la misma en el estanque.

## **TEMA 4. BUENAS PRÁCTICAS ACUÍCOLAS**

### **OBJETIVO PARTICULAR**

Al termino del tema el participante identificará las buenas prácticas acuícolas a fin de aplicarlas en los cultivos de peces.

### **INTRODUCCIÓN**

Los establecimientos de acuicultura deben operar con responsabilidad para alcanzar a cumplir con el código de Buenas Prácticas de la actividad (FAO, Roma, 1995) cuyo objetivo es el de minimizar cualquier impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente, incluyendo cualquier potencial cambio ecológico.

Los cultivos de organismos acuáticos deben ser operados con una buena asistencia en cuanto a sanidad, acompañados de un adecuado manejo de la producción. Las larvas y juveniles deben estar libres de enfermedades y se deberá cumplir al respecto con las indicaciones de la Organización Internacional de Epizootias (OIE) obligatoria, a nivel mundial, para todos los países. El crecimiento de los organismos debe monitorearse respecto de las enfermedades. Cuando se utilizan drogas químicas, deberá ejercerse un especial cuidado, ya que dichas sustancias no deben ser evacuadas en el medio ambiente.

La sanidad de los organismos, el medio ambiente y los aspectos ecológicos se consideran importantes en las actividades de la acuicultura, con el objeto de obtener un alimento sano, cuidando los aspectos de calidad. Estas buenas prácticas abarcan a todos los organismos acuáticos, con excepción de los Mamíferos y los Moluscos Bivalvos; entendiéndose que el mismo está dirigido al cultivo de organismos de consumo humano directo.

# **BUENAS PRÁCTICAS EN LOS CONFINAMIENTOS DE LOS PECES**

## **Selección del sitio**

- El sitio, diseño y construcciones en los establecimientos de cultivo, deben seguir los principios de buenas prácticas, apropiadas para cada especie que se quiera cultivar.
- El medio ambiente físico deberá ser monitoreado con respecto a las temperaturas, corrientes y profundidades, debido a que diferentes especies poseen diferentes requerimientos ambientales.
- Los cultivos deberán localizarse en áreas donde el riesgo de contaminación por factores químicos, físicos o microbiológicos sea mínimo y donde si existieran fuentes de contaminación, éstas pudieran controlarse.
- El suelo para la construcción de estanques excavados en la tierra no deberá contener concentración alguna de químicos y otras sustancias (pesticidas, etc.) que evidencien la presencia de niveles no aceptables de contaminación en los organismos.
- Los estanques deberán poseer separadamente una entrada y salida de agua y las descargas deberán volcarse a un canal donde el agua de abastecimiento y la de efluente no se mezclen.
- En los desagües deberán colocarse mallas para prevención de la entrada de especies no deseadas.
- Los fertilizantes, el material de cal y otras sustancias químicas, así como el material biológico, deberá utilizarse de acuerdo con las buenas prácticas de acuicultura.
- Todos los sitios deberán operar en una forma medio-ambiental aceptable, que no impacte la salud humana.

## **BUENAS PRÁCTICAS ACUÍCOLAS PARA EL AGUA DE LOS ESTANQUES DEL CULTIVO**

A continuación se enlistan algunas de las consideraciones que establecen la buenas prácticas acuícolas para el agua en los estanques del cultivo:

- El agua en que se cultiven los organismos, deberá ser óptima para la producción de los productos finales, que deberán ser sanos para el consumo humano.

- Los establecimientos no deben estar instalados donde exista riesgo de contaminación por el agua en que los organismos serán cultivados.
- Deberá adoptarse un apropiado diseño y construcción de los establecimientos para asegurar el control de posibles sucesos negativos y prevención de la contaminación del agua.

## **BUENAS PRÁCTICAS ACUÍCOLAS PARA LA SANIDAD DE LOS PECES**

Cada sistema empleado en acuicultura, sea semiintensivo o intensivo utiliza en general altas densidades de siembra, con semilla proveniente de hatcheries y alimentos formulados, así como también, medicamentos y vacunas. Estas prácticas no están referidas, por el contrario, a la acuicultura de tipo extensivo.

### **Medicamentos veterinarios**

Riesgos potenciales: residuos de drogas veterinarias Problemas

potenciales: desconocidos

Guía Técnica:

- Todo medicamento veterinario para uso en cultivo de organismos acuáticos, deberá cumplir con las reglamentaciones nacionales y con las guías internacionales (de acuerdo con lo recomendado por el Código Internacional de Prácticas y Control de Uso de Medicamentos Veterinarios - CAC/RCP 38-1993).
- Antes de la administración de drogas veterinarias deberá implementarse un sistema de monitoreo para aplicación de la droga, asegurándose del tiempo correspondiente a la aplicación a los peces durante el tratamiento;
- Las drogas veterinarias o los medicamentos deben ser empleados de acuerdo a las indicaciones de sus elaboradores con particular atención en los tiempos de aplicación;
- El producto debe estar registrado por la autoridad nacional;
- El producto solamente deberá ser prescripto o distribuido por personal autorizado bajo las regulaciones nacionales;
- El almacenamiento y el transporte deberán estar conformes a las especificaciones provistas en el etiquetado;
- El control de enfermedades con drogas, deberá ser llevado a cabo sobre la base de un seguro diagnóstico;
- Se llevará un registro de las drogas veterinarias utilizadas en la producción acuícola. Deberá efectuarse un control previo al procesado como método de control de residuos en los peces. Si el promedio de

concentración detectada de droga en los peces monitoreados es por debajo del MRL (o en algunos países, por un nivel mínimo impuesto por la industria) el procesamiento deberá posponerse hasta que los peces cumplan con el MRLA de control posterior al procesamiento; descartando todos aquellos peces que no cumplan con los requerimientos sobre residuos de drogas veterinarias existente en el Codex Alimentario.

## **Fase de Crecimiento**

Potenciales riesgos: Patógenos microbianos y contaminación química

Potenciales defectos: color anormal, sabor a barro u otro, daño físico Guía

Técnica:

- Las fuentes de postlarvas, larvas y alevinos o juveniles, deberán controlarse para asegurarse sobre la sanidad de la población adquirida;
- Las densidades de siembra deberán estar basadas en técnicas de cultivo, especies de peces a utilizar, talla y edad, capacidad de carga del emprendimiento, sobrevivencia anticipada o estimada y tamaño estimado a la cosecha;
- Los peces muertos deberán ser dispuestos en forma sanitaria para disminuir la dispersión de las enfermedades e investigar la causa de la muerte;
- Debe mantenerse la buena calidad del agua con utilización de una siembra y tasas de alimentación adecuadas, que no excedan la capacidad de carga del sistema de cultivo;
- La calidad del agua de cultivo deberá ser monitoreada regularmente, por lo menos hasta identificar el riesgo y los posibles defectos;
- El emprendimiento deberá poseer un plan de manejo que incluya un programa sanitario, con acciones de monitoreo y correctivas, definiendo los períodos de tratamientos, el apropiado uso de agroquímicos, verificación de los procedimientos para las operaciones con los peces y un sistema de registro que deberá ser también implementado;
- El equipo como jaulas y redes deberán ser diseñados y construidos para asegurar el mínimo daño durante la fase de crecimiento.

## **Fuente de semilla y juveniles**

- El abastecimiento de “semilla” (post-larvas, larvas, alevinos y juveniles) deberá ser realizado de tal forma que se evite el traslado de potenciales agentes peligrosos, productores de enfermedades o parasitismos, en las poblaciones destinadas al cultivo.

## **Identificación de peligros y defectos**

El consumo de los organismos acuáticos está asociado a una variedad de riesgos para la salud humana, semejante a los que pueden producirse a partir de los elementos capturados en el medio silvestre. Los riesgos de enfermedades a partir de un peligro pueden aumentarse, bajo determinadas circunstancias en los productos resultantes de la acuicultura, comparado con los de medio silvestre, como por ejemplo, la presencia de residuos de origen veterinario o bien pesticidas utilizados en los alrededores o incluidos en los insumos de los alimentos. Las altas densidades de cultivo, comparado con la situación natural silvestre, pueden aumentar los riesgos de infecciones cruzadas de patógenos dentro de una población dada. Por el otro lado, los organismos bajo cultivo, pueden también presentar un bajo riesgo de enfermedad. En los sistemas donde los organismos reciben alimento artificial, el riesgo asociado a esta transmisión se reduce, porque no ingieren alimentos naturales. Por ejemplo, la infección por nemátodos parásitos está ausente o es muy reducida en los salmones de cultivo, comparado con los capturados en el medio silvestre. El cultivo de peces en jaulas en el medio ambiente marino posee pocos riesgos. En los sistemas de recirculación cerrada, los riesgos se reducen al máximo. En dichos sistemas, el agua es recirculada constantemente y reutilizada; y su calidad es controlada con mediciones continuas que evitan riesgos.

## **Riesgos**

Los productos de la acuicultura poseen en bruto, los mismos riesgos que en general están presentes en las mismas variedades capturadas en el medio silvestre. Los riesgos potenciales que son específicos para los productos de la acuicultura, incluyen: residuos de medicamentos veterinarios en exceso a los recomendados y otros productos químicos empleados en la producción de acuicultura, así como contaminación de origen fecal (si es que la infraestructura del criadero se encuentra estrechamente relacionada con poblaciones humanas o a criaderos de animales).

## **Problemas**

Los mismos problemas que pueden presentarse en los productos de la acuicultura, se presentan también en las variedades capturadas en el medio silvestre. Estos problemas posibles de presentarse, están relacionados a olores o sabores no aptos para consumo (off-flavor). Durante el transporte de los peces vivos es importante reducir el estrés, dado que los peces estresados pueden deteriorarse en cuanto a su

calidad. Además, es necesario tomar cuidado extremos para minimizar los daños físicos en los peces, que suelen producirse cuando existe roce entre ellos.

## **EJERCICIO**

1. El participante hará un recorrido por la granja acuícola para identificar probables signos y/o síntomas de enfermedad en los organismos, recolectando algunos ejemplares para revisarlos. Durante el recorrido verificará la aplicación de las buenas prácticas acuícolas en cada una de las etapas de desarrollo de los peces.

## **SÍNTESIS**

La importancia de aplicar las Buenas Prácticas Acuícolas tiene como objetivo reducir cualquier efecto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente, incluyendo cualquier potencial cambio ecológico.

La sanidad de los peces, el medio ambiente y los aspectos ecológicos se consideran importantes en acuicultura, para la producción de alimentos sanos y con calidad.

Las Buenas Prácticas Acuícolas están dirigidas a todas las etapas críticas del desarrollo del cultivo de peces, entre otras se encuentran, las Buenas Prácticas en los confinamientos de los peces, Buenas Prácticas para el agua de los estanques del cultivo, Buenas Prácticas para la sanidad de los peces



## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero. Dirección General de Pesca. Jalapa, Veracruz.
- 2.- Reta, Mendiola. Curso de cultivo de peces en jaulas flotantes. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral.