

Capítulo XVII. CULTIVO DE PECES EN JAULAS

Carlos Useche López¹
Mónica Aviles Bernal²
María del Pilar Dorado Longas³

INTRODUCCIÓN

El cultivo de peces en jaulas flotantes es un sistema que se realiza en recintos cerrados y suspendidos en el agua y se fundamenta en el mantenimiento de organismos en cautiverio dentro de un espacio cerrado, pero con flujo libre de agua. Las jaulas flotantes pueden ser móviles o semimóviles y se pueden instalar en amplios reservorios, lagos, lagunas y embalses.

En este sistema de cultivo se reúnen las máximas exigencias técnicas, ambientales y financieras, de tal manera que se considera la cúspide productiva de la acuicultura superintensiva.

En los últimos 15 años el cultivo de peces en jaulas en aguas continentales se ha incrementado en Europa, Asia, África y América. En Asia se emplean para la cría de carpas y tilapias y en los Estados Unidos para la cría de bagre de canal, tilapias y salmónidos.

En Colombia el cultivo en jaulas flotantes se ha efectuado inicialmente con trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), en embalses con tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), siendo reemplazada en la actualidad por el híbrido de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y se cuenta con algunas experiencias en el cultivo en jaulas con la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), cachama negra (*Colossoma macropomum*) y la carpa roja (*Cyprinus carpio*).

Las dimensiones de las jaulas son muy variables, algunas son pequeñas y su volumen no sobrepasa el metro cúbico, otras son más grandes, fijas y abiertas y se diferencian de un recinto o corral en que tienen fondo y flotan (Bard et al., 1975). Las jaulas pueden ser elaboradas en bambú, madera o en materiales que aunque resultan más costosos tienen mayor duración y permiten un mejor flujo de agua como son las mallas de nylon, plástico, polietileno y acero, entre otras.

La mayor parte de los modelos utilizados son de tipo flotante y consisten en una estructura circular, rectangular, cuadrada o poliédrica, hecha en madera, bambú, tubo de acero o plástico, del que se suspende una red de fibra sintética. Para mejorar su flotación se utilizan espumas de estirenos o canecas metálicas o de plástico. Generalmente las jaulas se agrupan en balsas y se anclan al fondo del lago, río o embalse, o se unen a la orilla por una pasarela de madera. Los modelos de jaulas fijas se emplean en aguas poco profundas de fondo cenagoso.

Para montarlas se suspenden bolsas hechas en paño de red de fibra sintética sobre postes clavados en el fondo; estas jaulas son más fáciles de construir y más baratas, debido a que no llevan anillos de flotación que son más costosos, pero tienen el inconveniente de que su resistencia a las condiciones meteorológicas adversas es baja.

El cultivo en jaulas conlleva consecuencias a los cuerpos de agua, tanto por la presencia física como por los cambios que se puedan inducir en las características físicas, químicas y biológicas del agua, a causa del método de cultivo y de las especies utilizadas. Como aún no existe un desarrollo importante en el país y no se tiene una explotación

1 Biólogo, Director Centro de Investigaciones Acuícolas del Alto Magdalena, Gigante (Huila). E-mail: caruselop@colombiamix.com

2 Bióloga, Centro de Investigaciones Acuícolas del Alto Magdalena, Gigante (Huila). E-mail: monicaaviles@hotmail.com

3 Bióloga marina, Centro de Investigaciones Acuícolas del Bajo Magdalena, Repelón (Atlántico). E-mail: mpdl51@LatinMail.com

considerable con este tipo de tecnología de producción, en un futuro y a medida de su desarrollo es necesario elaborar una reglamentación acerca de las instalaciones, cantidades, especies a utilizar y sistemas de cultivo, ya que estos cuerpos de agua son de propiedad de la nación y tienen que administrarse y manejarse en beneficio de la comunidad.

1. ALGUNOS ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO Y UBICACIÓN DE LAS JAULAS

Primero que todo es necesario una adecuada selección del sitio para colocar las jaulas y de esto depende en gran parte el éxito del proyecto.

Se requiere para su instalación de zonas protegidas de los vientos fuertes, que a su vez forman oleajes que pueden desestabilizar la estructura.

En los embalses se debe conocer la cota mínima necesaria para los requerimientos hidroeléctricos y los mínimos niveles en las épocas de sequía, con el fin de establecer la ubicación de la infraestructura. Además se debe considerar la acción de crecientes que cuando arrastra palos y objetos flotantes pueden afectar la infraestructura, así como incrementar la turbidez y el descenso de la temperatura, produciendo disminución del consumo de alimento, baja de crecimiento y aparición de enfermedades.

En los ambientes naturales o en los embalses es posible la presencia de diversos predadores que ocasionen roturas en las mallas, produciendo pérdidas económicas.

Evitar la instalación de las jaulas en ambientes con presencia de plantas acuáticas flotantes o inmersas, puesto que son indicadores biológicos de ambientes degradados por diversos orígenes de contaminación, por cercanía de cultivos que aportan abonos, aguas negras y por procesos naturales de desecación.

Para una buena elección del lugar se deben tener en cuenta, por lo menos, los siguientes parámetros:

1.1 CALIDAD DEL AGUA

Es uno de los principales aspectos a tenerse en cuenta para la viabilidad técnica, puesto que el proyecto dependerá directamente de la calidad del agua circundante y de la velocidad del intercambio del agua entre la jaula y el agua que la rodea de acuerdo con Mercado y Siegert (1995), por consiguiente deben tenerse en cuenta, como mínimo los siguientes parámetros:

- ◆ La transparencia del agua: es una de las condiciones que favorecen más al cultivo de peces en jaulas flotantes y por otra parte es un indicador del grado de enriquecimiento por nutrientes y de la productividad del fitoplancton (población de algas microscópicas).
- ◆ La temperatura del agua: determina el nivel productivo del cultivo, ya que la temperatura corporal de los peces que rige el metabolismo de los alimentos, el crecimiento y la inmunidad, está en función de las variaciones del régimen climático (Kinkelin y Ghittino, 1985).
- ◆ El Oxígeno Disuelto (OD): es el elemento que limita la producción y por ende la densidad de siembra de los peces en las diversas explotaciones acuícolas. Teniendo en cuenta que las especies tienen diferentes exigencias, las necesidades varían de acuerdo con el rendimiento esperado de las explotaciones (Beveridge, 1982). Los bajos niveles de OD producen detención del crecimiento, aumento del factor de conversión de alimento e incremento de la sensibilidad a las enfermedades.
- ◆ La turbidez: representada por la presencia de materias en suspensión, consistentes en partículas minerales u orgánicas, finamente divididas, disminuyen la luminosidad, limitando la fotosíntesis, proceso responsable de la presencia en un 90 % del OD en el agua y disminuyendo su contenido. Valores superiores a 75 mg/lt producen

irritación de la branquias y posteriormente la manifestación de infecciones bacterianas (Kinkelin y Ghittino, 1985). Los desechos y las heces hacen parte de estos materiales que deben ser evacuados constantemente por el flujo de agua.

- ◆ El amoníaco (NH_3): es uno de los productos del metabolismo del pez excretado en un alto porcentaje por las branquias (85 %) y proveniente de la descomposición bacteriana de la materia orgánica al igual que los nitritos (NO_2), quienes además son el resultado de la actividad del ecosistema (oxidación bacteriana).
- ◆ Estos factores son de gran importancia en el cultivo en jaulas flotantes, ya que por sus altas densidades se puede presentar toxicidad a concentraciones de amonio de 0.07 mg /l en exposición continua, induciendo patologías branquiales y a concentraciones mayores afectan el sistema nervioso central, elevan la frecuencia cardíaca y respiratoria y ocasionan mortalidad en el término de 2 a 3 horas. En el caso de los nitritos, exposiciones permanentes a 0.1 mg /lt inducen a lesiones branquiales, alteración de la química sanguínea y la dificultad respiratoria (Kinkelin y Ghittino, 1985).
- ◆ Por tanto, la incidencia negativa de estos factores de la calidad del agua genera estrés, que reduce la resistencia inmunitaria y alteraciones branquiales, que facilitan la acción de enfermedades, que en diversos grados retrasan el crecimiento, reducen la rentabilidad e incrementan las mortalidades (Kinkelin y Ghittino, 1985).

1.2 BATIMETRÍA Y TIPO DE FONDOS

Es necesario conocer el tipo de fondo, la morfología y la profundidad para una adecuada elección del sitio, el diseño y montaje de las jaulas.

1.3 VIENTOS, CORRIENTES Y MAREAS

Se recomienda contar con registros históricos de los parámetros que caracterizan los vientos, las corrientes y las mareas. El análisis de todos los factores anteriores en su conjunto darán la pauta para definir correctamente la localización de la granja y la ubicación de las jaulas, de tal manera que se garantice seguridad, protección, flujo adecuado de agua libre de contaminantes y correcto aporte de nutrientes.

1.4 ACCESO PARA EL MANEJO

Es esencial el fácil acceso a las jaulas para el manejo rutinario de alimentación, limpieza, siembra, cosecha, etc.

2. INFRAESTRUCTURA

La infraestructura a instalar varía de acuerdo con las necesidades del piscicultor y según las características del cuerpo de agua; entonces se pueden construir jaulas flotantes y jaulas fijas, de superficie o sumergidas, individuales o modulares (Fig. 1).

Por ejemplo, para lugares con aguas poco profundas de menos de 2 metros de profundidad se recomiendan jaulas fijas. En sitios donde la brisa y la corriente superficial son muy fuerte se deben poner jaulas sumergidas.

2.1 TIPOS DE JAULAS

La jaula es por definición *"una estructura cerrada con mallas por los lados y en el fondo"*, cuya función fundamental es la de retener los peces, permitiendo el intercambio de agua, entre la jaula y el ambiente que la rodea. En algunos casos se cubren con malla en la parte superior para evitar predadores, escape de los peces o protección de los rayos solares (Mercado y Siegert, 1995).

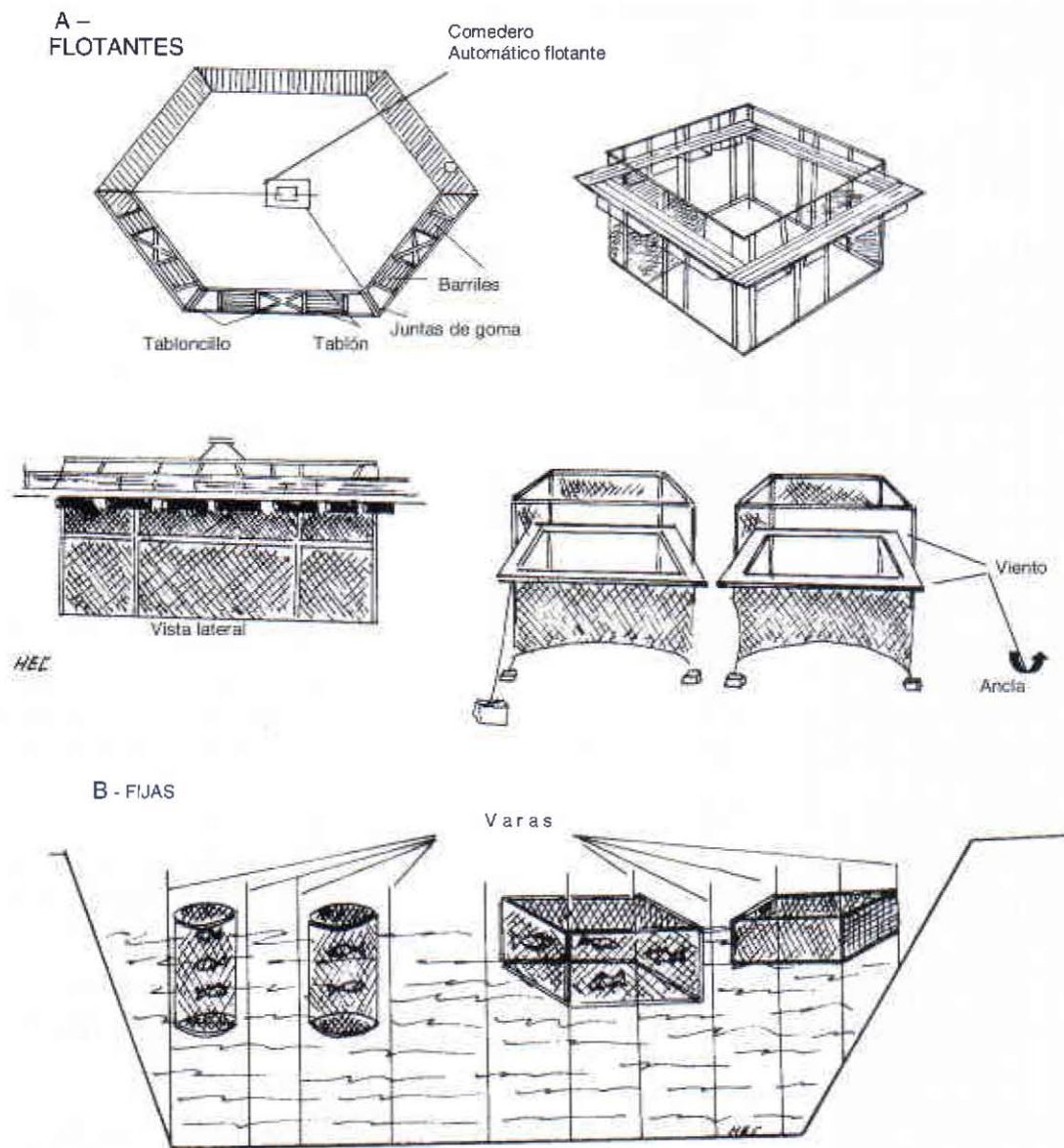


FIGURA 1. A. Jaulas flotantes. B. Jaulas fijas (Tomado de Dorado, 1993)

Se recomienda el uso de mallas o redes sin nudos, para evitar lesiones en los peces al rozarse con los nudos de las mallas, dejándolos de esta manera predispuestos a enfermedades, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para un adecuado diseño:

a. El diseño y la construcción de la jaula

- 1) Ojo de la malla
- 2) Forma de la jaula
- 3) Tamaño de la jaula

b. El flujo del volumen de agua a través de la jaula

- 1) Velocidad de la corriente.
- 2) Ubicación de la jaula con respecto al entorno
- 3) Posición de la jaula con respecto a otras.

2.1.1 Jaulas fijas

Este tipo de instalación o montaje es el más adecuado para trabajar en aguas someras y tranquilas. Carecen de movilidad y de flotabilidad y están fijas al fondo.

En razón a la reciente trayectoria de este sistema de cultivo, aún son variados los tipos de materiales utilizados que forman la infraestructura y son ampliamente desconocidos el conjunto de variables técnicas que permiten construir diseños económicos y eficientes.

2.1.2 Jaulas flotantes

Esta condición está dada por su flotabilidad y movilidad, la cual se consigue mediante flotadores que pueden ser canecas, bloques de icopor de alta densidad, cuyo número y tamaño varía de acuerdo con el tamaño de las jaulas. Este tipo de jaula es el apropiado para instalarse en cuerpos de aguas profundas (bahías, estuarios, embalses, canales) o en el mar. Estas pueden ser individuales o modulares, las individuales son de material rígido o flexible, sin armazón o con ella (estructura utilizada para conservar la forma de la jaula, que puede ser PVC, madera, aluminio, etc). Las modulares son un grupo de jaulas sostenidas a plataformas o muelles flotantes (Mercado y Siegert, 1995).

Partes que componen una jaula flotante

Infraestructura de soporte de la malla: puede estar constituido por diversos materiales que brindan mayor o menor seguridad, tales como el hierro en ángulos o en varillas, previamente tratado con pintura anticorrosiva, ángulos de aluminio, PVC y guadua (*Bambusa sp.*) (Fig. 2).

El uso de estos materiales define por otra parte el tamaño de las jaulas, inicialmente construidas en hierro en ángulos con dimensiones de 6 x 6 x 1 m (36 m³), en donde se presentan limitaciones para el desarrollo de los peces por deficiencias en la distribución del oxígeno disuelto, presencia de zonas anóxicas, dando como resultado menor homogenización de tallas para la comercialización.

Para el caso del uso de la guadua es conocida su resistencia en especial bajo condiciones de cubierta, y su baja duración a la intemperie y en contacto con la humedad. Por lo anterior es un material que no ofrece suficiente seguridad y se presenta mayor riesgo de fuga de los ejemplares en cultivo.

El PVC es de mayor costo, cuestionado por sus componentes contaminantes de las aguas y de uso controlado en países desarrollados. Es considerado como un material de baja durabilidad a las condiciones ambientales, en especial a los rayos ultravioleta; sin embargo, existen proyectos que le han dado más de cinco años de uso.

Infraestructura de flotación: con frecuencia se usan garrafas o canecas plásticas, de tapa pequeña, proveniente de empresas que importan insumos químicos, por lo tanto se requiere su adquisición previamente lavadas para evitar aportes de tóxicos y de metales pesados y otros productos que afecten a las personas, a la fauna y a la calidad de las aguas. Los tubos de PVC también son utilizados como soporte y flotación.

También se utiliza el icopor (espuma de poliuretano de alta densidad), en bloques como soporte de las estructuras flotantes (casa de manejo, bodega de alimento, pasarelas o muelles).

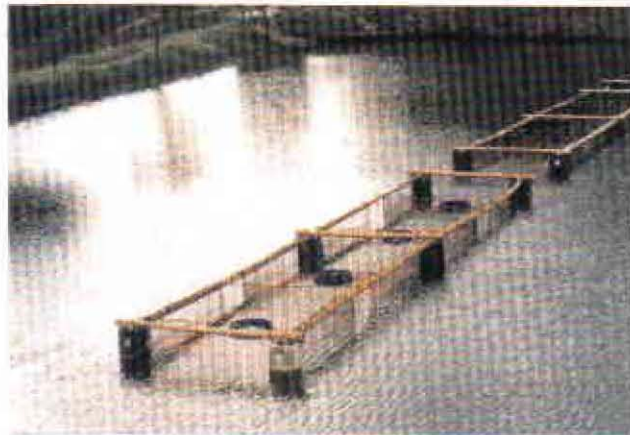


FIGURA 2. Jaula tipo Bajo Volumen Alta Densidad (BVAD) con estructura de soporte de malla elaborada en bambú. Embalse de Betania (Huila)

Los muelles o pasarelas son un elemento que facilita las labores de manejo, tales como la alimentación, siembra de alevinos, cosecha, pero presenta el inconveniente de interrumpir el flujo de agua y aumentar los costos. Por estas razones es más frecuente el uso de canoas o pequeños botes para efectuar la alimentación con esta práctica se mejora ampliamente la supervivencia y la homogeneidad de los peces en la cosecha.

Encierro en malla: la malla permite el encierro de los peces y su uso se efectúa de acuerdo con la etapa de vida de los peces. Se pueden construir adquiriendo los de malla, o comprarlas ya elaboradas en casas especializadas. Se recomiendan para la fase de alevinaje de $\frac{1}{2}$ pulgada y para las fases de juveniles y engorde de 1 y $1\frac{1}{2}$ pulgada de ojo, respectivamente.

Con el fin de lograr una completa extensión de la malla, se recomienda la instalación de un marco interno, para facilitar el flujo de agua. La profundidad requerida es de un metro promedio (1 m), sobresaliendo del nivel del agua 30 cm. de acuerdo con la Resolución No. 461 (INPA, 1995).

Una vez establecido el cultivo se requiere efectuar limpiezas periódicas de acuerdo con el taponamiento realizado por colonias de algas verdes y sedimento.

Se recomienda extender sobre la jaula flotante una sección de malla sombra, para evitar la influencia de los rayos ultravioleta y la acción depredadora de garzas, martín pescador, etc.

Alimentador: en jaulas flotantes de menor tamaño aumentan los intercambios de agua, por lo cual se necesita el uso del alimentador flotante, que puede consistir en un anillo de malla antipájaro, o en una sección abierta de una caneca plástica que se encuentre aproximadamente a 20 cm, tanto por encima como por debajo del nivel del agua, el cual se ubica en el centro de la jaula. La instalación de este elemento evita la pérdida de alimento y facilita el acceso de los peces confinados y debe cubrir un 20 % del área superficial de la jaula (Fig. 3).

Los diseños usados preliminarmente y de los cuales algunos están aún en uso, se tratan de jaulas denominadas grandes (6 m x 6 m x 1 m) de un volumen de 36 m^3 y en algunos casos hasta de 72 m^3 , debido a su tamaño presentan resistencia al flujo de agua y mayores posibilidades de volcamiento por acción de las corrientes y el viento. Este tipo de jaula se ha ido sustituyendo por las denominadas Jaulas de Bajo Volumen Alta Densidad (BVAD), de pequeña dimensión de 1 a 4 m^3 , las cuales ofrecen menor resistencia al flujo de agua, obteniéndose mayores recambios, favoreciendo la población de peces confinados (Schmitthou, 1993).

Con el fin de evitar mayores costos de infraestructura de soporte y flotación, es importante ubicarlas en conjuntos de tres en línea (Fig. 4) o utilizar otras alternativas con las cuales se mantengan las óptimas condiciones de flujo de



FIGURA 3. Alimentador elaborado con caneca plástica. Jaula cubierta con malla antipájaro. Embalse de Betania (Huila). Diseño integral de la infraestructura



FIGURA 4 . Modelo integrador de Jaulas de Bajo Volumen Alta Densidad, adicionalmente se observa el uso de canecas plásticas como sistema de flotación y alimentador de sección de caneca y estructura de soporte de malla en varillas de hierro. Embalse de Betania (Huila)



FIGURA 5. Jaulón de estructura modular, con 12 estructuras metálicas soportadas en bloques de icopor y con sistema de aireación. Embalse de Betania (Huila)

agua y reduzcan los costos de la infraestructura de flotación, además que brinden una presentación más atractiva al proyecto.

2.1.3 Jaulón de estructura modular

Con el fin de incrementar la producción en cultivos superintensivos en las jaulas flotantes en el embalse de Betania se incorporó recientemente el denominado Jaulón de estructura modular, proveniente de los cultivos de salmón en Chile. Por su alto costo de instalación y exigentes condiciones medioambientales está destinado para la producción industrial de la tilapia roja.

Esta jaula de gran volumen (314 m³) está constituida por la unión en forma circular de 12 unidades de estructura metálica de 6 m x 0.8 m x 0.3 m cada una, soportado cada uno por bloques de icopor de alta densidad, formando de igual forma un pasadizo para las labores de pesca, alimentación y control.

Esta jaula está constituida por dos mallas, una externa para evitar la fuga de los peces con un ojo de malla de 1" y una profundidad de 2.5 m, la cual se cuelga del exterior de la estructura modular y otra interior con un ojo de malla de 1.5 « y con una profundidad de 2 m, soportada desde el interior de la misma estructura modular, separada por una distancia entre 0.8 y 1 m de la malla exterior.

La unión entre las estructuras modulares se efectúa con varillas metálicas con bujes que permiten cierta elasticidad de la estructura completa y de esta manera resisten la acción de la corriente de agua y de los fuertes vientos. Por otra parte, una extensión de la malla interior y de las varillas hacia arriba del pasadizo permite la conformación de una baranda o pasamano, que otorga seguridad para las labores.

El diámetro de la estructura modular, arreglada en forma circular es de 20 m, y en su interior se ubican aireadores preferiblemente de paletas como elemento de seguridad para mantener la concentración del oxígeno disuelto en el agua (Fig. 5).

Los primeros resultados del proceso de adaptación de este sistema en el cultivo de tilapia roja, con la siembra de alevinos de 30 gr, se obtuvo un peso promedio de 400 g en 160 días de cultivo, con una densidad cercana a 250 ejemplares / m³, se obtiene una biomasa cercana a 38 toneladas y con un consumo de 47 toneladas de alimento balanceado.

Este sistema de cultivo reduce la ocupación de área, la fuga de peces por su doble malla, proporcionan mayor estabilidad y requieren ser ubicados en aguas profundas, evitando la competencia del espacio litoral requerido para la pesca artesanal, reduciendo los conflictos por la ocupación de ensenadas.

3. CALIDAD DE SEMILLA

Las experiencias que se tienen en el cultivo de jaulas flotantes en embalses han tenido buen resultado manejando el híbrido rojo de tilapia, especie que presenta buenas características para su cultivo tales como facilidad para su manejo, resistencia a condiciones medioambientales, enfermedades, buena conversión alimenticia y rápido crecimiento, entre otras.

Teniendo en cuenta que la tilapia es una especie apta para este tipo de cultivo se debe tener cuidado en la calidad de semilla a utilizar, debido a que la tilapiacultura presenta gran potencial en el mercado nacional e internacional. El producto debe tener una presentación atractiva, como color llamativo y ausencia de manchas, excelente sabor y buena conformación corporal con cabeza pequeña, pedúnculo caudal corto y dar buena porción de filete.

La mayoría de los proyectos tienen su propia producción de alevinos, donde se realizan selección por tamaño y color de los alevinos que se van a sembrar. Estos deben estar en un rango de peso entre de 15 -25 g, así se evita un porcentaje mayor de mortalidad por enfermedades y mayor resistencia a las condiciones medioambientales. Es

recomendable tener un buen manejo de la producción de semilla, tener en cuenta que el plantel de reproductores sea de buena procedencia, donde su heredabilidad sea en mayor porcentaje animales sin manchas, color intenso en tonalidades de rojo y una buena conformación corporal y es necesario realizar renovación periódica de los reproductores, bien sea por edad o por tamaño.

4. FASES DE MANEJO

Mediante el uso de la tecnología de cultivo denominada Bajo Volumen Alta Densidad (BVAD) según Schmittou (1993), la implementación de los cultivos en jaulas flotantes permite reducir el área de los proyectos, evitando la subutilización de infraestructura y la competencia con otros usos de los embalses, tales como la pesca artesanal, el transporte fluvial, actividades náuticas y el óptimo aprovechamiento de las condiciones de calidad del agua y en especial del oxígeno disuelto (OD).

El cultivo bajo esta modalidad generalmente se presenta en las siguientes tres fases de manejo:

- ◆ **ALEVINAJE:** los animales son sembrados con un peso promedio entre 15 a 25 g, utilizando una densidad de siembra de 400 peces/m³ y estos se levantan hasta un peso aproximado de 150 g.
- ◆ **JUVENIL:** en esta fase los animales alcanzan un peso promedio de 250 g, donde la densidad recomendada es de 350 peces/m³.
- ◆ **ENGORDE:** en esta fase con una densidad final de 300 peces/m³ se llega a un peso final de 400 g en promedio.

Con el fin de homogenizar el tamaño de los animales de cada jaula se aconseja clasificarlos por talla, sin embargo, no se deben realizar más de dos selecciones por ciclo de cultivo debido a que los peces se estresan por la manipulación, viéndose reflejado esto en disminución del peso y aumento de la mortalidad por enfermedades ocasionadas por esta práctica.

Los animales deben ser muestreados quincenalmente o por lo menos una vez al mes y así establecer el peso promedio para ajustar la tasa de alimentación de acuerdo con la rutina de alimentación de la granja o con lo establecido en la tabla de alimentación del alimento balanceado que se esté utilizando. Un aspecto que se debe tener en cuenta es que el medio ambiente en donde se tiene el cultivo es variable, por lo tanto habrá días de muy baja temperatura o con turbidez excesiva, donde el animal baja su apetito y no comerá toda la ración que se ha calculado, de acuerdo con esto no se debe mecanizar a tal punto la rutina alimenticia pues se podrán ocasionar pérdidas de alimento y por lo tanto disminución de la rentabilidad del proyecto.

El tiempo para alcanzar la talla comercial es variable dependiendo del tamaño de siembra de los alevinos. Si los alevinos se siembran entre 15 a 25 g alcanzarán un peso final entre 600 – 650 g en aproximadamente siete meses (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de alimentación de acuerdo con el peso esperado

Fase	Alevinaje		Juvenil		Engorde			
	0	30	60	90	120	150	180	210
Tiempo (días)								
Peso Esperado (g)	25	60	120	190	270	365	475	600
Incremento día (g)		1.2	2.0	2.3	2.7	3.2	3.7	4.2
% Alimentación	4.5%	4.0%	3.6%	3.0%	2.6%	2.2%	2.0%	
Mortalidad (%)		5.0%		3.0%				2%

Factor de Conversión Alimenticia = 2.0 : 1

En la producción final se obtienen diversos rangos de tallas, denominadas cabezas, colas y población intermedia, productos tales como mojarrín, media, trescuartos, libra, especial, superespecial, que se comercializan por rangos de precio.

5. IMPACTO AMBIENTAL

Para la implementación de los cultivos intensivos de peces en jaulas flotantes se requiere un amplio conocimiento de los ecosistemas estratégicos en donde van a ser implementados, teniendo en cuenta los criterios de la convención RAMSAR sobre la protección de humedales (Ramsar, 1999) y de las posibles repercusiones sobre el medio ambiente y las características socioeconómicas regionales. Sin desconocer la importancia de estos últimos se centrará la atención en los impactos ecológicos sobre la calidad del agua, que a su vez repercute en el óptimo desarrollo del cultivo y en la calidad e inocuidad del producto pesquero (Tabla 2).

TABLA 2. Valores de importancia para preservar los ambientes acuáticos

Componente	Unidad	Kinkelin <i>et al.</i> - 1985 (*)	Ramírez y Viña (1998)		
			Aguas Oligotróficas	Aguas Mesotróficas	Aguas Eutróficas
Oxígeno	mg / L	> 70	> 80	80 — 10	< 10
DBO	mg / L	< 3			
Fosfatos	mg / L	< 0.3	5 — 30		
Fosforo Total	mg / L		< 0.027	0.05	>0.05
Amoníaco	mg / L	< 0.025	0 — 0.3	0.3 — 2	2 — 15
Nitritos	mg / L	< 0.01 (**)	0 — 1	1 — 5	5 — 50
Nitratos	mg / L		0 — 0.5	0.5 — 5	5 — 15
Alcalinidad Total	mg / L	> 25			
Transparencia	m		> 1.6	1.6 — 0.8	< 0.8
Material en suspensión	mg / L	< 75			
Dureza	mg / L	> 20			
Densidad plancton	Cel / ml		10 — 100		100 - 10000

(*) Normas de calidad de agua dulce recomendadas para salvaguardar la vida acuática.

(**) 0.02 si la Dureza es de 70 mg CaCO_3

La calidad del agua está relacionada con la composición de las sales minerales y la cantidad de nutrientes disueltos, de tal manera que se presentan aguas ricas en nutrientes denominadas (eutróficas), aguas pobres (oligotróficas) y moderadas (mesotróficas) (Roldán, 1992). Considerándose de mejor calidad para cultivos de peces en jaulas flotantes, las oligotróficas, que se caracterizan por mayor transparencia del agua y además se asientan en menor densidad las poblaciones planctónicas (Beveridge, 1982).

El aporte de materiales inorgánicos a la columna de agua de elementos como el fósforo, es el más importante en el metabolismo biológico y en comparación con los demás nutrientes es el menos abundante y el factor más limitante de la productividad primaria (fotosíntesis) (Roldán, 1992). El fósforo hace parte de las moléculas de ATP portador de energía y de los ácidos nucleicos ADN y ARN. Su principal fuente proviene de el arrastre de suelo por las lluvias de acuerdo con la geomorfología del terreno y el aportado en grados contaminantes por los centros urbanos, la industria y la agricultura.

En forma de fosfato es rápidamente asimilado por el fitoplancton, en el proceso fotosintético y reciclado a través de los componentes del zooplancton a la columna de agua.

El nitrógeno en forma de nitratos (NO_3) es utilizable por las algas y las plantas para la producción de proteínas y a través de los procesos metabólicos, los organismos lo devuelven al agua en forma de heces, orina y por la descomposición de la materia orgánica. Los nitritos y el amonio tratados anteriormente completan el ciclo.

El equilibrio biológico generado principalmente por la actividad de los ciclos del fósforo y del nitrógeno, en el cual se desarrollan las poblaciones animales, vegetales y de bacterias, puede alterarse cuando por el exceso de sus concentraciones acelera la degradación del ecosistema acuático, reduciendo drásticamente la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua.

El cultivo de peces en jaulas flotantes incrementa las concentraciones de fósforo y de nitrógeno en el ecosistema acuático, por medio de los desechos de los alimentos metabolizados (Schmittou, 1993), hasta determinado límite beneficia a la productividad natural, y de acuerdo con el nivel trófico del cuerpo de agua se pueden convertir en contaminantes, causando severos impactos en el hábitat. Por tanto, el límite para un ambiente oligotrófico es mayor que para un ambiente eutrófico (Schmittou, 1993).

Un ambiente acuático en condiciones eutróficas produce una reducción de la diversidad de las especies nativas, altera el equilibrio entre las especies y se desestabilizan las relaciones físicas, químicas y biológicas del ecosistema (Schmittou, 1993).

En los embalses, considerados cuerpos intermedios entre río y lago, los niveles de aporte de alimento pueden variar de acuerdo con la tasa de renovación del volumen hídrico, por ésta razón es indispensable el conocimiento del régimen hidrológico de la cuenca.

6. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CULTIVO EN JAULAS

El sistema de cultivo en jaulas flotantes ofrece ventajas, pero también presenta limitaciones respecto a otros sistemas de cultivo, tal como se describe a continuación:

6.1 VENTAJAS

- ◆ Baja inversión de capital en infraestructura y empleo de tecnología sencilla, debido a que se colocan en cuerpos de agua ya existentes y su manejo no es complejo.
- ◆ Facilidad de movimiento y traslado.
- ◆ Intensificación de la producción de peces, es decir, aumento de las densidades de siembra, mejora de las tasas de crecimiento y reducción del período de cría si se optimiza la alimentación.
- ◆ Empleo de altas densidades de siembra, ya que los excrementos de los peces y los productos tóxicos no permanecen en las jaulas, puesto que la circulación del agua es permanente.
- ◆ Los peces no pueden reproducirse por la alta densidad a la que se encuentran y la ausencia de sustrato adecuado en algunos casos, por lo tanto el riesgo de la aparición de alevinos que aumenten la población queda eliminado.
- ◆ Utilización óptima de alimentos artificiales y aumento en la eficiencia de la conversión alimenticia por el consumo permanente del alimento natural, en el caso de las especies filtradoras y en la zona tropical donde es mayor.
- ◆ Facilidad en el control de competidores y predadores, permitiendo la observación continua de los peces.
- ◆ Utilización como alternativa de producción para las comunidades de pescadores artesanales, en razón a la disminución del recurso en las ciénagas y embalses que habitan, puesto que se intensifica la producción de peces (ton/ha/año), en volúmenes pequeños y relativamente a bajo costo.

6.2 LIMITACIONES

- ◆ Sólo pueden utilizarse en zonas protegidas donde la superficie del agua no esté muy agitada, pero a su vez debe existir un adecuado intercambio de agua en las jaulas, que garantice la eliminación de los metabolitos y mantenga a un nivel aceptable el nivel de oxígeno disuelto dentro de la jaula.

- ◆ Muchos organismos como algas se fijan sobre las mallas de las jaulas, por lo que es necesario efectuar una limpieza frecuente para evitar su fácil obstrucción o la utilización de productos aplicados a las mallas para evitar la fijación.
- ◆ Se deben emplear alimentos concentrados, peletizados y flotantes, cuyo costo generalmente es más elevado.
- ◆ El tratamiento de las enfermedades y parásitos se hace más difícil.
- ◆ Presencia de predadores que hostigan constantemente a los peces de cultivo, lo cual puede ser solucionado mediante la postura de otra malla alrededor de las jaulas que los mantenga alejados.
- ◆ Se aumentan los riesgos de hurto, por lo que se necesita una vigilancia permanente.
- ◆ Pueden existir interferencias por parte de la población natural de peces, debido a la penetración de éstos en las jaulas y a la competencia por espacio y alimento.
- ◆ La malla debe tener un diámetro que impida la entrada permanente de otras poblaciones de peces, en especial las Sardinas (*Astianax* spp.) que compiten por el espacio y el alimento.
- ◆ El tiempo de vida útil de la infraestructura en contacto permanente con el agua (flotación y malla) es menor, y de acuerdo con el manejo otorgado, especialmente de la malla, y puede ser de 3 a 5 años.

Una extensión particular de la tecnología del cultivo de peces en jaulas flotantes está en la implementación de este sistema en reservorios menores de 5 ha, instalaciones comunes en la zona cafetera, bajo condiciones diferentes en cuanto a transparencia y temperatura del agua, recambio, condiciones un tanto diferentes a las óptimas esperadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BARD, L.; L. KIMPE; J. LEMASON y P. LESSENT. 1975. Manual de piscicultura destinado a la América Tropical. Centre Technique Forestier Tropical. Segunda edición. 164 p.
- BEVERIGDE, M. C. M. 1982. Piscicultura en jaulas y corrales. Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. FAO. Doc. Tec. Pesca No. 225:100 p.
- DORADO, M. 1993. Cultivo de peces en jaulas flotantes y corrales. 263- 271 p. En: Rodríguez H., G. Polo y G. Salazar (Eds.). Fundamentos de Acuicultura Continental. INPA Bogotá. Colombia. 296 p.
- GARCIA-BADELL, J. J. 1978. Sistemas modernos en acuicultura (prefabricación y automatización). Colección Monografías I.N.I.A. No.21. Inst. Na. de Investigaciones Agrarias. Madrid-España.
- INPA. 1995. Resolución No. 000641 de Noviembre 8 de 1995, "Por la cual se establecen los requisitos para el cultivo de mojarra roja o mojarra plateada en ambientes naturales o artificiales controlados". 3 p.
- KINKELIN, P. y P. GHITTINO. 1985. Tratado de las enfermedades de los peces. Editorial Acribia S. A. Zaragoza (España).
- MERCADO, J. y P. SIEGERT, 1995. Cultivo en jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp* en aguas salobres. 209-225 p. En: Rodríguez, H.; G. Polo y O. Mora, (Eds.) Fundamentos de Acuicultura Marina. INPA, Bogotá, Colombia. 225 p.
- RAMSAR, 1999. Criterios para la identificación de humedales de importancia internacional. Convención de Ramsar. Documento Informativo No. 5, Suiza.
- ROLDÁN, G. 1992. Fundamentos de Limnología Tropical. Editorial Universidad de Antioquia. 529 p.
- SCHMITTOU, H. R. 1993. Cultivo de Peces a Alta Densidad en Jaulas de Bajo Volumen. Edición al castellano. Asociación Americana de Soya. Caracas.