

Cultivos de peces en jaulas de bajo volumen – experiencias en Brasil

Eduardo A. Ono, M.Sc.
onoedu@yahoo.com

Resumen

La producción de peces en Brasil es costosa. Sin embargo, aún existe una importante demanda en el mercado local que se debe cubrir. Cada año, el cultivo de peces experimenta un crecimiento como resultado de las condiciones favorables del país, como por ejemplo, un clima cálido, disponibilidad de alimento y semillas, apoyo crediticio y recursos humanos. El cultivo de peces en jaulas es un sistema de producción intensivo que permite criar gran cantidad de peces en un espacio limitado. Los elevados rendimientos están condicionados al gran intercambio de agua entre la jaula y el entorno de elevada calidad que lo rodea, al uso de alimentos completos desde el punto de vista nutricional y a la buena calidad de juveniles de especies de peces que pueden tolerar intensas condiciones de cría. La planificación y manejo de la producción de peces en jaulas de bajo volumen es especialmente importante debido a la gran cantidad de unidades de producción utilizadas. Por otra parte, debido a que la producción se realiza en módulos, tanto la planificación como el manejo son más simples. Si bien existe una gran demanda en el mercado mundial, alcanzar un mercado redituable sigue siendo la barrera más difícil de superar para muchos productores de peces. La pequeña cantidad de productos ofrecidos relacionado con la falta de un suministro continuo y una mala estandarización del producto representan las principales causas que llevan a la dificultad de establecer una posición en el mercado.

Introducción

Según la FAO (2003), Brasil figuraba en el año 2001 como uno de los mejores productores del ámbito de la acuicultura, ocupando el puesto 19 en el mundo y el segundo lugar en América del Sur, después de Chile. La producción de peces en Brasil es aparentemente grande, pero los productos de peces siguen siendo un producto importado de consideración (US\$ 252 millones en el año 2004 y US\$ 209 millones en 2003).

El abastecimiento de las pesqueras de captura ha sido parejo en un valor de unos 700.000 TM en la última década, mientras que la producción de acuicultura ha crecido a una tasa del 18% anual, y ahora representa cerca del 30% del abastecimiento total de peces (12% en 1997). La demanda de peces en Brasil aumenta a medida que crece la población y el ingreso y aún tiene el potencial de seguir creciendo con un incremento en el consumo per capita, que es actualmente uno de los más bajos en América Latina (6,5 kg/año) según la FAO (2002).

Brasil presenta condiciones favorables para el desarrollo de la acuicultura, como el clima, vastas extensiones; vasto continente, recursos hídricos marítimos y estuarios (5,3 millones de hectáreas de reservas de agua dulce); disponibilidad de tierras para la construcción de lagunas; gran producción de ingredientes de alimentos y pececillos; presencia de especialistas en acuicultura; apoyo crediticio y gubernamental a las exportaciones, además de una gran variedad de especies de peces de rápido crecimiento con un enorme potencial de mercado.

La mayor parte de la producción de peces en Brasil se desarrolla en sistemas intensivos y semi-intensivos utilizando lagunas excavadas y construidas en las laderas de las colinas. A pesar del enorme potencial de producción de peces en grandes reservorios y ríos, el cultivo de peces en estos ambientes sólo se expande de manera significativa a lo largo de la última década, especialmente a través del uso de jaulas de bajo volumen.

El cultivo de peces en jaulas es un sistema de producción intensiva muy conocido a nivel mundial y se lo emplea en pequeñas escalas (Chellapa, *et al.*, 1995; Beveridge, 1996; Alcántara *et al.*, 2003; Huchette & Beveridge, 2003; Liao *et al.*, 2004; Outtara *et al.*, 2003) y a escala industrial (Bjorndal, 1990). Se

pueden observar muchos ejemplos de producción de carpa en pequeña escala en Asia, mientras que las producciones de salmón a gran escala son comunes en Chile y Noruega.

La rápida expansión del cultivo de peces en jaulas en Brasil a lo largo de la última década fue el resultado de la introducción y diseminación de conocimiento de las técnicas básicas de cultivos y la experiencia de otros países. Sin embargo, el modelo decisivo que dio lugar al éxito del cultivo en jaulas fue el desarrollo de dietas completas desde el punto de vista nutricional. La falta de una buena calidad de alimento balanceado detuvo el desarrollo de los cultivos en jaulas durante casi cinco años. Junto con el desarrollo de los alimentos, la disponibilidad de materiales más adecuados para la construcción de jaulas permitieron proteger a los peces de sus depredadores acuáticos. La autorización gubernamental hacia la instalación de empresas encargadas de los cultivos en jaulas en reservorios de represas hidroeléctricas, sumado a la dificultad de expandir la acuicultura basada en la tierra cerca de las zonas urbanas debido a un aumento en los costos de la tierra también han contribuido a la expansión de los cultivos de peces en jaulas.

Las principales ventajas de cultivar peces en jaulas son las siguientes: el aprovechamiento de los medios acuáticos existentes (ríos, lagos naturales, reservorios de agua y canales de irrigación) que no se pueden explotar por medio de los métodos de la acuicultura convencional. Por otra parte, la instalación de la producción de peces en jaulas implica una menor inversión de capital que la producción de peces en tierra, además de un plazo más breve para la construcción y ampliación de las instalaciones. Otro aspecto positivo del cultivo de peces en jaulas es la posibilidad de lograr múltiples aprovechamientos del recurso hídrico, generando menos conflicto en su uso (Ono & Kubitzka, 2003).

Jaulas

Las jaulas de red o cable son estructuras que se utilizan para confinar a los peces, y suelen construirse con marco de metal, madera o plástico donde se fija una malla sintética de red o alambre donde se retienen los peces. Las

jaulas pueden tener una variedad de formas geométricas (cilíndricas, paralelepípedas, cúbicas, hexagonales u octagonales) y suelen flotar.

La opción entre una variedad de diseños, tamaños y materiales que se emplean en la construcción de las jaulas se realiza teniendo en cuenta los requisitos de las especies de peces, los recursos financieros disponibles, la durabilidad de los materiales, la simplicidad en el manejo de las estructuras, entre otros criterios (Huguenin, 1997). De todos modos, las unidades de producción deben ser de bajo costo, peso liviano y durabilidad adecuada para resistir la fatiga mecánica (la acción de las olas), la corrosión, las cosechas y los depredadores.

Las jaulas suelen clasificarse en volumen alto y bajo. Las unidades con hasta 6 m³ se consideran jaulas de bajo volumen, mientras que las de alto volumen presentan más de 18 m³ (Ono & Kubitzka, 2003). El concepto de un cultivo de peces de alta densidad en jaulas de bajo volumen (LVHD) fue introducido en Brasil por el Dr. H. R. Schmittou a principios de la década del 90 para los cultivos de tilapias y a la fecha es el método preferido por los cultivadores de peces.

Características de las jaulas de bajo volumen y alta densidad (LVHD) y de alto volumen y baja densidad (HVLD).

	LVHD	HVLD
Volumen de la jaula (m ³)	< 6	> 18
Capacidad de intercambio de agua	Más alto	Más bajo
Biomasa económica (kg/m ³)	150 a 250	20 a 80
Inversión de capital inicial por m ³	Más alto	Más bajo
Retorno de la inversión	Más corto	Más largo
Costo de mano de obra por m ³ de jaula	Más alto	Más bajo

Producción de peces en jaulas

Los cultivos de peces en jaulas suelen dar un producido de 20 a 250 kg/m³, dependiendo de una variedad de factores que se detallan a continuación. Sin embargo, la capacidad de transporte de peces que tiene un determinado cuerpo de agua no se puede aumentar debido al confinamiento de los peces en las jaulas, si se lo compara con los peces criados sueltos en el mismo entorno (Schmittou, 1993). Por ejemplo, un reservorio de agua de 2

hectáreas, que tiene una biomasa económica (ganancia máxima) de 10.000 kg. de tilapia criada suelta, sólo retendría 50 m³ de jaulas a una producción de 200 kg/m³. En este reservorio el área ocupada por las jaulas estaría alrededor de los 200 m² considerando jaulas de 1 m de profundidad. Los productores de peces en general almacenan más de 50 m³ de jaulas en un área de 20.000 m², comprometiendo la calidad del agua del reservorio.

La producción de reservorio mencionado no puede elevarse a través del uso de las jaulas puesto que a medida que aumenta la biomasa de los peces, aumenta la cantidad de alimento al igual que la producción de desechos orgánicos que se eliminan al cuerpo de agua. La descomposición de los desechos orgánicos liberan nutrientes que pueden contaminar el ambiente. Los nutrientes que hasta determinada concentración son deseables y beneficiosos para la producción de peces, también son la principal razón por la que muchos entornos de cultivos se vuelven inapropiados para la salud la supervivencia del los peces (Boyd, 1990; Kubitza, 2003).

El cultivo de peces en jaulas por lo general se instala en amplios ambientes donde los parámetros de la calidad del agua no se pueden controlar ni manejar. Por lo tanto, la selección de ambientes adecuados para el desarrollo de un proyecto de cultivos en jaulas es decisiva para el éxito y es fundamental realizar una exhaustiva evaluación de estos sitios antes de la instalación de las jaulas. A continuación se presentan los principales factores que afectan la producción de peces en jaulas.

- Calidad del agua del medio ambiente
- Tasa de intercambio de agua entre la jaula y el entorno circundante
- La calidad del alimento
- La calidad de los juveniles
- Las características de las especies de peces

La calidad del agua

La calidad del medio acuático tiene un efecto directo sobre el desempeño del pez enjaulado, su salud y su supervivencia (Kubitza, 2003). Por lo tanto, construir una historia del cuerpo de agua donde se planifica instalar el

cultivo de peces en jaulas es fundamental, especialmente porque intentar corregir la calidad del agua en grandes reservorios es algo impracticable. La Tabla 1 presenta el rango óptimo de los principales parámetros de calidad del agua para el cultivo de especies de peces tropicales en jaulas.

Tabla 1. Rango óptimo de los principales parámetros de calidad del agua para el cultivo de peces tropicales en jaulas.

Parámetro	Rango óptimo
Temperatura	26 a 30 °C
Oxígeno disuelto en la jaula	> 60% de saturación o > 4 mg/L
pH	6,5 a 8,0
Alcalinidad total	> 10 mg CaCO ₃ /L (> 20 ideal)
Dureza total	> 10 mg CaCO ₃ /L (> 20 ideal)
Amoníaco des-ionizado (N-NH ₃)	< 0,20 mg/L
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	< 0,30 mg/L
Dióxido de carbono (CO ₂)	< 10,0 mg/L
Transparencia de disco de Secchi	> 1,0 metros (> 2,0 m ideal)

Tasa de intercambio de agua

El intercambio de agua entre la jaula y el entorno circundante se da como resultado de la corriente de agua (acción de los ríos o del viento) o del movimiento de los peces dentro de la jaula. De todos modos, la tasa de intercambio de agua está influenciada por los siguientes factores:

a) Tamaño de la jaula

Cuanto más grande sea la jaula, menor será la tasa de intercambio de agua y por lo tanto menor será la producción de peces por volumen (kg/m³). En cambio las jaulas de bajo volumen (< 6m³) almacenadas a altas densidades (hasta 250 kg/m³) tienen una mayor tasa de intercambio de agua promovida por el movimiento de los peces dentro de la jaula. Como resultado de la elevada producción, las jaulas de bajo volumen por lo general permiten mejores

ingresos y ganancias, si bien la inversión inicial por m^3 es más alta comparada con las jaulas de mayor volumen ($> 18 m^3$).

b) Resistencia de la malla al paso del agua

Las mallas de las jaulas pequeñas ($< 20 mm$) restringen el paso del agua y pueden reducir la tasa de intercambio de agua. Además del tamaño de la malla, el espesor de la cuerda o alambre utilizado para conformar la malla también interfiere en el paso del agua.

Después de un tiempo en el agua, una variedad de organismos tiende a adherirse y crecer en la malla de la jaula, reduciendo el intercambio de agua. Este fenómeno se denomina “*biofouling*” y se ve agravado por el agua rica en nutrientes y en los casos en que se utilizan mallas pequeñas. Por lo tanto, la verificación periódica de las mallas de la jaula para determinar sus intervalos de limpieza es muy importante a fin de garantizar una adecuada calidad del agua dentro de la jaula.

c) Forma de la jaula

Las jaulas de formas cúbicas y rectangulares promueven un mejor intercambio de agua que en el caso de las jaulas cilíndricas, como se muestra en la ilustración 1. En el caso de las jaulas de bajo volumen, en las que el intercambio de agua se promueve a través del movimiento de los peces, la forma de la jaula es menos significativa que en las de gran volumen.

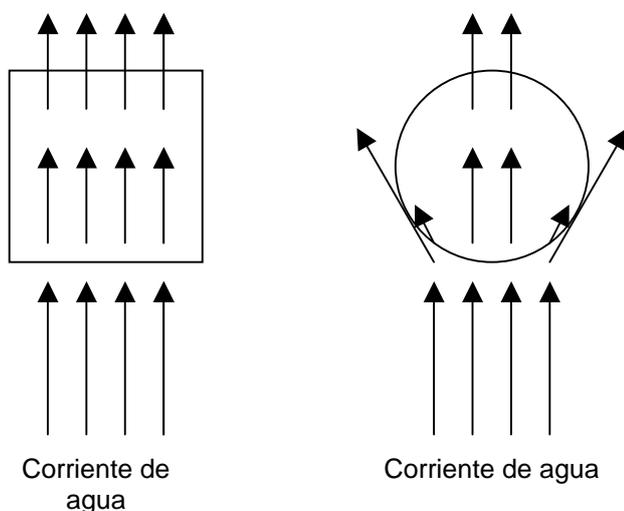


Ilustración 1. El movimiento del agua a través de jaulas cúbicas y cilíndricas.

Calidad del alimento

Los peces almacenados bajo alta densidad, especialmente en jaulas de bajo volumen tienen un limitado acceso a alimentos naturales y están expuestos a condiciones más estresantes que los peces en lagunas (Schmittou, 1993; Kubitza, 1999; Ono & Kubitza, 2003). Como resultado de esto, el alimento suministrado a estos peces debe ser completo y adecuadamente balanceado para cubrir los requisitos nutricionales de las especies. Toda deficiencia nutricional reduce el rendimiento de los peces (baja tasa de crecimiento, mala conversión de los alimentos y mala supervivencia) y puede llevar a toda la producción a un fracaso absoluto. Varios empresarios pioneros en la producción de peces en jaulas han fracasado al utilizar alimentos comerciales destinados al cultivo semi-intensivo de peces en lagunas. En la actualidad, se están desarrollando muchos estudios que involucran alimentos y nutrición para desarrollar dietas específicas que cumplan con los requisitos de especies de peces nativos bajo cultivos en jaulas.

Debido a que el costo del alimento representa entre el 50% y 70% del costos totales de producción de peces, es obligatorio aprovechar este recurso de manera eficiente (Jolly & Clonts, 1993; Kubitza & Ono, 2003).

Calidad de los juveniles

La estandarización del tamaño de los juveniles almacenados, además de un buen estado de salud, buen estado de nutrición, ausencia de deformaciones corporales y una buena calidad genética afectan directamente la uniformidad de los peces producidos, la tasa de supervivencia y el rendimiento de la producción.

Los tamaños de las mallas de las jaulas utilizadas en Brasil por lo general son superiores a los 20 mm a fin de evitar el “*biofouling*”. Sin embargo, los tamaños de mallas más grandes no permiten la formación de stock directamente de los juveniles disponibles y por lo general la producción de los juveniles avanzados se desarrolla en otras estructuras. La producción de juveniles avanzados en lagunas en tierra es más simple, pero se registran

grandes pérdidas debido a problemas relacionados con la cosecha en la laguna, el manejo de los peces, el transporte y adaptación de los peces más grandes al encierro de las jaulas. Este procedimiento se ha tratado de evitar por todos los medios en la mayoría de productores de peces. Además, el elevado costo relacionado con el transporte de juveniles avanzados a lo largo de distancias extensas hacen que la producción se vuelva inviable en muchas regiones. Una alternativa empleada es la producción de los juveniles avanzados en jaulas. El desarrollo de materiales sintéticos más resistentes ha posibilitado el uso de una doble red de un tamaño más pequeño dentro de la malla de alambre que se usa en la actualidad, reduciendo de esta forma la pérdida de peces y evitando los problemas con la adaptación de los peces a las condiciones de las jaulas.

Características de las especies de peces

Determinadas especies de peces toleran una alta densidad de stock y se pueden criar en jaulas de bajo volumen alcanzado elevados resultados de producción. Los buenos ejemplos de especies que pueden tolerar altas densidades son las distintas especies de tilapias y los carpa comunes (hasta 250 kg/m³). Por otra parte, las especies nativas como el pacú (*Piaractus mesopotamicus*), el tambaquí (*Colossoma macropomum*), el matrinxã (*Brycon spp.*), el surubí (*Pseudoplatystoma spp.*) y el pirarucú (*Arapaima gigas*) deben criarse en densidades inferiores (60 a 100 kg/m³). Por lo tanto, aprender sobre las características de cada especie es sumamente importante al planificar la producción en jaulas de manera adecuada.

A continuación se presentan las principales características deseables en las especies de peces destinadas a la producción en jaulas.

1. Elevado valor en el mercado;
2. Disponibilidad de peces criados en granjas;
3. Fácil aceptación de alimentos secos;
4. Tolerancia a condiciones de cría intensiva;
5. Rápido crecimiento y buen desempeño bajo condiciones de cultivo;
6. Tolerancia a las enfermedades y parásitos.

Planificación y manejo de la producción de peces

Con el fin de alcanzar el máximo retorno sobre la inversión, la producción comercial de peces debe estar adecuadamente planificada y administrada. La producción de peces en jaulas presenta determinadas características que simplifican la planificación y el manejo, como por ejemplo el uso de unidades de producción de un mismo tamaño, que se construyen fácilmente según un programa y se agrupan en un área relativamente pequeña. Además, las tareas rutinarias como el monitoreo de la calidad del agua, el alimento de los peces y la toma de muestras también se realizan con facilidad (Ono & Kubitzka, 2003).

Junto con la planificación, los productores de peces deben llegar registros organizados de todos los gastos relacionados con la producción para poder calcular el costo de la producción de peces. La falta de control financiero es un problema común entre los productores, lo que suele llevar al productor a vender la producción a un precio inferior que el costo real de producción, bajo la falsa impresión que la producción está dando ganancias. Muchos productores aún consideran que el costo total de la producción es la suma de todos los ítems de los costos operativos (alimento, juveniles, mano de obra, combustible) y relegan los gastos con un esfuerzo de manejo y la depreciación de las instalaciones y equipos, lo que da lugar al deterioro de los activos de la granja y a la incapacidad de mantener la operación en funcionamiento a largo plazo (Kubitzka & Ono, 2004).

Comercialización de la producción de peces

Comercializar la producción a un precio justo sigue siendo el mayor desafío para los productores. En muchos países la comercialización justa sigue siendo una mayor barrera debido a la poca organización que tienen los productores, que suelen ser pequeños y se extienden en una zona amplia. Por otra parte, existe un mercado en expansión con escasez de peces en todo el mundo y también en Brasil. Según Josupeit (2004), los cálculos de la FAO indican que hacia el año 2015 habrá una escasez de peces a nivel mundial de unos 5 millones de TM.

Para alcanzar los mercados mundiales, los acuicultores deben continuar mejorando su organización, su escala de producción, la calidad de sus productos, el abastecimiento constante, además de una reducción en los costos de producción.

La producción de peces en jaulas puede contribuir de manera significativa y rápida al abastecimiento ante la escasez de pescado, explotando de manera sustentable los enormes recursos hídricos de América del Sur.

Comentarios finales

El cultivo de peces en jaulas se ha ampliado considerablemente durante la última década en Brasil y su tendencia es la de continuar expandiéndose, demostrando su gran potencial, racionalmente explotando los reservorios de agua existentes en el país y los cuerpos de agua naturales en la región del Amazonas.

Referencias

- ALCÁNTARA, F.B., CHÁVEZ, C.V., RODRÍGUEZ, L.C., KOHLER, C.C., KOHLER S.T., CAMARGO, W.C., COLACE, M., TELLO, S. Gamitana (*Colossoma macropomum*) and paco (*Piaractus brachypomus*) culture in floating cages in the Peruvian Amazon, **World Aquaculture**, v. 34, n. 4, p. 22-24, 2003.
- BEVERIDGE, M. C. M. **Cage aquaculture**, 2nd ed. Oxford: Fishing News Books, 1996. 346 pp.
- BJORNDAL, T. **The Economics of Salmon Aquaculture**. London and Boston: Blackwell Scientific Publications, 1990. 119 pp.
- BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University Experimental Station, 1990. 482 pp.
- CHELLAPA, S., CHELLAPA, N.T., BARBOSA, W.T., HUNTINGORD, F. A., BEVERIDGE, M.C.M. Growth and production of the Amazonian tambaqui in fixed cages under different feeding regimes. **Aquacult. Int.** v. 3, p. 11-21, 1995.
- FAO. Fish and fishery products: world apparent consumption statistical based on the food balance sheets (2002). http://ftp.fao.org/fi/sat/summ_00.Yb91aap1.pdf. (05/08/2005).
- FAO. The State of World's Fisheries and Aquaculture 2002. (2003). http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm. (02/10/2005).
- HUCHETTE, S.M.H., BEVERIDGE, M.C.M. Technical and economical evaluation of periphyton-based cage culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in tropical freshwater cages. **Aquaculture**, v. 219, p. 219-234, 2003.
- HUGUENIN, J. The design, operations and economics of cage culture systems. **Aquacult. Eng.** v.16, p.167-203, 1997.
- JOLLY, C.M., CLONTS, H.A. **Economics of Aquaculture**, Binghamton: The Haworth Press, 1993. 319 pp.

- JOSUPEIT, H. Future demand of fish and impact on trade. (2004).
http://www.globefish.org/files/consumptionprojections2_184.pdf
(02/10/2005).
- KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. 3ª ed. Jundiaí:
Fernando Kubitza, 1999. 123 pp.
- KUBITZA, F. **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões**. 1ª ed.
Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003. 229 pp.
- KUBITZA, F., ONO, E.A. **Projetos Aqüícolas: Planejamento e Avaliação
Econômica**, 1ª ed. Jundiaí: Fernando Kubitza. 2004, 88 pp.
- LIAO, I.C., HUANG, T.S., TSAI, W.S., HSUEH, C.M., CHANG, S.L., LEAÑO,
E.M. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**,
v. 237, p. 155-165, 2004.
- ONO, E.A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 3ª ed. rev. e
ampl. Jundiaí: Eduardo Ono, 2003. 112 pp.
- OUTTARA, N.I., TEUGELS, G.G., N'DOUBA, V., PHILIPPART, J.C.
Aquaculture potential of the black-chinned tilapia, *Sarotherodon
melanotheron* (Cichlidae). Comparative study of the effect of stocking
density on growth performance of landlocked and natural populations
under cage culture conditions in lake Ayame (Côte d'Ivoire). **Aquac. Res.**
V. 34, p. 1223-1229, 2003.
- SCHIMITTOU, H.R. **High density fish culture in low volume cages**.
Singapore: Akiyama, D.M., American Soybean Association, 1993. 78 pp.
- SEAP. Balança comercial de pescados 2003 e 2004. (2005).
<http://www.presidencia.gov.br/seap/> (02/10/2005).