

## La actividad acuícola como fuente de contaminación, en la laguna de Tres Palos, Guerrero

VIOLANTE-GONZÁLEZ, J. \*†, ROJAS-HERRERA, A. A., MELO-GARCÍA, M. A., LARUMBE-MORÁN, E.``

*Unidad Académica de Ecología Marina. Dir. Gran Vía Tropical No. 20 Fracc. las Playas. C.P. 39390. Tel. y fax 01 (744) 4 83 27 80, Acapulco Gro.*

*Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No 16. Interior Isla del Cayacal s/n Zona Industrial Cd. Lázaro Cárdenas, C. P. 60950. Michoacán, México.*

Recibido Mayo 16, 2013; Aceptado Noviembre 15, 2014

### Resumen

La acuicultura es reconocida desde hace muchos años, como una importante fuente generadora de alimento, de empleos y de ingresos para las poblaciones locales. Esta actividad ha crecido de manera notable en las últimas dos décadas en México, aportando volúmenes considerables a la producción pesquera nacional, e impactando en la economía a nivel local y de la región en cada estado del país, donde es practicada. Sin embargo, como cualquier otra actividad humana que explota, o maneja recursos naturales para la producción de alimentos, no esta exenta de ocasionar afectaciones ambientales en los cuerpos de agua en los cuales se lleva a cabo. Entre las especies de peces cultivados en México el cultivo de la tilapia (género *Oreochromis*), se ha convertido en el segundo más importante después del camarón, el cual es apoyado por el amplio mercado nacional que este pez tiene, así como por los apoyos federales que se otorgan a través del Programa Alianza Contigo de Sagarpa-Conapesca, además de su gran aceptación organoléptica, rápido crecimiento en un amplio margen de condiciones ambientales y su plasticidad genética (Morales 1991, Camacho et al. 2000) En la mayor parte de los cuerpos de aguas costeros como lagunas, así como en embalses interiores tanto en presas y represas, el tipo de cultivo más difundido por su bajo costo en infraestructura, es el del sistema de jaulas, el cual es un método de producción de peces en recipientes cerrados en el fondo y en todos sus lados. Las jaulas pueden ser construidas con diferentes tipos de materiales, como el bambú o tablas de madera y alambre, nylon u otras mallas sintéticas. Estas estructuras mantienen a los peces confinados en espacios reducidos, facilitando su alimentación y su posterior cosecha (Coche 1976, Beveridge 1987).

En la actualidad, Brasil es considerado el mayor productor de tilapia en sistemas en jaulas en América Latina. Este país cultiva unas 5 variedades de tilapia roja, con una producción anual estimada de unas 80,000 toneladas; mientras que México produce aproximadamente unas 6,000 tons., de acuerdo con reportes del 2003. En los sistemas en jaulas, es posible mantener densidades más altas de peces, en comparación con los cultivos en estanques; por ejemplo, en jaulas de dimensiones de 6 x 6 x 2.5 m, instaladas a profundidades de 2.5 m, como las que se utilizan en algunas presas, se pueden manejar densidades de hasta 100 peces/m<sup>3</sup>. Por otra parte, los peces cultivados en jaulas flotantes o fijas, dependen casi exclusivamente del alimento balanceado que les es proporcionado. Se estima que pueden ocurrir pérdidas de alimento no consumido desde un 10 hasta un 30%, cuya pérdida depende de varios factores como el comportamiento alimenticio, la estabilidad del alimento en el agua, el método de distribución, las horas de alimentación y el estado de salud de los organismos. Sin embargo, además de los restos de alimento, es importante considerar los desechos de excreción de los peces, tanto dentro como en los alrededores de las jaulas.

**Actividad acuicola, Contaminación, Laguna Tres Palos Guerrero.**

**Citación** VIOLANTE GONZÁLEZ- J., ROJAS-HERRERA, A. A., MELO GARCÍA- M. A., LARUMBE MORÁN- E. La actividad acuícola como fuente de contaminación, en la laguna de Tres Palos, Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2013 – Abril 2014, 1-1: 331-335

### Abstract

Aquaculture is recognized for many years, as an important source of food, jobs and income for local people. This activity has grown significantly in the last two decades in Mexico, bringing considerable national fish production volumes, and impacting on the economy locally and in the region in each state where it is practiced. However, like any other that exploits or manages natural resources for food production, human activity is not without cause environmental effects on water bodies in which it is performed. Among the fish species grown in Mexico growing tilapia (genus *Oreochromis*), has become the most important after shrimp second, which is supported by the large domestic market that this fish has, as well as federal support which is provided through the Alliance Program Contigo SAGARPA-Conapesca, besides its high organoleptic acceptance, rapid growth over a wide range of environmental conditions and genetic plasticity (Morales 1991, Camacho et al. 2000). In most of the bodies of coastal waters such as ponds and indoor both dams and reservoirs dams, crop type most widely used for its low cost infrastructure, is the cage system, which is a method of fish production in closed containers at the bottom and on all sides. Cages can be built with different materials, such as bamboo or wooden boards and wire, nylon or other synthetic mesh. These structures keep the fish confined in small spaces, facilitating feeding and subsequent crop (Coche 1976, Beveridge 1987).

Currently, Brazil is considered the largest producer of tilapia cage systems in Latin America. This country grows about 5 varieties of red tilapia, with an estimated population of about 80,000 tonnes annual production; while Mexico produces approximately 6,000 tons, according to reports from 2003. cage systems, it is possible to maintain higher densities of fish compared to pond culture; for example in cages dimensions 6 x 6 x 2.5 m, installed at depths of 2.5 m, as used in some dams, densities can be handled up to 100 fish / m<sup>3</sup>. Furthermore, farmed fish cages floating or fixed, depend almost exclusively on balanced food that is given to them. It is estimated that losses uneaten food from 10 to 30%, the loss depends on several factors such as eating behavior, the stability of food in the water, the method of distribution, feeding times and status can occur health agencies. However, besides the remains of food, it is important to consider waste excretion of fish, both inside and around the cages.

**Aquaculture activities, Pollution, Tres Palos Laguna Guerrero.**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: viojuang@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La acuicultura es reconocida desde hace muchos años, como una importante fuente generadora de alimento, de empleos y de ingresos para las poblaciones locales. Esta actividad ha crecido de manera notable en las últimas dos décadas en México, aportando volúmenes considerables a la producción pesquera nacional, e impactando en la economía a nivel local y de la región en cada estado del país, donde es practicada. Sin embargo, como cualquier otra actividad humana que explota, o maneja recursos naturales para la producción de alimentos, no esta exenta de ocasionar afectaciones ambientales en los cuerpos de agua en los cuales se lleva a cabo. Entre las especies de peces cultivados en México el cultivo de la tilapia (género *Oreochromis*), se ha convertido en el segundo más importante después del camarón, el cual es apoyado por el amplio mercado nacional que este pez tiene, así como por los apoyos federales que se otorgan a través del Programa Alianza Contigo de Sagarpa-Conapesca, además de su gran aceptación organoléptica, rápido crecimiento en un amplio margen de condiciones ambientales y su plasticidad genética (Morales 1991, Camacho et al. 2000). En la mayor parte de los cuerpos de aguas costeros como lagunas, así como en embalses interiores tanto en presas y represas, el tipo de cultivo más difundido por su bajo costo en infraestructura, es el del sistema de jaulas, el cual es un método de producción de peces en recipientes cerrados en el fondo y en todos sus lados. Las jaulas pueden ser construidas con diferentes tipos de materiales, como el bambú o tablas de madera y alambre, nylon u otras mallas sintéticas. Estas estructuras mantienen a los peces confinados en espacios reducidos, facilitando su alimentación y su posterior cosecha (Coche 1976, Beveridge 1987).

En la actualidad, Brasil es considerado el mayor productor de tilapia en sistemas en jaulas en América Latina. Este país cultiva unas 5 variedades de tilapia roja, con una producción anual estimada de unas 80,000 toneladas; mientras que México produce aproximadamente unas 6,000 tons., de acuerdo con reportes del 2003. En los sistemas en jaulas, es posible mantener densidades más altas de peces, en comparación con los cultivos en estanques; por ejemplo, en jaulas de dimensiones de 6 x 6 x 2.5 m, instaladas a profundidades de 2.5 m, como las que se utilizan en algunas presas, se pueden manejar densidades de hasta 100 peces/m<sup>3</sup>. Por otra parte, los peces cultivados en jaulas flotantes o fijas, dependen casi exclusivamente del alimento balanceado que les es proporcionado. Se estima que pueden ocurrir pérdidas de alimento no consumido desde un 10 hasta un 30%, cuya pérdida depende de varios factores como el comportamiento alimenticio, la estabilidad del alimento en el agua, el método de distribución, las horas de alimentación y el estado de salud de los organismos. Sin embargo, además de los restos de alimento, es importante considerar los desechos de excreción de los peces, tanto dentro como en los alrededores de las jaulas.

## Objetivos

El objetivo de la presente investigación fue efectuar una evaluación preliminar de la contribución de los desechos nitrogenados de peces cultivados en jaulas en la laguna de Tres Palos, al proceso de eutrofización de la misma.

## Metodología

Se solicitó información a dependencias oficiales como el Ayuntamiento Municipal y Conapesca, sobre la producción de peces en jaulas en esta laguna costera, durante los años 2010 y 2013. De esta manera, se obtuvieron datos de un total de 7 sitios en los cuales fueron colocadas jaulas fijas o flotantes construidas con malla de mosquitero o alquitranada.

El número promedio estimado de peces sembrado por m<sup>3</sup> fue de 74. El periodo de tiempo evaluado fue de una cosecha = 180 días (6 meses), y para estimar la producción final, se consideró una mortalidad natural de un 10% de la población en cada sitio a lo largo del cultivo. El peso promedio alcanzado por los peces al final de la cosecha, se estimó en 450 g. A partir de información bibliográfica, se calculó una tasa de excreción promedio de nitrógeno total de 150 mg/Kg/día, para las tilapias cultivadas. Esta tasa fue utilizada para estimar la cantidad en kg, de amonio total excretado por los peces en cada localidad.

## Resultados

De acuerdo a nuestros resultados, en el año 2010 se instalaron un total de 102 jaulas en 7 sitios dentro de la laguna de Tres Palos; el número total de peces sembrados en ese año fue de 61,139 y los mayores volúmenes se ubicaron en las estaciones de Plan de los Amates y El Quemado (Tabla 1).

La producción total estimada para este tipo de cultivo, fue de unas 27.5 toneladas de peces en este año. Las concentraciones de nitrógeno total excretadas en cada uno de los sitios de cultivo, fue directamente proporcional a la cantidad de peces presentes en las jaulas ( $P < 0.05$ ).

Localidad	J. m <sup>3</sup>	Peces	Tons.	N Kg/d	N Total
El Quemado	24	14,385	6.47	0.97	174.8
La estación	18	10,789	4.86	0.72	131.1
Las Playas	12	7,193	3.24	0.48	87.39
Varadero	6	3,596	1.62	0.24	43.69
Barra Vieja	6	3,596	1.62	0.24	43.69
Plan de los Amates	30	17,982	8.09	1.21	218.48
Aeropuerto	6	3,596	1.62	0.24	43.69
<b>Total =</b>	<b>102</b>	<b>61,137</b>	<b>27.52</b>	<b>4.13</b>	<b>742.84</b>

**Tabla 1** Volúmenes de peces cultivados en jaulas, en distintas estaciones de la laguna de Tres Palos durante el 2010, y cantidades de nitrógeno total excretado en Kg.

Para el año 2013, el número de jaulas en algunos sitios como Las Playas y El quemado se incrementó de manera significativa (Tabla 2); aunque el número de estaciones se redujo a 5 en este año. El número total de peces fue de 213,070, y representó un incremento de más del 300%, con respecto al año 2010.

Debido a esto, la cantidad de nitrógeno total excretado en cada uno de los sitios de cultivo, fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en este último año, alcanzando las 2.32 toneladas al final de los 6 meses de cultivo considerados (Tabla 2).

Localidad	J. m <sup>3</sup>	Peces	Tons.	N Kg/d	N Total
Las Playas	62	41,200	16.69	2.50	450.52
El arenal	30	20,000	8.10	1.22	218.70
El Quemado	38	25,600	10.37	1.56	279.94
Plan de los Amates	167	111,280	45.07	6.76	1216.85
El Manglito	22	14,990	6.07	0.91	163.92
<b>Total =</b>	<b>319</b>	<b>213,070</b>	<b>86.29</b>	<b>12.94</b>	<b>2,329.92</b>

**Tabla 2** Volúmenes de peces cultivados en jaulas, en distintas estaciones de la laguna de Tres Palos durante el 2013, y cantidades de nitrógeno total excretado en Kg.

## Discusión

Es señalado que la capacidad máxima de carga de un cuerpo de agua, limita el volumen de peces que pueden ser cultivados. Cuando se siembran demasiados peces y se alcanza la máxima capacidad de carga del sistema, se observa un incremento del estrés, reducción en la eficiencia de conversión alimenticia, la aparición de enfermedades y el incremento de la mortalidad.

Se considera que por lo general, se requieren unos 1,000 m<sup>2</sup> de superficie de agua, para mantener unos 400 kilogramos de peces.

En este sentido, no obstante que la laguna de Tres Palos por sus dimensiones (5,500 ha), tiene la capacidad en cuanto a volumen se refiere, de poder soportar estas cargas adicionales de peces cultivados, las condiciones ambientales dentro de la misma no son iguales en todos los sitios. Por lo que es importante efectuar estudios previos de los lugares en los cuales se planea la instalación de las jaulas, para evitar problemas de bajas concentraciones de oxígeno disuelto y acumulación excesiva de material orgánico en el fondo.

Por otra parte, cuando se manejan grandes densidades de peces en un mismo sitio, la producción de heces y metabolitos productos de la excreción, se incrementan de manera significativa. Estudios experimentales con trucha arco iris, indican que la cantidad de sólidos y metabolitos orgánicos están directamente relacionados con la cantidad de alimento agregado, estimando que por cada kg de alimento consumido, se producen hasta 260 g de heces.

Los constituyentes más importantes de las heces son compuestos que contienen carbono, nitrógeno y fósforo (carbohidratos, lípidos y proteínas), pudiendo encontrarse otros como vitaminas, hormonas, y antibióticos.

Las excreciones de los peces se componen principalmente de urea y amonio. La materia particulada (heces y restos de alimento) pasan al sedimento, donde ocurren procesos físicos de fraccionamiento y biológicos de remineralización. El amonio es uno de los productos de excreción más importantes en la orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento bastante tóxico (Boyd y Tucker 1998).

Se considera que la toxicidad del amonio en forma no ionizada ( $\text{NH}_3$ ), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta, como la registrada regularmente en las lagunas costeras tropicales (28 a 30 °C o mayores). Se considera que los valores de amonio en los cultivos, deben fluctuar entre 0.01 a 0.1 ppm (valores cercanos a 2.0 son considerados como críticos). Una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño a las branquias, afectación del balance de sales, lesiones en órganos internos, susceptibilidad a enfermedades y reducción del crecimiento y la supervivencia.

La prolongada exposición (varias semanas) de los organismos acuáticos, a concentraciones de amonio no ionizado por arriba de 1.0 mg/l, puede ocasionar mortalidad, especialmente en los alevines y juveniles en aguas con bajo contenido de oxígeno disuelto (Boyd y Tucker 1998).

Aunque en algunas especies, especialmente nativas, esta mortalidad puede aparecer con concentraciones tan bajas como 0.2 mg/l.

Por lo general, la gran mayoría de los peces, dejan de alimentarse cuando los niveles de amonio no ionizado son aún bajos (0.08 mg/l). No obstante, que no fueron medidas las concentraciones de amonio en cada uno de los sitios en los cuales fueron instaladas jaulas de peces durante los años de cultivo en la laguna de Tres Palos, las altas cargas de nitrógeno total estimadas en cada uno de ellos (Tabla 1 y 2), indican que las condiciones ambientales tanto para los peces cultivados como para los residentes, debieron ser bastante adversas, dadas las características de este altamente tóxico compuesto nitrogenado. Los peces cultivados en jaulas, dependen en un mayor grado del alimento balanceado que les es proporcionado de manera constante durante toda la fase de cultivo.

Algunos estudios realizados en granjas de trucha, indican que la pérdida de alimento no consumido se encuentra entre el 10 y el 30%; en tanto que en granjas de salmón, la pérdida es del 20% y en estanquería de camarón del 10%. En la India, se estimó que solo el 16% del alimento consumido se convirtió en biomasa, mientras que el porcentaje restante (heces, excreciones y alimento no consumido), llegó al ambiente. Datos sobre la cantidad de alimento proporcionado a los peces durante los 6 meses de cultivo en el 2010, indican que unas 96 toneladas fueron proporcionadas a los peces en ese año, de las cuales, unas 10.4 toneladas pudieron no haber sido consumidas por los peces y fueron depositadas en el sedimento de los sitios de cultivo.

Por otro lado, si se considera que por cada kg de alimento consumido, se producen hasta 260 g de heces como se mencionó anteriormente, es posible estimar que unas 22 toneladas de heces fecales adicionales fueron depositadas ese año dentro de la laguna.

### Conclusión

La laguna de Tres Palos, es considerada como un sistema altamente eutrofizado, debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de unidades habitacionales construidas en sus márgenes o en zonas de humedales que comunican con la laguna. Por lo que el incremento de productos nitrogenados provenientes de la orina y las heces fecales de los peces cultivados, así como del alimento que no es consumido, contribuyen a incrementar el grado de deterioro ambiental que sufre actualmente esta importante laguna costera del estado de Guerrero.

### Referencias

Camacho B., E. Luna y M. A. Moreno. 2000. Guía para el cultivo de tilapia *Oreochromis* spp. (Günter 1984). Semarnap. 136 p.

Coche G. 1976. A general review of cage culture and its application in Africa FAC. Tech-confer. On Aquac Kioto, FIR AQ/conf/76E.72: FAO Rome 33 p.

Beveridge M. 1987. Cage aquaculture. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England.

Boyd C. E. y C. S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA. 700 p.

Morales A. 1991. La tilapia en México. Ed. AGT Editor, S. A. Primera Edición, 186 p.