

Quinta Época. Año XIII. Volumen 25. Julio-diciembre del 2009.

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ACUACULTURA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA LA REGIÓN NORTE, NORESTE Y NOROESTE DE MÉXICO

César A. Hernández Barraza<sup>1</sup>, Gabriel Aguirre Guzmán<sup>2</sup>, David G. López Cantú<sup>2</sup>

### Aquaculture production systems with recirculation system in the North, Northeast and Northwest of Mexico

#### ABSTRACT

Aquaculture is expanding and developing in practically all the regions of the world. The demand of the world-wide population by aquatic products is increasing, whereas the production from capture of fisheries has been being reduced, reaching many of them their maximum productive potential. As result of, sustaining fish supplies from capture fisheries it will not be possible to meet the growing global demand for aquatic food. Therefore, the aquaculture seems to have the potential to make a significant contribution to the production of these foods, in order to meet the growing population demand. Nevertheless, in order to accomplish it, the producer faces critical challenges. The development of these activities intensifies substantially, and requires to be diversified, producing new species and creating new systems and practices of production. The production systems of aquatic animals, particularly those based on technologies of water recirculation, appears to be an excellent alternative for producing, in regions of the North of Mexico, in where the water is scarce.

**Key words:** Aquaculture, word wide population, aquatic food.

#### RESUMEN

La acuicultura se está expandiendo y desarrollando en prácticamente todas las regiones del mundo. La demanda de la población mundial por productos acuáticos está incrementando, mientras que la producción por captura de las pescaderías se ha reducido, alcanzando muchas de ellas su máximo potencial productivo. Como consecuencia, no será posible en el corto plazo, sostener el suministro u oferta de productos acuáticos, dirigida a una población que constantemente crece y demanda pescado y marisco.

La acuicultura entonces, parece tener el suficiente potencial para realizar una significativa contribución a la producción de estos alimentos, atendiendo de manera efectiva, la demanda de la población. Sin embargo, con el propósito de lograrlo, el productor encara nuevos retos. El desarrollo de estas actividades se intensifica substancialmente, y requiere de diversificarse, produciendo nuevas especies y creando nuevos sistemas y prácticas de producción.

Los sistemas de producción de animales acuáticos, particularmente aquellos basados en tecnologías de recirculación de agua, prometen ser una excelente alternativa y más aún en regiones del Norte de México, en donde el agua es escasa.

**Palabras Clave:** Acuicultura, población mundial, alimentos acuáticos.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Candidato a Doctor por la Universidad de Arizona. Cahernan@email.arizona.edu.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Profesores de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tamaulipas, México.

## INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de producción de pescado y marisco, es cada día mayor y el producto cada vez más insuficiente. La acuicultura, es relativamente una economía joven e innovadora con altas tasas de crecimiento y perspectivas de producción seguras. El futuro de la producción de peces, requiere el uso de agua tan económico como sea posible, rehusándola y eliminando a su vez, residuos que puedan afectar el crecimiento y desarrollo de los peces. Por otra parte, las demandas de legislación ambiental, son también cada vez mayores, reduciendo con ello las posibilidades de producir en sistemas abiertos en los que no hay un adecuado control del medio ambiente. En otras palabras, las granjas de peces ya existentes enfrentan la necesidad de encontrar sistemas de purificación de sus aguas residuales. Esto acelera el desarrollo de sistemas de producción intensivos, con sistemas del ahorro del agua para la producción de peces, que no dependan de factores ambientales naturales, sobre todo en aquellas regiones donde el agua es más escasa.

La producción en sistemas cerrados con recirculación de agua, ofrecen un ambiente más eficiente y controlado para los peces. Los costos no son elevados y proporcionan buenos dividendos. En estos sistemas el agua de desperdicio cargada con subproductos metabólicos de los peces y/o mariscos, se recicla con purificación biológica y física, reutilizándola en más de un 90%.

Es indudable que los Estados del Norte, Noreste y Noroeste de México, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, Durango, Sonora y Tamaulipas en su conjunto, pueden tener una participación activa muy significativa en la producción de la acuicultura. Más aún, considerando que tanto Sonora como Tamaulipas poseen amplia experiencia en el ramo pesquero, lo que fortalecería el inicio de estas actividades en los otros Estados Norteños.

La acuicultura consiste en el cultivo y producción de animales y plantas acuáticas en agua dulce, salobre o agua marinas bajo condiciones controladas y/o semi-controladas, en donde interviene la mano del hombre. Los principales organismos acuáticos producidos son peces, moluscos, crustáceos y otros invertebrados, mientras que las plantas acuáticas son producidas en un ambiente marino, salobre o agua dulce.

La acuicultura es una actividad que abarca muy variados aspectos y una amplia gama de especies, sistemas y prácticas y resulta indudable que a pequeña escala, promueve el desarrollo socio-económico y cumple los objetivos de producción de alimentos, generación de ingresos, y provisión de empleo para los agricultores de escasos recursos.

Esta actividad productiva, se presenta hoy, como una nueva alternativa de producción para el sector agropecuario con excelentes perspectivas. Sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo, que optimice los sistemas de producción y transformación de las diversas especies acuícolas, en específico para la región Norte de México.

Es importante además puntualizar, que el sector acuícola es considerado en la actualidad, como un sector prioritario y estratégico para el suministro de alimentos, el abasto de insumos a la agroindustria y la generación de recursos, empleos e ingresos en México. Prueba de ello es el fortalecimiento e impulso otorgado a este sector, a través de la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS), que entró en vigor el 22 de Octubre del año 2007, y que establece que la actividad pesquera se eleva a rango de asunto de seguridad nacional, siendo así, que la federación, estados y municipios comparten responsabilidades en los planes de desarrollo del sector pesquero y acuícola, así como en la inspección y vigilancia.

Este trabajo toca de manera breve la actual panorámica de la Acuicultura a nivel mundial y su destacada importancia para México, con el fin de ofrecer al lector una idea más clara y cercana del impacto que tiene, para el sector productivo y los beneficios que ofrece a quienes se involucran en esta actividad.

Por lo anteriormente mencionado, se sugiere el desarrollo de actividades de la acuicultura como una alternativa de producción para los Estados del Norte de nuestro País considerando por supuesto, el esfuerzo conjunto y la participación activa de productores, investigadores y autoridades Federales y Estatales, con el propósito de alcanzar no sólo resultados satisfactorios sino también de corto plazo.

### **ANTECEDENTES**

La acuicultura cada vez gana mayor prominencia dentro de la producción pesquera. De 1998 al 2007, la producción acuícola aumentó casi en un 140%. En México, dicha actividad también se ha instalado como una alternativa a la pesca tradicional. México, en el ámbito mundial, cuenta con posiciones destacadas en algunas especies. Por ejemplo, se encuentra entre las primeras cinco naciones productoras de mojarra, tiburón, cazón y ostión; en camarón, sardina y anchoveta, tiene el sexto lugar; en carpa, el séptimo, y en tumbidos el octavo, según reportes de Gaceta Universitaria, (2001).

La actual dimensión económica de esta actividad, ofrece nuevas oportunidades de inversión y la creciente posibilidad de desarrollar estrategias para la creación de más oportunidades de empleo al uso eficiente de recursos naturales y a las oportunidades en inversión productiva. La acuicultura también contribuye cada vez más tanto al comercio local como al Internacional. En los últimos años, debido a los problemas con los que se ha encontrado la pesca extractiva y al incremento de la demanda mundial de productos pesqueros, el sector ha provocado un crecimiento paulatino y firme de la acuicultura la cual se encuentra en plena expansión. El crecimiento del sector acuícola se refleja no sólo en el incremento de las toneladas de producción de las especies tradicionales, sino también en el número de nuevas especies cultivadas.

La demanda mundial de productos pesqueros se ha duplicado en las últimas tres décadas por el incremento de la población y por un aumento en el consumo per cápita de pescados y mariscos, que ha pasado de 11 Kg/persona/año en 1970 a casi 20 Kg en el 2007. Este incremento es notable debido a la difícil situación económica que vive México. Conapesca (2008).

La flexibilidad tecnológica de esta actividad, permite lograr una eficiente factibilidad técnica y económica considerando deferentes niveles de intensidad de producción, sea este intensivo, semi-intensivo o extensivo.

Mientras que insumos de alta calidad son utilizados en grandes cantidades en la acuicultura intensiva, permitiéndole altos rendimientos productivos, la acuicultura extensiva puede a su vez, emplear fertilizantes y alimentos suplementarios de calidad inferior y en menor cantidad, lo que aún que resulta en un menor rendimiento en la escala de producción, permite una reducción significativa de los costos de producción.

## PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS

La acuicultura mundial ha crecido enormemente durante los últimos 50 años, de una producción de menos de 1 millón de toneladas en los inicios de los 50's a 59.4 millones de toneladas en el 2004. Este nivel de producción ha sido valuado en 70 billones de dólares. De este total, 69.6% que representa 41.34 toneladas, fue producido en la República de China y el 21.9% el resto de Asia y región del Pacífico, 3.5% el Oeste de Europa, mientras que su región este y centro únicamente 0.4%. Latinoamérica y el Caribe representaron un 2.3% y Estados Unidos 1.3%.

Tomando en cuenta una proyección sobre el crecimiento de la población mundial, es estimado que al menos un adicional de 40 millones de toneladas de alimento de origen acuático, será requerido para el año 2030 para mantener el consumo per cápita. (NACA/FAO, 2001).

En Latinoamérica y el Caribe más del 65% de la producción de acuicultura, fue alcanzada, únicamente con la introducción de especies en el 2004. Esto incluye una amplia producción de salmón, trucha, tilapia y carpa. Adicionalmente la producción de *P. Vannamei* en países no considerados del pacífico, puede ser considerada como introducida. Esto incluiría la producción de *P. Vannamei* en Brasil (76,000 toneladas en el 2004).

La acuicultura crece y se desarrolla con mayor rapidez que los demás sectores de la población de alimentos de origen animal. En el ámbito mundial el sector ha aumentado en promedio 9.2% anual desde 1970, frente al crecimiento de solo 1.4% registrado en la pesca de captura y el 2.8% en los sistemas terrestres de producción de carne.

Durante las últimas tres décadas, la acuicultura ha crecido, se ha diversificado e intensificado y registrando grandes adelantos tecnológicos. El potencial de estos avances para el crecimiento económico, el comercio, la mejora de los niveles de vida y para incrementar la seguridad alimentaria, han sido reconocidos por la FAO en su Declaración y Estrategia de Bangkok, que subraya que debe continuarse con su desarrollo hasta ofrecer todo su potencial a la humanidad.

En resumen, en los últimos años, la producción mundial pesquera se elevó, gracias al rubro acuícola que creció a un ritmo más rápido que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. De esta manera peces y mariscos están constituyendo una fuente vital de alimento para la población, particularmente en regiones donde las provisiones son limitadas. De acuerdo con Avilés y Vásquez (2006), los mariscos aportan menos del 10% de la proteína consumida en Norteamérica y Europa, pero representan 17% en África 26% en Asia.

Con respecto del consumo, Estados Unidos es el mayor consumidor, importando anualmente más de 11,000 millones de dólares de productos marinos.

El consumo de mariscos ha crecido 40 millones de toneladas en 1970 a 86 millones en 1998, y se pronostica que alcance los 110 millones de toneladas en el 2010. Este aumento es debido en gran parte al crecimiento de la población mundial.

De acuerdo con Avilés y Vásquez (2006), la acuicultura se ha convertido en un factor importante para mejorar la seguridad alimentaria, elevar los estándares nutricionales y aliviar la pobreza y economía de los países en desarrollo.

La contribución de la acuicultura al total de la producción acuática mundial fue alrededor de 45.5 millones de toneladas, sin considerar plantas acuáticas. De acuerdo con proyecciones de la FAO, (FAO, 2002), se estima que sostener el consumo per cápita global, la producción de la acuicultura necesitara alcanzar 80 millones de toneladas para el 2050.

La acuicultura en México ha sido desarrollada en forma muy variada, en la mayoría de las regiones del País, utilizando diversas prácticas y sistemas de producción, desde intensivo, semi-intensivo y extensivo. En jaulas, líneas suspendidas, estanques, canales, estanques de concreto y otras.

La actividad acuícola está particularmente basada en las siguientes especies: Carpa china, bagre, tilapia, trucha, langostinos, ostras japonesas, mejillones y cinco especies nativas camarón blanco del pacífico, ostra americana, abulón, almejas, y langostinos. Semarnat (2005). México se encuentra actualmente entre los países de mayor producción acuícola en América. Para el año 2002, se registró un ingreso de más de \$3, 309 millones de pesos por acuicultura, producto de 45, 853 toneladas de camarón blanco del pacífico, 91,434 toneladas de peces de agua dulce (mojarra, carpa, trucha, lobina y charal) y 48.878 toneladas de ostión. (Conapesca, 2004).

La conservación y reúso del agua por otra parte, ha llegado a ser en los últimos años, uno de los temas de mayor relevancia dentro de la Acuicultura. Una de las estrategias de manejo para incrementar su eficiencia, es el empleo de sistemas de recirculación de agua. Dichos sistemas no solo son importantes debido a su eficiencia en la utilización del agua, sino además, debido a que existe un mayor control del medio ambiente haciendo posible manipular la temperatura, el oxígeno disuelto, el fotoperiodo y la claridad del agua. Como consecuencia del control ambiental, la producción se ve incrementada, mejora la conversión alimenticia y los costos por tratamiento de enfermedades se ven reducidos, lo que maximiza los beneficios. (Summerfelt y et al, 2002).

La reducción de los flujos de agua (intercambio y drenaje), en unidades de cultivo de productos acuáticos, tiene particular importancia en proyectos de pequeña y mediana escala y más aun en zonas en donde el agua es escasa. Aunado a ello, las unidades productivas, pueden ser establecidas cerca del mercado, lo que las hace más atractivas.

Generalmente, los sistemas de recirculación se implementan de acuerdo con la(s) especie(s) que se pretende(n) producir. Su elección dependerá por ejemplo, si la especie a cultivar es de agua fría, caliente, dulce y/o salina y si se producirá únicamente una especie o varias en el mismo sistema como es el caso de los policultivos.

La investigación en sistemas de recirculación de agua ha dado un gran salto en los últimos años, con respecto de la tecnología y comprensión en el manejo de la calidad de agua. Uno de los sistemas mayormente empleado es el uso de tanques circulares de fibra de vidrio. Estos sistemas, reducen el tiempo de residencia del agua e incrementan la eliminación de desperdicios y restos de alimento de los tanques, los cuales reciben un tratamiento especial en otras unidades del mismo sistema.

Un sistema de recirculación es esencialmente un sistema cerrado que implica tanques para peces, filtros y sistemas de tratamiento de agua. Los peces son colocados en tanques en los que el agua es recambiada continuamente para garantizar las condiciones de óptimo crecimiento. El agua que es bombeada dentro de los tanques, pasa a través de sistemas de filtración biológica y mecánica antes de ser retornada a los tanques.

**Componentes del sistema:**

Los componentes del sistema incluyen equipo que está directamente implicado en el cultivo de peces con sistema de recirculación. La mayoría de los sistemas están compuestos de los siguientes elementos:

Generador de oxígeno o fuente de aireación.- Los peces requieren oxígeno para sobrevivir y dado que las densidades de siembra en tanques son elevadas, algunas ocasiones se requiere contar con oxígeno líquido para agregar al sistema o bien, un generador de oxígeno para mantener los niveles adecuados.

Filtración mecánica.- El filtro mecánico, es utilizado para remover los sólidos suspendidos obtenidos de las heces y de alimento no consumido lo cual es importante para evitar que se tapen las tuberías además de que dichos sólidos consumen oxígeno, afectando su disponibilidad para los peces.

Filtración biológica.- Los peces producen amoníaco (NH<sub>3</sub>) y nitritos (NO<sub>2</sub>) como productos metabólicos, los que son tóxicos para ellos por lo que deben ser transformados en nitratos (NO<sub>3</sub>) para reducir su peligrosidad. Esto ocurre a través de los biofiltros puesto que establecen colonias de bacterias denominadas nitrosomonas y nitrobacter, las que intervienen en el ciclo del Nitrógeno.

Esterilización.- El agua pasa a través de filtros con rayos ultravioleta o con ozono, que destruyen patógenos, parásitos y enfermedades que puedan estar presentes.

Calefacción y enfriamiento.- Las diferentes especies cultivadas, tienen diferentes requerimientos de temperatura que deben ser satisfechos para obtener rangos de crecimiento óptimo. Los sistemas dentro de edificios como invernaderos, prevén la pérdida o ganancia de calor hacia o del exterior y ayuda a mantener la temperatura ambiente ideal.

Luz.- Debido a que los peces se encuentran confinados dentro de edificios, la luz artificial es fundamental para dar a los peces la impresión de día y noche según se requiera con el fin de estimular su crecimiento.

Tanques.- El tamaño de estos tanques deberá ser para 5000 o 10,000 litros de agua, hechos de material plástico o fibra de vidrio.

Bombas y tubos.- Estos son requeridos para mover el agua dentro del sistema, por lo que resulta importante considerar el tamaño correcto, de tal forma que permita el adecuado flujo de agua a través de los tanques.

**Principales parámetros de evaluación:**

Los parámetros fisicoquímicos del agua son de vital importancia en el cultivo de especies acuáticas, debido a que afectan de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, los rendimientos por unidad de área, la productividad primaria y el manejo de las diferentes especies (Klontz, 1991). A continuación se describen algunos de ellos.

Oxígeno disuelto.- Considerada por muchos la variable de mayor importancia en la calidad de agua y la cual dependerá en mucho de la temperatura, densidad, alimentación y aireación instalada en el sistema de recirculación. Los niveles deberán ser mantenidos en no menos que 4 mg. dado que afectarían el buen desarrollo de los peces.

PH.- Este parámetro es de gran importancia y representa la concentración de iones de hidrógeno en el agua y su rango oscila entre 6.5 y 9 dependiendo de la especie a cultivar. El PH en un sistema de recirculación, tiende a declinar debido al CO<sub>2</sub> presente producido por la respiración de los peces y las bacterias dentro del sistema de biofiltro.

Alcalinidad y dureza del agua.- La alcalinidad se refiere a la cantidad de carbonatos y bicarbonatos en el agua y dureza a la concentración de calcio y magnesio, dado que estos elementos se unen, la alcalinidad y dureza se encuentran en gran medida interrelacionadas.

Las aguas entonces son categorizadas de la siguiente manera:

0 75 mg/l Suave

75 150 mg/l moderadamente dura

150 300 mg/l dura

Más de 300 mg/l muy dura

Es recomendable que los niveles de alcalinidad y dureza se mantengan por encima de los 50 mg/l.

#### **Aspectos de evaluación y análisis de los sectores productivos en México:**

En un detallado análisis del desarrollo de los sectores ganadero, pesquero y acuícola de México, con base a las cifras reportadas de manera oficial a través del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2008), es posible observar que en la producción por sectores, se muestra con mayor intensidad el sector acuícola, con no únicamente una producción anual marcadamente creciente, sino además sumamente significativa. La información de la producción, considera un periodo de análisis y evaluación de 10 años (1998-2007), con el propósito de examinar adecuadamente, el comportamiento del sector pecuario en sus diferentes especies ganaderas y el sector pesca, con especificidad en el sector de acuicultura. La perspectiva económica marcada por analistas de los sectores público y privado, indica que la economía nacional mantendrá un incremento moderado superior al 3% esperándose un mercado cambiario estable y un entorno financiero que posibilitará significativamente la inversión.

Todo lo anterior deberá verse acompañado por un crecimiento del empleo formal y los salarios, aunado a lo cual se pronostica que las remesas familiares procedentes del exterior también se mantendrán elevadas, lo que significa una demanda creciente de alimentos dentro de los cuales figuran como productos principales demandados, aquellos que provienen de la acuicultura. Los resultados arrojados en el presente estudio, muestran un crecimiento en términos generales de entre 1 y 3% para los productos como carne de bovino, porcino, de pollo, de ovino, con un crecimiento de este último sumamente significativo. A esta evaluación se sumó la producción lechera, cuyos incrementos anuales han sido en términos generales entre el 1 y 2%, mostrando un descenso muy importante de alrededor del 9% en el 2005, comparado con el año anterior (2004). La producción acuícola en contraparte muestra una participación muy activa en la producción, con un incremento sostenido anual, por encima del 5%, lo que proporciona una idea clara del rumbo que está tomando esta actividad y de su importancia para México. Es de notarse que la Acuicultura sufre una crisis en el 2002, debido principalmente a problemas de mortalidad por enfermedades del camarón, baja de precio en los mercados, competencia con camarón asiático, desfasamiento en la aplicación de los créditos y la falta de esquemas de aseguramiento de producciones (cuadro 1).

El análisis de la producción, muestra claramente que los incrementos en la producción de la acuicultura son sostenibles y se expresan por encima de otras actividades de la Industria cárnica como la producción bovina y porcina, salvo el periodo 2002 en el que se ve reducido el volumen de la producción por los factores mencionados con anterioridad (Ver fig. 1).

En el mismo análisis, se observa una marcada diferencia en los porcentajes de incremento de la producción de las especies acuáticas, siendo en esta ocasión comparada dicha producción con la industria de la carne de pollo y ovina (Ver fig. 2).

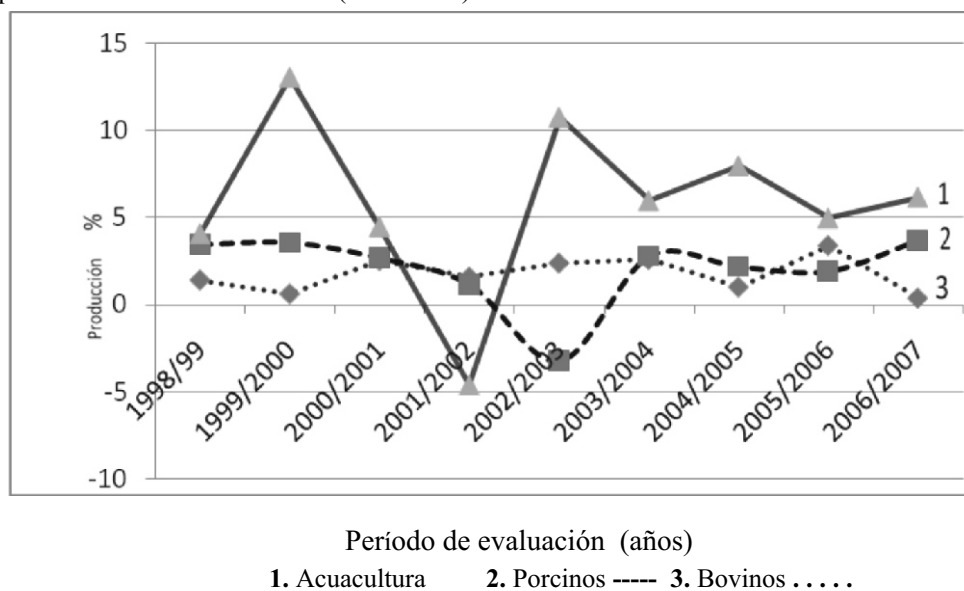
Al observar el comportamiento de la producción de la leche durante el mismo período productivo en la (figura 3), se aprecia claramente una diferencia muy significativa entre el incremento porcentual de esta actividad y el incremento porcentual que sufre la Acuicultura y que sobrepasa fácilmente la producción láctea.

**Cuadro 1. Evolución de la producción de carne y leche en México (Periodo 1998-2007).**

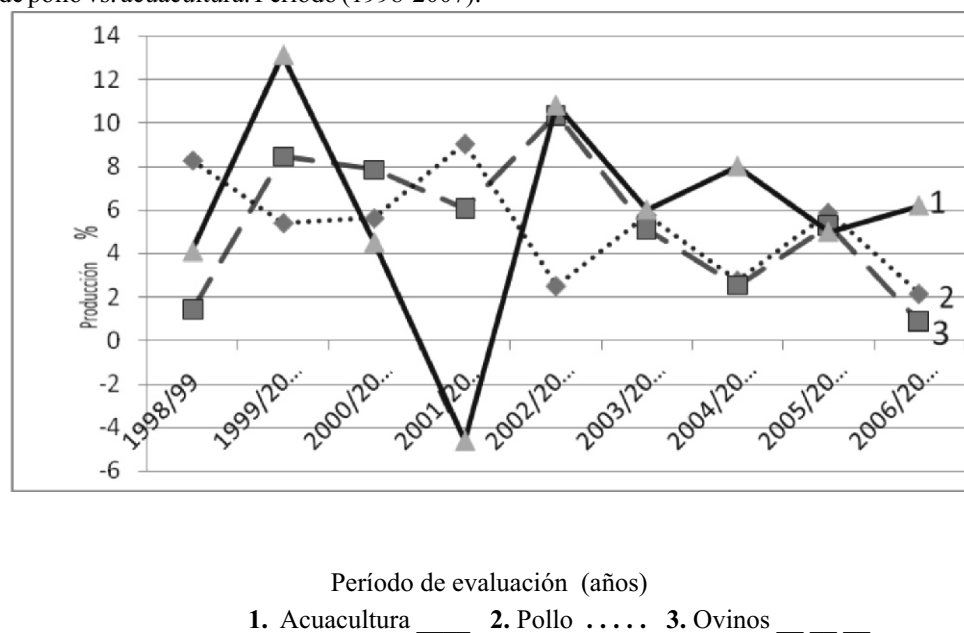
Año	Carne Bovina		Carne Porcina		Carne de pollo		Carne Ovina		Prod. de Leche		Acuicultura	
	Prod.	Increm	Prod.	Increm.	Prod	Increm	Prod	Increm	Prod	Incre	Prod	Incre
		%		%		%		%		%		
1998	1,379,768		960,689		1,598,921		30,466		8,315,711		159,781	
1999	1,399,629	1.43	994,186	3.48	1,731,538	8.29	30,785	1.4	8,877,314	6.7	166,336	4.1
2000	1,408,618	0.64	1,029,955	3.59	1,825,249	5.41	33,390	8.46	9,311,444	4.89	188,158	13.1
2001	1,444,621	2.55	1,057,843	2.7	1,928,022	5.63	36,011	7.84	9,472,293	1.72	196,723	4.5
2002	1,467,600	1.59	1,070,200	1.16	2,102,700	9.05	38,200	6.07	9,658,282	1.96	187,485	-4.6
2003	1,503,760	2.4	1,035,308	-3.26	2,155,581	2.51	42,166	10.38	9,784,355	1.3	207,776	10.8
2004	1,543,730	2.6	1,064,382	2.8	2,279,774	5.76	44,315	5.09	9,864,301	0.81	220,359	6
2005	1,559,742	1.03	1,087,814	2.2	2,344,669	2.76	45,436	2.52	9,854,805	(-).096	238,081	8
2006	1,612,992	3.4	1,108,942	1.94	2,463,798	5.88	47,834	5.27	10,088,551	2.37	250,379	5
2007	1,619,338	0.39	1,150,285	3.72	2,516,931	2.15	48,242	0.85	10,290,089	1.99	265,888	6.2



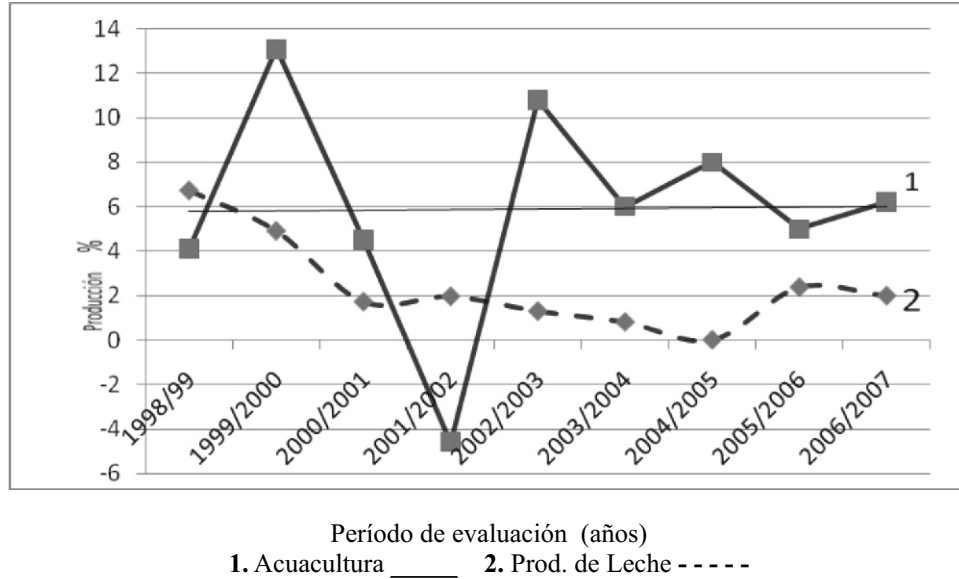
**Fig. 1.** Gráfica que muestra el comportamiento de la producción anual (en %) de carne bovina y porcina vs. acuacultura. Período (1998-2007).



**Fig. 2.** Gráfica que muestra el comportamiento de la producción anual (en %) de carne ovina y de pollo vs. acuacultura. Período (1998-2007).



**Fig. 3.** Grafica que muestra el comportamiento de la producción anual (en %) de producción de leche vs. acuicultura. Período (1998-2007).



De acuerdo con cifras de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca), 2005 la participación del Producto Interno Bruto pesquero respecto al PIB agropecuario, fue en el 2005 de 3.48% y frente al PIB nacional de 0.12% en el mismo año. Así también el valor de la producción pesquera nacional al cierre de 2007 fue de \$13'000'403, 265 pesos, cantidad que se mantiene constante desde 2003. En el ámbito de la acuicultura la Secretaría de Agricultura señala que el renglón más importante son las pesquerías especializadas, principalmente carpa, trucha, tilapia y camarón.

### JUSTIFICACIÓN Y PROPUESTA

La contribución de la acuicultura al desarrollo económico y social depende de una adecuada planeación de las actividades dentro del contexto del manejo del medio ambiente. Existe preocupación especial por el uso incontrolado de recursos hídricos continentales y la degradación rápida de la costa (Álvarez, 1996). Esto ha conducido a la búsqueda de sistemas de producción alternativos para un mayor aprovechamiento del agua, sobre todo en regiones en las que esta es escasa.

Debido a que 5 de las entidades de la zona Norte no poseen litoral lo que limita en cierto modo el uso de agua, la propuesta de la actividad de acuicultura está enfocada en el uso de pequeños cuerpos de agua (lagos y ríos) pero con mayor especificidad, al empleo de estanques con sistemas de recirculación de agua.

La región Norte, requiere desarrollar un tipo de producción y de productor diferentes a los del núcleo rural tradicional o campesino. Parte debido las condiciones geográficas y de dispersión de la población, y parte debido a la vecindad con las formas de producción y comercialización susceptibles de aprovechar con respecto del mercado norteamericano.

Esta propuesta considera el adecuado aprovechamiento de los programas de apoyo al sector productivo rural de nuestro País. Ejemplo de ello, es el programa nacional para la ayuda rural de la acuicultura, cuyo objetivo es la promoción de los proyectos de inversión de pequeña y mediana escala apoyando a productores rurales para la creación de las unidades integrales que compitan dentro de la industria pesquera. Este programa, coordina las acciones del gobierno estatal, para la creación de fondos económicos para satisfacer los requisitos de productores de bajos ingresos con asistencia técnica, entrenamiento, estudios, infraestructura (nuevos edificios y rehabilitación), equipo y otros conceptos (Sagarpa, 2004).

Es primordial mencionar que como toda actividad productiva, la acuicultura tiene riesgos y amenazas pero también oportunidades, las cuales que deben ser consideradas y más aún al incursionar en esta actividad sin contar con una experiencia profunda del ramo. Algunos aspectos importantes se señalan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Oportunidades y amenazas que se presentan en la actualidad para el desarrollo de actividades dentro de la acuicultura, en especial aquellos estados del Norte que no poseen abundante experiencia.

**Oportunidades:**

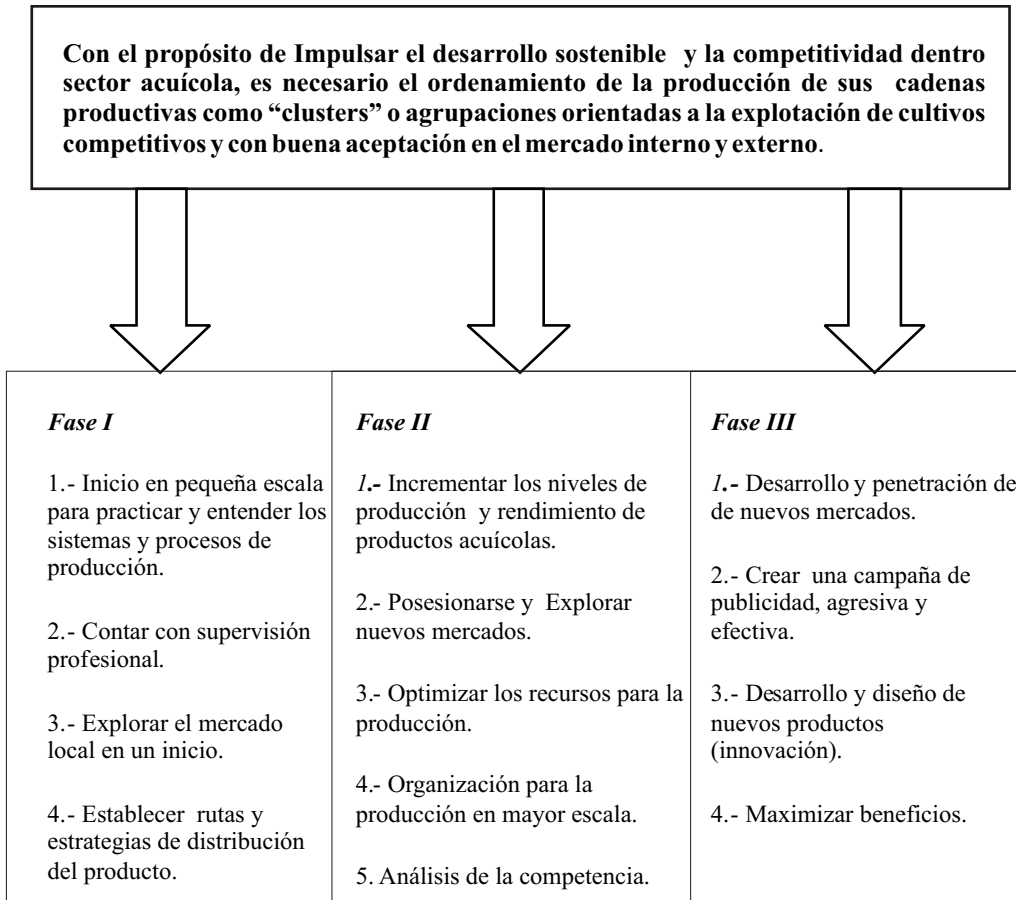
- Creciente demanda de productos acuícolas.
- A nivel mundial, las pescaderías están en su máxima sustentabilidad.
- La población mundial es de más de 6.6 billones de personas y está creciendo en forma exponencial.
- Las preferencias de los consumidores están cambiando de carne roja a carne blanca.
- Mayor grado de rentabilidad sobre otras actividades económicas agropecuarias.
- Políticas gubernamentales de impulso a la producción acuícola están ahora presentes.

**Riesgos y Amenazas:**

- ✓ Escaso conocimiento del control y tratamiento de enfermedades de la acuicultura en algunas regiones del Norte de México.
- ✓ Penetración al mercado interno de productos asiáticos a precios competitivos debido a la innovación y desarrollo tecnológico.
- ✓ Sobre costos debido a la implantación de restricciones sanitarias y laborales en el mercado (especialmente el de exportación).
- ✓ Dificultades en la organización para la producción y comercialización de especies cultivadas.

Para bien de contrarrestar los posibles efectos adversos de incursionar por primera vez en explotaciones acuícolas, es imprescindible realizar un análisis detallado de la región Norte, Noreste y Noroeste para evaluar productos, procesos y mercados, de tal manera que se consiga reducir el riesgo y la incertidumbre empresarial y se logre además, aumentar las posibilidades de factibilidad tanto técnica como económica de las explotaciones acuáticas. Para ello se proponen tres fases, las cuales se indican en la figura 2.

**Fig. 2.** Estrategias de producción para el inicio de actividades de la Acuicultura en las en las Entidades que no poseen amplia experiencia.



### CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Este proyecto, propone la idea de desarrollo de la acuicultura en la zona Norte, Noreste y Noroeste de México, con énfasis en los estados de Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León y Durango, como una alternativa de producción que presume ser efectiva. Bajo este concepto, es determinante, una evaluación detallada del tamaño de la inversiones, los costos de producción, los diversos insumos requeridos y los sitios adecuados considerando cuerpos de agua y suelos de las respectivas regiones y otros factores que deberán ser previamente bien evaluados.

El planteamiento de esta alternativa, se propone como un instrumento importante para el fomento de dicha actividad productiva, a pequeña y mediana escala. Ello contribuiría sin duda alguna y de manera significativa a la producción de alimentos en áreas donde aun existe un alto grado de marginación.

La acuicultura, es una actividad que puede ser desarrollada como una alternativa de producción adecuada y encaminada a mejorar la condición económica de quienes se vean involucrados en ella, con la intención de elevar sus estándares de calidad de vida ofreciendo además en el mercado local un producto fresco y sin riesgo de contaminación.

En la actualidad, existe la posibilidad de ser infectado a través del consumo de peces parasitados o bien que han sido expuestos a contaminantes que provienen de la industria y que son arrojados en estanques, ríos o lagunas. Esto definitivamente puede ocurrir, cuando se consume peces o mariscos que han sido capturados directamente de ríos, arroyos, lagos o el océano.

Una ventaja más de la acuicultura, es que permite controlar y regular de manera eficiente, importantes parámetros físico-químicos del agua en donde se cultivados los peces y mariscos como son: PH, oxígeno disuelto, temperatura y amoníaco, entre otros que requieren los peces para desarrollarse en óptimas condiciones.

Es de vital importancia e interés, evaluar los requerimientos de producción para cada una de las unidades productivas de acuerdo con su tamaño de operación, en las diferentes regiones del Norte y determinar a su vez el punto, en el cual es posible satisfacerlos considerando indicadores como rentabilidad, liquidez, relación beneficio-coste, VPN (valor presente neto), TIR (tasa interna de retorno y punto de equilibrio tanto económico como productivo. De esta manera habrá un adecuado Soporte para una mejor toma de decisiones que asegure que los recursos son efectivamente asignados en el escenario que mayor beneficio reditúa.

De la misma manera es de particular importancia demostrar que al menos dos alternativas son evaluadas y que la alternativa seleccionada es la más eficiente en términos de beneficio costo.

## **FUENTES BIBLIOGRÁFICAS**

1. Álvarez, T.P, 1996. Análisis de la problemática de la producción e investigación acuícola en aguas continentales en México. Memorias de la segunda reunión de la red nacional de investigadores para acuicultura en aguas continentales. REDACUI, Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de la Pesca.
2. Avilés Quevedo, Santiago y Vásquez Hurtado, Mariana (2006), "Fortalezas y debilidades de la acuicultura en México" en Patricia Guzmán Amaya y Dilio Fuentes Castellanos, Pesca, acuicultura e investigación en México, México, Cámara de Diputados, comisión de pesca, CEDRSSA, pp. 69-86.
3. FAO. 2002. Status of the world fisheries and aquaculture 2002. FAO. Rome. 150pp.
4. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), Rome, 2006 State of world aquaculture: Inland Water Resources and Aquaculture Service Fishery Resources Division Fisheries Department.

5. KLONTZ W.G., (1991), "Producción de trucha arcoíris en granjas familiares", Universidad de Idaho, USA, 88.
6. Ley General de pesca y Acuicultura Sustentables. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2007.
7. NACA/FAO. 2001. Aquaculture in the third millennium. R.P. Subasinghe, P.B. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium, Bangkok, Thailand. 20-25 February 2000. Bangkok, NACA and Rome, FAO. 471pp.
8. PRODUCE. (2003). Plan Estratégico Sectorial Multianual 2004 2006 Sector.
9. SAGARPA-SIAP: El Ingreso rural y la producción agropecuaria en México, (1989-2002), agosto 2003.
10. SAGARPA. 2002. Anuario Estadístico de Pesca 2001.
11. SAGARPA. 2004. Cuarto Informe de Labores 2004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.
12. SAGARPA. 2006. Anuario Estadístico de Pesca 2005.
13. SAGARPA. 2008 /\*cifras preliminares. Anuario Estadístico de Pesca 2007.
14. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2006. México, D.F., abril, Publicación número 13. [www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sembrando](http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sembrando).
15. SEMARNAT (2005), Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas ambientales, México.
16. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) con datos de la Comisión Nacional de Acuicultura y pesca (CONAPESCA), 2005.
17. Summerfelt, S; Wilton, G; Roberts, D & Savage, T. Developments in Recirculating Systems for Arctic Char Culture in North America. Proceedings of the Fourth International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, Virginia, 2002.
18. [www.nicovita.com.pe](http://www.nicovita.com.pe).

**\*(Artículo recibido en mayo del 2008 y aceptado para su publicación en febrero del 2009).**