

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

I.1. Cultivo de Camarón.

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (FAO, 2001). La tecnología utilizada en la acuicultura ha progresado a lo largo de muchos siglos pero lo ha hecho más rápidamente durante el último medio siglo. Entre los sistemas de acuicultura se encuentran unos muy sencillos, utilizados para los estanques de propiedad familiar en los países tropicales, donde la producción se destina al consumo doméstico, y otros de alta tecnología, resultado de una mayor comprensión de las interacciones complejas entre los nutrientes, las bacterias, los organismos cultivados y los avances en la hidrodinámica aplicados a la concepción de estanques, tales como los sistemas intensivos cerrados con recirculación de agua.

Mucha de la tecnología utilizada en la acuicultura en gran parte es relativamente sencilla, consiste en pequeñas modificaciones que mejoran las tasas de crecimiento y supervivencia de las especies seleccionadas, tales como el suministro de alimento, la adición de crías recolectadas en otros lugares, gestión del intercambio de agua para mantener niveles adecuados de calidad de agua y la protección contra depredadores a la población cultivadas (Baluyut, 1989).

I.1.1 Producción global

La industria acuícola continúa con un crecimiento superior a cualquier otro sector productor de alimento de origen animal. Globalmente, el sector ha crecido a una tasa promedio de 8.9% desde 1970, en contraste con el 1.2% de las pesquerías y el 2.8% para sistemas terrestres de producción de carne, en el mismo periodo.

La acuicultura se percibe como la actividad que tiene el mayor potencial para enfrentar la demanda creciente de alimento acuático. Las proyecciones sobre el crecimiento de la población en las próximas dos décadas, estiman que al menos unas 40 millones de toneladas de alimento acuático serán requeridas para mantener el

consumo per capita actual, lo que solo puede lograrse gracias al crecimiento de la acuacultura (FAO, 2006).

La producción por acuacultura sigue en crecimiento en términos de cantidad y su contribución relativa al suministro de alimento marino para consumo humano directo. Hoy en día, la acuacultura provee mas de un cuarto del suministro mundial de alimento marino y la FAO tiene expectativas de que será del 50% para el año 2030 (FAO, 2004).

I.1.2 Producción nacional

En México al igual que en la mayoría de los países, una de las actividades que ha adquirido gran importancia en los últimos años es la acuacultura, arrojando beneficios sociales y económicos los cuales a su vez se han traducido en una fuente de alimentación con un elevado valor nutricional (Álvarez et al., 2001).El cultivo de crustáceos, particularmente de camarón, ocupa un lugar preponderante debido a la importancia en términos del volumen económico que este recurso representa para la región del Noroeste del Pacífico Mexicano.

El cultivo de camarón representa el cultivo más tecnificado siendo además un producto con calidad de exportación (Álvarez y Avilés, 1995 en Álvarez *et al.*, 2001). En el año 2003 México tuvo una producción de camarón de 61, 704 toneladas (Figura 1) con un valor de 245, 591, 754 dólares EE.UU. (SAGARPA, Anuario Estadístico de Pesca 2003).

I.1.3 Producción estatal

Sonora en el 2007 contaba con una superficie de siembra de 18 mil 208 hectáreas aproximadamente (www.sonora.gob.mx), donde se obtuvieron producciones por arriba de las 68,510.3 toneladas de camarón de cultivo. Para el año 2008, la superficie de siembra fue de 21,038.8 ha, obteniéndose 81,311.5 toneladas de camarón de cultivo (www.cosaes.com).

I.2 Sistemas de cultivo

El cultivo de camarón se puede llevar a cabo en extensivo, semiintensivo e intensivo. El sistema de cultivo extensivo se realiza por lo general en estanques de cinco ó más hectáreas, a una baja densidad poblacional siendo de cuatro ó menos organismos/m³, no se le proporciona alimento suplementario al camarón, siendo la alimentación de una fuente natural, cabe señalar que a este sistema no se utiliza aeración y no se tiene control sobre los parámetros fisicoquímicos.

El sistema semiintensivos es aquel que se desarrolla en estanques más pequeños de alrededor de una hectárea, con una densidad poblacional de 10 a 25 organismos/m³ en este sistema se le proporciona alimento artificial a los organismos cultivados, también es necesario suministrar aeración para mantener las densidades características de este sistema y se le da seguimiento a las variables fisicoquímicas.

En el sistema intensivo se utilizan densidades de 30 a 100 organismos/m³, se proporciona alimentación suplementaria, se da seguimiento a las variables fisicoquímicas y un acondicionamiento diario de los estanques. Este último sistema se ha implementado con mayor interés debido en parte al incremento en la demanda del mercado mundial (Martínez, 1998).

Además, debido a los altos costos del agua y de la tierra han llevado al desarrollo de sistemas diseñados para mantener una alta capacidad biológica de carga en un espacio relativamente pequeño (Quillere *et al.*, 1993; Twarowska *et al.*, 1997 en Thoman *et al.*, 2001). Así pues se observa una evolución hacia sistemas de producción semiintensivo e intensivos (Lucas, 2005).

La tendencia de la industria de cultivo de camarón de incrementar la producción al incrementar la densidad puede ser causa de problemas de calidad de agua (Goddard, 1996 en Montoya *et al.*, 2002).

I.3. Impacto Ambiental

El incremento y desarrollo de la industria camaronícola ha generado preocupaciones sobre los efectos de los efluentes procedentes del cultivo sobre los

ecosistemas acuáticos receptores (Paez-Osuna et al., 1997). Rutinariamente, los problemas de calidad de agua en los estanques de cultivo son resueltos con recambios de agua, esto representa un aumento en los costos operativos, un desperdicio de agua y crea un problema en las aguas receptoras (Wang, 1990 en Montoya et al., 2002).

Los componentes de los efluentes que han sido señalados con mayor frecuencia por causar degradación ambiental son: sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo. Los sólidos suspendidos pueden reducir la penetración de la luz y causar la muerte de pastos marinos. También pueden sedimentar causando cambios en la comunidad béntica (Abal y Dennison 1996, en Jackson *et al.*, 2004). El nitrógeno puede ser liberado en forma particulada (alimento no consumido, heces de los organismos cultivados, zooplancton, fitoplancton y otros organismos) o en forma de nitrógeno disuelto como hidróxido de amonio-amoniaco, nitrito y nitrato (Jackson, Preston y Thompson, 2004).

I.3.1 Eutrofización

La turbiedad del agua se presenta cuando se tienen materia orgánica, partículas de arcilla, arena y crecimiento de fitoplancton en suspensión debido al enriquecimiento del agua. La turbiedad que causan los factores antes mencionados disminuye la zona eufótica. La zona eufótica es la distancia que alcanza a penetrar la luz solar, de tal manera que dentro de esta zona se puede llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis. La disminución de la zona eufótica causa la muerte de plantas bentónicas, dándose un aumento en forma de detritos, así pues se da un incremento en el número de descomponedores, por lo tanto hay un incremento en la demanda bioquímica de oxígeno. En ocasiones puede llegarse a terminar el oxígeno disponible causando la sofocación y muerte a peces y crustáceos. En suma, la eutrofización se refiere a la serie de sucesos que comienzan con el enriquecimiento de un cuerpo de agua por nutrientes, el crecimiento y muerte de fitoplancton, la acumulación de detritos, el aumento de bacterias y, por último, el agotamiento del oxígeno y la sofocación de organismos superiores (Nebel, 1999).

I.4 Alternativas de tratamiento del agua de descarga

Es posible el minimizar el impacto ambiental por cultivo de camarón. Existe un rango amplio de medidas prácticas para reducir significativamente el potencial impacto ambiental para hacer a la actividad más sustentable (World Bank, 1998). Para llegar a esta meta es necesario hacer a estos tipos de acuacultura amigable más competitiva. Además es necesario que la industria de la acuacultura desarrolle practicas innovadoras y responsables que optimicen su eficiencia para crear diversificación, mientras que se este asegurando la remediación de las consecuencias de sus actividades para mantener la salud de las aguas costeras (Chopin *et al.*, 2001).

I.4.1 Construcción de humedales

Se reconoce que los manglares contribuyen al buen estado de las zonas costeras por su función regulatoria tanto de la calidad de agua como de condiciones geográficas y su función sobre los recursos bióticos. Los humedales son sistemas que dependen de procesos naturales para el tratamiento de aguas de descarga. Estos sistemas tienen la ventaja que requieren ninguna o poca energía para operar (Miller, 2002).

Alongi y colaboradores (1992, en Paez-Osuna, 2005) han demostrado que los manglares son altamente eficientes en eliminar sólidos y nutrientes de los efluentes municipales y acuícolas. Esta opción puede potencialmente mejorar la calidad ambiental de los efluentes de los estanques camaronícolas.

I.4.2 Bioremediación

La bioremediación es la aplicación de procesos biológicos para tratar problemas ambientales, está dentro de las tecnologías para el tratamiento de suelos y fuentes de agua contaminadas y para procesar desechos. Históricamente este proceso involucra el uso de microorganismos o plantas. Existen muchas ventajas de usar la bioremediación. La mayoría de los procesos de bioremediación pueden realizarse in-situ, lo cual reduce costos y evita disrupción de la operación, simplifica logística y minimiza el riesgo. La bioremediación a diferencia de otros métodos que dependen de

la disposición y contención de contaminantes, usualmente se dirige a la descomposición de contaminantes, así pues representa una estrategia permanente, minimizando el riesgo a largo plazo (Sylva et al., 2000).

I.4.3 Policultivos

Recientemente varios autores y organizaciones remarcan el concepto de “diversificación” como uno de los principios básicos de sustentabilidad y debe de considerarse en países que están planeando un futuro desarrollo del sector de acuicultura. Los proyectos con un amplio rango de especies cultivadas contempladas en la misma instalación (policultivos o sistema multicomponente) deben ser una prioridad (Gimenez, 2001).

I.4.4 Policultivos con plantas acuáticas

Estas plantas fotoautotróficas utilizan la energía solar para transformar los efluentes ricos en nutrientes en un recurso lucrativo. Estas plantas controlan los efectos ambientales de los organismos heterotróficos cultivados y mejoran la calidad de agua (Neori *et al.*, 2004).

Las algas, en particular las algas marinas, permiten la creación de operaciones flexibles de maricultura sustentable.

Craggs y colaboradores han utilizado cultivos continuos de fitoplancton al exterior para la remoción de nutrientes de los efluentes de descarga de cultivos de camarón (Craggs et al., 1997). También se han realizado estudios utilizando diatomeas que tomaron los nutrientes del estanque y los asimilaron, para después ser alimento para ostiones (Craggs, 1996; Wang, 2003).

Lefabvre (2004) menciona que la asimilación por parte de las diatomeas es un camino viable para el ciclo de nutrientes.

La recirculación entre el cultivo y el alga pueden mantener niveles seguros de amonio y de oxígeno disuelto, esto representa un elemento positivo en términos de impacto ambiental (Neori *et al.*, 2004).

Los resultados generados por este trabajo servirán para implementar sistemas sincronizados que disminuyan la carga de nutrientes y los impactos ambientales negativos que la actividad acuícola conlleva sobre los cuerpos de agua receptores.