



REVISIÓN [REVIEW]

ACUICULTURA EPICONTINENTAL DEL CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

[EPICONTINENTAL AQUACULTURE OF THE PACIFIC WHITE SHRIMP, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)]

Daniel Enrique Godínez-Siordia^{1,2,*}; María Cristina Chávez-Sánchez²; Silvia Gómez-Jiménez³

¹ Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farías N°82; San Patricio-Melaque, C.P. 48980, Jalisco. México. e-mail: dangos@costera.melaque.udg.mx; ² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán. Av. Sábalo Cerritos s/n, C.P. 82010 Mazatlán, Sinaloa, México. e-mail: marcris@ciad.mx; ³ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Hermosillo. Carretera a La Victoria, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. e-mail: s.gomez@ciad.mx

* E-mail: dangos@costera.melaque.udg.mx

*Corresponding Author

RESUMEN

Se hizo una revisión sobre el estatus del cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* en agua de baja salinidad, presentando características, ventajas, desventajas y medidas de mitigación sobre el impacto ambiental de este sistema de cultivo. Este trabajo aborda aspectos relevantes con la finalidad de trazar un camino hacia la sustentabilidad de esta alternativa de cultivo que se expande rápidamente en México.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, camaricultura epicontinental.

SUMMARY

We have made a review on the status of *Litopenaeus vannamei* in culture in low salinity water, presenting particularity, advantages, disadvantages and mitigation measures on the environmental impact of this culture system. This paper describes relevant issues in order to draw a path to sustainability of this alternative crop that is expanding rapidly in Mexico.

Key words: *Litopenaeus vannamei*, inland shrimp aquaculture.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una industria que se ha convertido en una de las alternativas con mayor viabilidad económica para la producción de alimento, apoyándose en técnicas y procesos sobre los cuales se cultivan organismos acuáticos en condiciones controladas (Guerrero-Olazarán *et al.*, 2004; Montemayor-Leal *et al.*, 2005). En la última década, el cultivo de camarón se ha desarrollado de manera exponencial en todo el mundo, expandiéndose más que cualquier otro sector productivo pecuario (Allsopp *et al.*, 2008). Esta actividad desempeña un papel fundamental en los medios de subsistencia de millones de personas en todo el mundo. De acuerdo al último reporte mundial de la FAO, el camarón continúa como el principal producto acuático comercializado, alcanzando ingresos superiores a los \$14 000 millones de dólares (FAO, 2009).

En México, la camaricultura se ha incrementado en el Noroeste del país en donde se encuentran el 89% de

las hectáreas de producción. En 2008 en Sonora y Sinaloa se produjeron 114,317 toneladas que representó más del 90% de la producción en el país (Rosenberry, 2007). Sin embargo este desarrollo acuícola aplicado en la zona costera, ha ocasionado un grave deterioro en los ecosistemas acuáticos debido a descargas de nutrientes, materia orgánica y sólidos en suspensión; se estima que en México se descargan por año al medio ambiente 130,000 toneladas de materia orgánica, 9360 toneladas de nitrógeno y 3040 toneladas de fósforo producto del cultivo de camarón (Martínez-Córdova *et al.*, 2009). Esto constituye una contaminación directa en los cuerpos de agua costeros (Allsopp *et al.*, 2008). La contaminación promovida por descargas de nutrientes es grave dado que estos efluentes en muchos de los casos son reutilizados por otra unidad de producción cercana, lo cual induce a serios problemas sanitarios por la transmisión de enfermedades (Martínez-Córdova *et al.*, 2009). En muchos casos, el impacto ambiental es mayor, puesto que al construirse una granja se modifica el paisaje y la morfología de la zona costera, ocasionando la

interrupción de flujos intermareales naturales que provoca la acumulación de sedimentos en dicha zona (Collins *et al.*, 2005). Muchos de estos problemas son producto de una mala planeación y un diseño inapropiado de las unidades de producción, aunado a prácticas incorrectas en la producción que derivan en problemas de inocuidad, salud animal e impacto ambiental (Martínez-Córdova *et al.*, 2009). Por tanto, más del 60% de los productores de camarón de Sonora y Sinaloa han implementado en los últimos años diversas medidas y estrategias de manejo, entre las que destacan el rediseño de la toma de agua, la reconstrucción a estanques pequeños, la reducción de recambios de agua, el manejo cuidadoso del alimento para mejorar los fondos de los estanques (Chávez y Montoya, 2006); además de la utilización de medidas sanitarias más estrictas y de la ejecución permanente de campañas de manejo integral contra patógenos del camarón que incluye el uso de organismos resistentes a enfermedades (Flegel, 2006; Cock *et al.*, 2009; Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, 2010 *com. pers.*; Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, 2010 *com. pers.*).

En contraste, el desarrollo de cultivos epicontinentales de camarón en agua de baja salinidad se considera una alternativa con mayor viabilidad contra la contaminación costera (Saoud *et al.*, 2003; Martínez-Córdova *et al.*, 2009). El cultivo de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* en aguas epicontinentales se está extendiendo con rapidez en el hemisferio americano. Esta variación en el cultivo permite desarrollar esta actividad en tanques a diferentes densidades y a diferentes salinidades aprovechando su capacidad eurihalina por lo que es factible su cultivo en zonas donde la fuente de abastecimiento de agua es baja en sales (Roy *et al.*, 2007; Esparza-Leal *et al.*, 2010). La camaronicultura epicontinental posee gran importancia económica y tiene la ventaja que el camarón puede ser cultivado cerca de los grandes mercados y ser ofrecido verdaderamente fresco a los principales centros de consumo de muchas ciudades, tal como ocurre en China, Ecuador, Tailandia y Estados Unidos de América (Boyd y Thunjai, 2003). En Baja California, Jalisco y Colima, se cuenta con la tecnología disponible y la experiencia que les permite producir camarón blanco del Pacífico *L. vannamei* en sistemas intensivos en agua a muy baja salinidad (0.5 ups), alcanzando rendimientos cercano a 10 toneladas por hectárea (Angulo *et al.*, 2005; Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Colima, A.C; 2010 *com. pers.*).

Para que el cultivo de camarón epicontinental se desarrolle sin los tropiezos de la camaronicultura tradicional, es necesario llevar a cabo un compromiso tripartito entre los poderes de gobierno, los centros de investigación y el sector productivo, en una sola

directriz apoyando la investigación y promoción de una acuicultura responsable, rentable y además conciente del respeto al medio ambiente.

Tolerancia de algunas especies de camarón al cultivo en baja salinidad

Litopenaeus vannamei posee una gran tolerancia a factores ambientales para soportar un intervalo de salinidad entre 0.5-45 ups (unidades prácticas de salinidad); particularmente crece muy bien a densidades de siembra por encima de 50 org/m² en ambientes a bajas salinidades entre los 10 y 15 ups donde el medio acuático y la hemolinfa son isosmóticos (Wyban y Sweeny, 1991; McGraw *et al.*, 2002). Tal rango de tolerancia la convierte en una especie particular para el cultivo epicontinental.

Además de esta especie, existen otras con la facilidad para aclimarse a un ambiente hipotónico y mantener su crecimiento y sobrevivencia muy similar al medio marino (Collins *et al.*, 2005), especies tales como: *Penaeus monodon*, *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus brasiliensis*, *F. subtilis*, *L. schmitti*, y *F. paulensis* (Flaherty *et al.*, 2000; Brito *et al.*, 2000; Couto 2007). En particular, *Farfantepenaeus duorarum* es tolerante a las bajas salinidades y ha sido usada en ensayos bajo estas condiciones hipotónicas (Browder *et al.*, 2002). Sin embargo, *P. latisulcatus*; *L. stylirostris*; *Fenneropenaeus chinensis*, *F. californiensis*, *P. semisulcatus*, *Marsupenaeus japonicus* presentan una tolerancia muy reducida a la aclimatación en agua de baja salinidad. Esto último se debe a su baja capacidad osmorreguladora ocasionando un aumento en la tasa de respiración y excreción de amonio producto del catabolismo de los aminoácidos que son utilizados como energía para la hiporregulación osmótica, bajo esta condición, el organismo sufre un cuadro de estrés que si se mantiene por períodos prolongados le puede ocasionar la muerte (Chen *et al.*, 1995; Soyel y Kumlu, 2003; Re *et al.*, 2004; Setiarto *et al.*, 2004; Prangnell y Fotedar, 2006).

El sitio para el desarrollo de la camaronicultura epicontinental

Determinar la ubicación del sitio donde se puede instalar la unidad de producción es un primer paso importante para lograr el éxito de la empresa. Si el sistema es rústico se recomiendan terrenos donde el tipo de suelo sea permeable para evitar filtración del agua en los estanques y evitar un gasto por la introducción de una película plástica de alta resistencia para cubrir los fondos y los taludes. Si se cuenta con terrenos con arena y/o una topografía muy abrupta, se recomienda la implementación de tanques circulares de material plástico de alta densidad o fibra de vidrio (Ferdinand *et al.*, 2004; Rendón *et al.*, 2008). Es importante destacar que no se recomiendan terrenos

con posibles niveles de contaminación de algún producto químico o agente biológico y que además no se puedan eliminar mediante acciones correctivas. La calidad del agua es fundamental y no solamente para cubrir los requerimientos físicos y químicos del camarón, sino también debe asegurarse que no exista contaminación por residuos industriales, mineros, agrícolas o domésticos (Chávez-Sánchez e Higuera-Ciajara, 2003).

La camaronicultura epicontinental ha sido una alternativa viable para aquellos lugares donde el alto costo y la escasez de tierras para cultivo cerca de la costa es un problema. Esta actividad es una alternativa de uso para cuerpos acuáticos donde se requiere diversificar su explotación para convertirse en una fuente de ingresos a las comunidades cercanas (Valenzuela *et al.*, 2002).

Sistemas productivos integrados

Existen sistemas de producción integrados en donde la interacción de técnicas agrícolas y pecuarias se unen a través de eslabones de una agrocadena en forma armónica; algunos de estos sistemas pueden ser de tipo orgánico en donde la explotación pecuaria permite crear o mantener ecosistemas productivos sin contaminación mediante el manejo racional de los recursos naturales, evitando el uso de sustancias químicas brindando productos alimenticios sanos para el consumo humano (Rojas-Bourrillón, 2006).

En el cultivo de camarón en agua de baja salinidad es posible la integración de sistemas agroacuícolas donde el agua de desecho producto de la acuicultura es aprovechada para irrigar cultivos agrícolas, aportando nutrientes orgánicos esenciales al suelo. Los sistemas integrados y acuapónicos (integración de acuicultura y sistemas hidropónicos) se encuentran actualmente en práctica y figuran como una alternativa viable y ecológica que fomenta la conservación del medio ambiente con el reciclaje de nutrientes (Pardo *et al.*, 2006). Con este manejo de efluentes, se aprovechan los recursos y se amortigua el impacto ambiental en la zona. Si por alguna razón la granja de camarón no cuenta con la integración del sistema agroacuícola, se pueden proponer alternativas que sirvan para mitigar el impacto de los efluentes de la granja. Algunas medidas que se recomiendan son la creación de estanques de sedimentación para que los sólidos suspendidos del agua de desecho se precipiten, y posteriormente el agua con menor carga orgánica sea transferida a otro en donde se desarrolle el cultivo de especies

biorremediadoras que apoyen en la reducción de nutrientes (Tabla 1).

Estas especies a su vez pueden ser comercializadas y obtener un doble beneficio económico al productor. Los moluscos bivalvos son filtradores no selectivos de cualquier partícula en el agua, siendo capaz de aumentar la transparencia en poco tiempo evitando la eutroficación (Polanco y Corral, 2002). Las macrofitas *Lemna sp.* y *Azolla mexicana* pueden ser usadas como biofiltros asimilando desechos nitrogenados e incorporándolos como nutrientes mejorando las condiciones de calidad de agua (Fontúrbel, 2005). Estas macrofitas pueden ser comercializadas como alimento complementario para diversas especies dentro del sector pecuario (Ponce-Palafox *et al.*, 2005). Otras especies como *Egeria dens*, y algunos juncos (*Scirpus americanus* y *Typha latifolia*) además del lirio acuático *Eichornia crassipes*, también son utilizadas con gran éxito en el tratamiento de agua residual (Argüello *et al.*, 2000; Ramos *et al.*, 2007). El agua tratada por este biofiltro se puede retornar al sistema de cultivo de camarón o liberarse como riego al sistema agrícola; con este tratamiento de agua a través de sistemas biorremediadores se apoya el entorno ecológico y se traza el camino hacia la sustentabilidad de los sistemas de producción de camarón epicontinental (Jory y Cabrera, 2003; SENA, 2007).

Desventajas ecológicas derivadas del cultivo de camarón en agua de baja salinidad

La camaronicultura epicontinental puede generar efectos adversos que se traducen en impactos sobre la biodiversidad de los ecosistemas adyacente a la unidad de producción, por el efecto de impactos físicos al medio ambiente causado por la modificación de los cuerpos de agua dulce para abastecer a la granja y problemas en la salud pública a consecuencia de la alta humedad que sirve como un medio para la proliferación de mosquitos que afectan la salud humana, como el dengue o la malaria. Una gran desventaja de este cultivo, señalada por varios autores (Flaherty *et al.*, 2000; Boyd, 2001), es la salinización del ambiente circundante. Para mitigar este proceso se puede considerar usar tecnologías de bajo costo adecuadas con el ambiente para la desalinización del agua del cultivo. Un dispositivo relevante es una planta que combina la energía eólica con el proceso de compresión de vapor para eliminar sales del agua y producir agua potable (Jürgen, 2000).

Tabla 1. Algunas especies con potencial biorremediador para su integración en sistemas agroacuólicas con el cultivo de camarón epicontinental

Especie	Nombre común	Tolerancia a la temperatura (°C)	Tolerancia a la salinidad de (ups)	Referencia
<i>Rangia cuneata</i>	Almeja gallito	22-30	0-35	Cooper, 1981
<i>Mytella strigata</i>	Mejillón barba de hacha	23-41	0-40	Keen, 1971
<i>Lemna sp.</i>	Lentejas de agua	10-40	0-55	Ponce-Palafox <i>et al.</i> , 2005
<i>Azolla mexicana</i>	Helecho de agua	20-40	0-2	Fontúrbel, 2005
<i>Egeria dens</i>	Yana	10-38	0-25	Argüello <i>et al.</i> , 2000
<i>Scirpus americanus</i>	Totora	16-38	0-40	Argüello <i>et al.</i> , 2000
<i>Typha latifolia</i>	Junco	22-41	0-45	Jones <i>et al.</i> , 1979
<i>Eichornia crassipes</i>	Lirio acuático	15-40	0-8	Ramos <i>et al.</i> , 2007

Abastecimiento del agua para el cultivo

La mejor fuente de obtención de agua con buena calidad es la de pozos profundos donde la composición iónica es más importante que la misma salinidad (Valenzuela *et al.*, 2002; Valenzuela *et al.*, 2010). La composición iónica del agua es necesaria para obtener una alta sobrevivencia de organismos, enfatizando la presencia de cloro, calcio, magnesio, sulfato y potasio. Cualquiera de estos iones se puede limitar, pero a menudo la falta de potasio afecta en la sobrevivencia del camarón (Angulo *et al.*, 2005). A su vez es muy importante que exista una buena proporción entre los iones, Na/K y Mg/K (37.91:1 y 3.68:1 respectivamente) para asegurar un correcto crecimiento y sobrevivencia (Valenzuela *et al.*, 2010; Esparza-Leal *et al.*, 2009).

En general el agua que se considera factible para desarrollar un cultivo epicontinental de camarón, debe contar con una salinidad por encima de 0.5 ups, la alcalinidad mayor a 75 mg de CaCO₃/l y con una dureza de 120 mg/l (Boyd, 2001). En algunos casos el agua de pozo puede presentar sobresaturación de gases que son tóxicos para el camarón, como son el CO₂ y el H₂S, los cuales pueden ser eliminados con dispositivos de aireación en el canal de alimentación o el uso de torres de desgasificación, permitiendo con este movimiento del agua su liberación a la atmosfera (Davis *et al.*, 2004).

En países Asiáticos, el agua de ríos o lagunas es utilizada en el cultivo de camarón combinado con una salmuera procedente de estanques de evaporación de sal para obtener una salinidad de de 5 ups (Boyd *et al.* 2002). En la mayoría de los países de América donde se cultiva camarón epicontinental, se extrae agua con

cierta salinidad del subsuelo para ser utilizada directamente. El agua extraída puede tener salinidades muy bajas y sobre el límite hipotónico de la especie (0.5 ups), como en algunas granjas en Baja California y Colima en México, o con salinidades mínimas de 1 ups, como sucede en Ecuador y Brasil (Nuñez y Velázquez 2001; Treece 2002). Con relación a obtener una mejor sobrevivencia y crecimiento en camarón, se ha determinado que no existe una diferencia significativa entre el uso de agua preparada o reconstituida y la extraída del subsuelo (Saoud *et al.*, 2003; Sowers y Tomasso, 2006; Valenzuela *et al.*, 2010).

Para obtener una sobrevivencia en el cultivo, además de la concentración y proporción iónica del agua, se considera importante la edad de la postlarva y el manejo de los primeros procesos con los que se inicia el cultivo, tales como el transporte, las técnicas de aclimatación y los métodos de siembra, además del monitoreo de la sobrevivencia post siembra (McGraw *et al.*, 2002; Angulo *et al.*, 2005).

Parámetros fisicoquímicos del agua en el cultivo de camarón *L. vannamei*

Respecto a calidad de agua, el cultivo epicontinental de camarón no difiere grandemente del cultivo tradicional; es decir, se debe procurar mantener una concentración de oxígeno disuelto en el agua superior a 3 mg/l, la salinidad puede ser variable como mínimo 0.5 ups, ya que concentraciones menores afectan la sobrevivencia. El pH debe ser cercano al neutro o ligeramente alcalino, entre siete y ocho unidades. En el caso de la temperatura, *L. vannamei* se considera una especie euritérmica en sus primeras etapas de vida (larva y postlarva) y estenotérmico a partir de

preadulto. Es importante evitar temperaturas del agua por debajo de 23°C y por encima de 34°C ya que se reduce la tasa de alimentación y de crecimiento (Davis *et al.*, 2004; Collins *et al.*, 2005). En un sistema de cultivo, el amonio es un producto de desecho tóxico resultante de la excreción y la mineralización de los detritus orgánicos (heces y alimento no consumido). El nitrito es un producto intermedio de la nitrificación del amonio por bacterias aeróbicas autotróficas a nitratos (Frías y Páez-Osuna, 2001; Lin y Chen, 2003). El efecto en el metabolismo del camarón a consecuencia de los desechos nitrogenados ocasiona anorexia y posteriormente anoxia cuando los niveles son muy elevados y su exposición es prolongada. Cabe señalar que la toxicidad de estos desechos esta en función principalmente del pH, temperatura, alcalinidad, salinidad; observándose que se incrementa el efecto tóxico conforme la salinidad del agua es menor. Esto se debe a la acción antagonista que presenta el ión cloro contra estos productos nitrogenados (Lin y Chen, 2001; Lin y Chen, 2003). En el caso de nitritos se deben evitar concentraciones mayores a 0.45 mg de NO₂-N/l, para prevenir alteraciones en el metabolismo. *Litopenaeus vannamei* puede soportar concentración elevada hasta los 4 mg/l de NO₂-N, en organismos preadultos; solo cuando la salinidad del medio sea cercana a 20 ups, el organismo reduce su tasa de crecimiento pero no afecta la sobrevivencia (Gross *et al.*, 2004). El amonio es más tóxico a pH y temperaturas elevadas, debido a que el equilibrio de disociación se desplaza hacia la forma tóxica no-ionizada (NH₃). En ambientes hipotónicos cuando se cultiva *L. vannamei* es adecuado mantener los niveles de NH₃-N por debajo de 0.12 mg/l, cuando la salinidad del agua sea de 15 ups (Lin y Chen, 2001).

Por otro lado, la excreción de amonio en crustáceos depende de varios factores como salinidad, temperatura, el ciclo de muda, el nivel nutricional y el control endocrino (Frías y Páez-Osuna 2001). Algunos investigadores como Gómez *et al.* (2004) y Re *et al.* (2004) concluyeron que hay un incremento en la tasa de excreción de amonio con postlarvas de *L. vannamei* y juveniles de *L. stylirostris* al exponerlos a un ambiente hipotónico. En el caso de las postlarvas se observó que la concentración de aminoácidos libres aumentó; esto puede deberse al intercambio de NH₄ por sodio del medio, y/o por un incremento en el catabolismo de aminoácidos u otros compuestos nitrogenados incluidos en la regulación osmótica (Dalla, 1986).

CONCLUSIONES

La camaronicultura epicontinental es una actividad productiva alejada de la influencia de zona costera que apoya la recuperación de estos ambientes costeros. Esta actividad es una alternativa de uso para cuerpos acuáticos continentales donde se requiere diversificar

su explotación pecuaria para convertirse en una fuente de ingresos en las comunidades cercanas y lograr en lo posible la integración de sistemas agroacuícolas donde el agua de desecho, producto de la acuicultura, sea aprovechada para irrigar cultivos agrícolas, aportando nutrientes orgánicos esenciales al suelo; estos sistemas integrados se encuentran actualmente en práctica y figuran como una alternativa viable y ecológica que fomenta la conservación del medio ambiente con el reciclaje de nutrientes. También esta actividad cuenta con la ventaja que el camarón puede ser cultivado cerca de los grandes mercados y ofertarse fresco a los principales centros de consumo de muchas ciudades.

Actualmente en México se aplican con éxito técnicas en el desarrollo de la camaronicultura epicontinental, sin embargo es necesaria mayor investigación en esta línea de producción pecuaria para contar con mayores conocimientos al igual que sus alcances y limitaciones.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor ofrece agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y al Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara (UdeG) por el apoyo y licencias otorgadas además al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, AC) por todas las facilidades para la realización de este escrito.

LITERATURA CITADA

- Allsopp, M., Johnston, P., Santillo, D. 2008. La industria acuícola y de engorde: Un reto de sostenibilidad. Greenpeace Intenacional. Amsterdam, The Netherlands. 24 pp.
- Angulo, J.A., Mejía, A., Engel, R. 2005. Cultivo experimental de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en el valle del Mezquital, Hidalgo, México. Panorama Acuícola. 10:10-15.
- Argüello, D., Arias, D., Calderón, L., Cuevas, E., Pat, R., Pérez, J., Ramírez, E., Vázquez, B., Zetina, C. 2000. Uso de la macrofita sumergida *Egeria densa* para el tratamiento de aguas residuales. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente. Memorias técnicas. México, D.F. 16-20 Octubre, 2000. pp. 1-29.
- Boyd, C. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *En*: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds.). Métodos para

- Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica. Editorial- Imprenta UCA, Managua, Nicaragua, pp. 24-25.
- Boyd, C., Thunjai, T., Boonyaratpalin, M. 2002. Dissolved salts in water for inland low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*. 5:40-45.
- Boyd, C.E., Thunjai, T. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand and United States. *Journal of the World Aquaculture Society*. 34: 524-532.
- Brito, R., Chimal, M.E., Rosas, C. 2000. Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 244: 253-263.
- Browder, J., Zein-Eldin, Z., Criales, M., Robblee, M., Wong, S., Jackson, T., Johnson, D. 2002. Dynamics of pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) recruitment potential in relation to salinity and temperature in Florida Bay. *Estuaries Coasts*. 25: 1355-1371.
- Chávez-Sánchez, M.C., Higuera-Ciajara, I. 2003. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de camarón para la inocuidad alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, SAGARPA. 67 pp.
- Chávez-Sánchez, M.C., Montoya L. 2006. Manual de buenas prácticas y medidas de bioseguridad en granjas camaronícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. 95 pp.
- Chen, C., Nan, F. 1995. Oxygen consumption and ammonia-n excretion of *Penaeus chinensis* (Osbeck, 1765) juveniles at different salinity levels (Decapoda, Penaeidae). *Crustaceana*. 68: 712-719.
- Cock, J., Gitterle, T., Salazar, M., Rye, M. 2009. Breeding for disease of penaeid shrimp. *Aquaculture*. 286:1-11.
- Collins, A., Russell, B., Walls, A., Hoang, T. 2005. Inland prawn farming studies into the potential for inland marine prawn farming in Queensland. Queensland Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F). Australia. 79 pp.
- Cooper, R.B. 1981. Salinity tolerance of *Rangia cuneata* (Pelecypoda: Mactridae) in relation to its estuarine environment: A Review. *Walkerana* 1:19-31.
- Couto, J.O. 2007. Densidades de estocagem para sistema intensivo com recirculação de água na criação do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Dissertação Mestre em Aquicultura e Pesca. Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA. São Paulo, Brasil. 45 pp.
- Dalla, G.J.1986. Salinity responses of the juvenile penaeid shrimp *Penaeus japonicus*. II. Free amino acids. *Aquaculture* 55: 307-316.
- Davis, A., Samocha, T.M., Boyd, C.E. 2004. Acclimating Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to Inland, low-salinity waters. SRAC Publication No. 2601. 8 pp.
- Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, J.T., Valenzuela, W., Cabanillas, H., Arredondo, J.L. 2009. The effect of low salinity water with different ionic composition on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in intensive culture. *Journal of Applied Aquaculture*. 21:215-227.
- Esparza-Leal, H., Ponce-Palafox, J.T., Valenzuela, W., Arredondo, J.L., García-Ulloa, M. 2010. Effects of density on growth and survival of juvenile Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, reared in low-salinity well water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 41:648-654.
- Ferdinand, W., Durwood, D., Creswell, L. 2004. Commercial scale penaeid shrimp demonstration in inland freshwater systems. Final project report. FL DACS, Division of Aquaculture and University of Florida, IFAS. 111 pp.
- Fontúrbel, R.F. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutroficación del lago Titicaca (Bolivia). *Ecología Aplicada*. 4:135-141.
- Flaherty, M., Szuster, B., Miller, P. 2000. Low salinity inland shrimp farming in Thailand. *AMBIO*. 29:174-179.

- Flegel, T.W. 2006. Detection of major penaeid shrimp viruses in Asia, a historical perspective with emphasis on Thailand. *Aquaculture*. 258:1-33.
- Frías, M., Páez-Osuna, F. 2001. Toxicidad de los compuestos del Nitrógeno en camarones. *Camaronicultura y Medio Ambiente*. El Colegio de Sinaloa, UNAM, México. 270 pp.
- Gómez, S., Urias, A., Vázquez, F., Hernández, G. 2004. Ammonia efflux rates and free amino acid levels in *Litopenaeus vannamei* postlarvae during sudden salinity changes. *Aquaculture*. 233:573-581.
- Gross, A., Abutbul, S., Zilberg, D. 2004. Acute and chronic effect of nitrite on white shrimp *Litopenaeus vannamei*, cultured in low salinity brackish water. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35: 315-321.
- Guerrero-Olazarán, E., Cab-Barrera, E.L., Galán-Wong, L.J., Viader-Salvadó, J.M. 2004. Biotecnología de proteínas recombinantes para la aplicación en acuicultura. *En: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U., González, M. (eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora. México. 16-19 Noviembre, 2004. pp. 245-258.
- Jones, J.C., Hancock, J.F., H. Liu.1979. Chemical and morphological effects of temperature on *Typha latifolia L.* (Typhaceae) originating from different ends of a thermal gradient. *American Journal Botany*. 66:902-906.
- Jory, D., Cabrera, T. 2003. Marine Shrimp. *En: Lucas, J., Southgate, P. (eds.). Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. Wiley-Blackwell, NY., USA. pp. 382-419.
- Jürgen, H. 2000. Técnicas innovativas de desalinización de aguas salobres y del mar. *Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias ambientales., AIDIS. Ciencia y conciencia compromiso nacional con el medio ambiente: Memorias Técnicas*. México, D.F.14-18 Agosto 2000. 1-11 pp.
- Keen, M. 1971. Sea shells of the tropical west America; Marine mollusk from Baja California to Peru. *Stanford University Press*. 1064 pp.
- Lin, Y., Chen, J. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*. 224:193-201.
- Lin, Y., Chen, J. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental of Marine Biology and Ecology*. 259: 109-119.
- Martínez-Córdova, L.R., Martínez, M., Cortés-Jacinto, E. 2009. Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante?. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 25:181-196.
- McGraw, W., Davis, D., Teichert-Coddington, D., Rouse, D. 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint and rate of salinity reduction. *Journal of the World Aquaculture Society*. 33: 78-84.
- Montemayor-Leal, J., Mendoza-Alfaro, R., Aguilera-González, C., Rodríguez-Almaraz, G. 2005. Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atrayentes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista Aquatic*. 22: 1-10.
- Núñez, A., Velázquez, C. 2001. Low-salinity, inland shrimp culture in Brazil and Ecuador: economic, disease issues move farms away from coasts. *The Advocate*. 4: 62 - 64.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008, Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. 218 pp.
- Pardo, S., Suárez, H., Soriano, E. 2006. Tratamiento de efluentes: Una vía para la acuicultura responsable. *Revista MVZ-Córdoba*. 11:20-29.
- Polanco, T.E, Corral, M.L 2002. Bioecología.. *En: Polanco, T.E. (ed.). Impulso, desarrollo, potenciación de la ostricultura en España*. Editorial Muni-Prensa. Madrid, España. pp 22-69.
- Ponce-Palafox, J., Febrero, I., González, R., Romero, O., Estrada, O. 2005. Perspectivas de la *Lemna sp.* para la alimentación de peces. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6:1-6.

- Prangnell, D., Fotedar, R. 2006. Effect of sudden salinity change on *Penaeus latisulcatus* Kishinouye osmoregulation, ionoregulation and condition in inland saline water and potassium-fortified inland saline water. *Comparative Biochemistry Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 145: 449-457.
- Ramos, E.M., Rodríguez, L., Martínez, P. 2007. Uso de macrofitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo. *Hidrobiológica*. 17:7-15.
- Re, D., Díaz, F., Sierra, E., Gómez-Jiménez, S. 2004. Oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. *Ciencias Marinas*. 30:443-453.
- Rendón, A., Rojas, A., Ponce-Palafox, J., García-Ulloa, M. 2008. Análisis de la implementación del cultivo de tilapia y camarón en tanques de geomembrana en el sector rural del estado de Guerrero, México. *Memorias del XVI taller de cultivo de camarón*. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA. Hermosillo, Sonora. 10-11 Noviembre 2008. pp. 26-38.
- Rojas-Bourrillón, A. 2006. Limitaciones y oportunidades para el desarrollo de la producción pecuaria orgánica en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 30:129-135.
- Rosenberry, B. 2007. *Shrimp News International*. Consultado en la red mundial <http://www.shrimpnews.com>. Abril 2009.
- Roy, L., Davis, D.A., Saound, I.P., Henry, R.P. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*. 262: 461-469.
- Saoud, I., Davis, A., Rouse, D. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*. 217:373-383.
- Setiarto, A., Strüssmann, A., Takashima, C., Watanabe, F., Yokota, S. 2004. Short-term responses of adult kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) to environmental salinity: osmotic regulation, oxygen consumption and ammonia excretion. *Aquaculture Research*. 35: 669-677.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA-Programa Nacional de Acuicultura. 2007. Coordinación del Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Bogotá. Colombia. Consultado en la red mundial: www.sena.edu.co. Abril 2009.
- Sower, A., Tomasso, J. 2006. Production characteristics of *Litopenaeus vannamei* in low-salinity water augmented with mixed salts. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37: 214-217.
- Soyel, Ü., Kumlu, M. 2003. The effects of salinity on postlarval growth and survival of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae). *Turkish Journal of Zoology*. 27: 221-225.
- Treece, G. 2002. Inland shrimp farming in west Texas, U.S.A. *Global Aquaculture Advocate*. 5: 46-47.
- Valenzuela, M., Suárez, J., Sánchez, A., Rosas, C. 2002. Cultivo de camarón blanco del golfo *Litopenaeus setiferus* en estanques de manto freático. II Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Limnología. México, D.F. 23-25 Octubre. pp 1-9.
- Valenzuela, W., Rodríguez, G., H. Esparza. 2010. Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Revista Ra Ximhai*. Universidad Autónoma Indígena de México. 6:1-8.
- Wyban, J., Sweeney, J.N. 1991. Intensive shrimp production technology. High Health Aquaculture Inc., Hawaii. 158 pp.

Submitted May 3, 2010 – Accepted September 7, 2010
Revised received October 3, 2010