

Sistema inmune de los camarones

Fonseca Moreno, Eduardo, González Salas, Raúl y Rico Gutiérrez, René.

Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma, carretera a Manzanillo km 17, Aptdo. Postal 21. Bayamo, Granma 85100
e-mail: efonsecam@udg.co.cu

Resumen

A pesar del avance en la detección de los agentes etiológicos que afectan a los camarones, se conoce poco de la biología de los patógenos, del proceso infeccioso y de la regulación de la respuesta inmune de estos animales. Además, existen enfermedades de origen no infeccioso, vinculadas a desórdenes nutricionales y ambientes alterados. No son pocos los casos en que ocurren grandes pérdidas en la camaronicultura por no implementar las medidas preventivas necesarias y para esto último es necesario conocer la interrelación entre estos crustáceos y el medio, pues de ello depende el éxito de esta empresa. Los invertebrados, especialmente los crustáceos, no poseen respuesta inmune específica contra agentes infecciosos, por lo que han garantizado un complejo, eficiente y altamente desarrollado sistema defensivo inespecífico, basado en hemocitos circulantes y en varias proteínas de defensa, sin embargo, no han desarrollado capacidad de memoria inmune, lo que dificulta la utilización de vacunas. Este trabajo parte de la importancia de conocer tan profundamente como sea posible, la biología de estos decápodos, en especial de su condición inmunológica, lo que requiere de un enfoque integrador, con el fin de comprender el origen y el desarrollo de los principales procesos morbosos y, con ello, su prevención.

Palabras Claves: Camarón, sistema inmune, hemocitos

Summary

Immune system of the shrimps

In spite of the advance in the detection of the etiological agents that affect the shrimps, little information about the biology of the pathogens, about the infectious process and about the regulation of the immune answer of these animals is known. Also, illnesses of non infectious origin exist, linked to nutritional disorders and altered environment. They are not few the cases in which happen big losses in the cultivation of shrimps because of the not implementation of the necessary preventive steps and to fulfill this it is necessary to know the interrelation between these crustaceans and the means, because from all these aspects depend the success of this project. The spineless, especially the crustaceans ones, have no specific immune answer against infectious agents, for this reason they have guaranteed a complex, efficient and highly developed unspecified defensive system, based on circulating cells of the hemolymph and in several defense proteins, however, they have not developed the capacity to have an immune memory, and this brings about a difficult problem, the use of vaccines. This work starts from the importance of knowing as deeply as possible, the biology of these decapods, especially of its immunological condition, that requires of a comprehensive approach, with the purpose of understanding the origin and the development of the main morbid processes and, with it, its prevention.

Key words: shrimps, immune system, hemocytes

Introducción

Dentro del conjunto de las proteínas que consume el hombre, se destaca la de origen animal, por lo que es conveniente determinar la forma más económica de obtenerla. La crianza de animales de diferentes especies fue desarrollada por el hombre desde épocas

remotas, de manera que permitiera el control de su reproducción y desarrollo. Naturalmente, la crianza de peces y crustáceos no escapó a esta actividad.

A la crianza de organismos en agua dulce o salada se le denomina acuicultura y comprende una gran variedad de formas de vida acuática que se producen a través de esta rama de producción, incluyendo peces, crustáceos, moluscos, algas y plantas. Esta actividad requiere de la intervención humana, lo que conduce a una productividad y rendimiento que exceden a los que se desarrollan exclusivamente en el ambiente natural (Bucheli, 1999; GEDECAM-MIP, 2004).

Dentro de la acuicultura, la camaronicultura cobra cada vez más auge en todo el mundo, debido fundamentalmente a la alta demanda de las naciones importadoras.

Para lograr el éxito en el cultivo de estos organismos, se consideran como principios básicos, la existencia de un adecuado abastecimiento de agua con parámetros óptimos de temperatura, salinidad y fertilidad, entre otros, así como el conocimiento de las características de los organismos a cultivar y los aspectos socioeconómicos que definen su rentabilidad.

Aun contando con condiciones óptimas para la crianza, en la camaronicultura existen elementos de riesgo relacionados fundamentalmente con la presentación de enfermedades que pueden hacer decrecer e incluso devastar un proceso de crianza. Independientemente de la actividad humana para prevenir estos inconvenientes, todos los animales cuentan con su propio sistema defensivo (Sistema Inmune), pero los crustáceos en general y los camarones en particular, presentan características específicas al respecto, que deben ser estudiadas cuidadosamente.

Fonseca (2010), en la investigación para su tesis de maestría, constató que elementos relacionados con el manejo (como la alta densidad de siembra) y con parámetros climáticos y físico-químicos del agua (como la baja temperatura), tuvieron una marcada influencia en la aparición de la Erosión Bacteriana del Caparazón (o Enfermedad de la Mancha Carmelita) en camarones de la especie *Penaeus vannamei*. Esta pesquisa también arrojó que en la presentación de esa enfermedad, independientemente de los elementos predisponentes referidos, juega un papel muy importante el propio sistema inmune del camarón.

El caso anterior, tomado como paradigma, induce a pensar a un investigador o criador, que se hace imprescindible el estudio del animal en su medio, con el análisis de ambos elementos como un todo, pues prescindir de cualquiera de ellos, conduce a conclusiones no confiables, lo que no garantiza resultados productivos óptimos.

De lo comentado puede inferirse que todo proceso preventivo e investigativo relacionado con las patologías, debe considerar las características específicas del sistema inmune de estos animales.

Esta revisión tiene como objetivo exponer algunas bases de las características inmunológicas de los camarones, en especial de la especie *Penaeus vannamei* bajo el sistema de explotación extensivo, de manera que permita una comprensión más profunda y clara de los procesos morbosos que afectan a estos animales y de las medidas encaminadas a reducir su incidencia

Materiales y métodos

Fundamentación

La camaronicultura, como cualquier actividad humana que explota y maneja recursos naturales para la producción de alimentos, posee un impacto ambiental, pero al mismo

tiempo es una fuente de nutrientes y empleo. Desde esta última mirada, los modelos de acuicultura con mayor probabilidad de beneficiar al sector más pobre de la humanidad, caen en dos categorías principales: los que generan empleos e ingresos para el pobre y los dirigidos a mejorar el suministro de alimentos, ambos son importantes (MAF, 2001). Esta actividad ha crecido de manera importante en las últimas dos décadas, aportando volúmenes considerables a la producción pesquera mundial; asimismo ha influido en la organización de la trama social y en la economía de ciertas regiones del mundo (Alday, 1999).

Los crustáceos se destacan entre los productos acuáticos, no sólo por su alto valor nutritivo, sino por constituir una comida exquisita, de consumo cada vez más elevado; entre ellos, los camarones peneidos poseen un gran potencial para el cultivo; su alta demanda, la imposibilidad de aumentar su producción por los medios tradicionales de captura, los avances tecnológicos logrados en las actividades de cultivo y su gran valor comercial, han hecho posible que muchos países se interesen por este renglón de exportación. En cuanto a su aporte nutricional, esos productos constituyen un alimento privilegiado; por ejemplo, casi todas sus grasas son polisaturadas y, como todos los productos marinos, tienen alto contenido proteico y son ricos en calcio y fósforo (Andrade y Glenys, 1996).

Jiménez (1999) refiere que entre los múltiples retos que enfrenta cualquier desarrollo acuícola se encuentran la prevención y el control de las enfermedades, por lo que su estudio en los organismos de cultivo o con potencial para él, es crucial. La sanidad es uno de los principales elementos determinantes en el desarrollo de la acuicultura y su objetivo es mantener un control constante de los organismos cultivados y silvestres, con el fin de prevenir la introducción y desarrollo de procesos morbosos provocados por virus, bacterias, hongos, helmintos, entre otros, o ayudar a tomar decisiones sobre terapia para salvaguardar la viabilidad.

En la acuicultura, las enfermedades, depredadores y competidores son elementos que influyen en los estanques durante la producción, ya que ciertos procesos morbosos causan pérdidas, esto ocurre fundamentalmente cuando se violan normas establecidas al respecto, como pueden ser las altas densidades de siembra de las poslarvas (PL), exceso de alimento y mala calidad del agua; la camaronicultura lógicamente no escapa a ello y el proceso morbooso llega a ser bastante relevante cuando se descuida el manejo de los animales (Ponce y cols., 2005).

Los camarones peneidos, tanto silvestres como cultivados, son afectados por patógenos que se encuentran en el medio ambiente en forma natural, conviviendo con el cultivo, pero muchos de ellos son oportunistas por lo que invaden al crustáceo en los momentos en que están estresados o lesionados y por ello, vulnerables (Morales, 2004).

En el mundo se ha reconocido la existencia de enfermedades de organismos acuáticos que por su efecto devastador, se han incluido en las listas internacionales de declaración obligatoria o certificable. La Oficina Internacional de Epizootias (OIE) con sede en Francia, se encarga de promover la regulación sanitaria que debe impedir la dispersión de enfermedades (OIE, 2000).

La OIE (2006) consideró como enfermedades virales certificables o de declaración obligatoria, las siguientes:

- Necrosis Infecciosa Hipodérmica y hematopoyética.
- Síndrome de la Mancha Blanca.
- Síndrome de Taura.
- Enfermedad de la Cabeza Amarilla.

No obstante, existen otros virus en proceso de evaluación, que afectan a los camarones peneidos, entre los que se encuentran:

- Reo-like virus (REO-III): Produce el REO-III.
- Virus de la Vacuolización del Órgano Linfoide (LOVV): Produce la Enfermedad de Vacuolización del Órgano Linfoide.

Wicky (1998) plantea que existe un equilibrio entre los elementos etiológicos (de origen infeccioso, nutricional, parasitario, entre otros) y el animal susceptible y que si observamos cómo evoluciona ese equilibrio, obtenemos información sobre la dinámica de la enfermedad en la población, su tendencia y su posible ciclicidad.

En los últimos años, se ha realizado un enorme esfuerzo en la identificación y estandarización de métodos moleculares para determinar la presencia de virus, entre los que sobresalen el virus del Síndrome de Taura, el de la Mancha Blanca, de la Cabeza Amarilla y el de la Infección Hipodermal y Necrosis Hematopoyética. También se han desarrollado inmunoensayos serológicos para detectar diversas especies de *Vibrio*, (como *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus* y *V. harveyi*), consideradas las responsables de la vibriosis en camarón (Pascual y cols., 2007). Otros autores consideran además de las especies citadas, como importantes, al *V. damsella*, estando todos frecuentemente implicados en el desarrollo de enfermedades en el estadio larval (Le Moullac y cols., 2000).

Aun así, el conocimiento del agente etiológico no es suficiente, es necesario comprender la relación medio ambiente-animal y, en especial, al organismo del camarón, sus características biológicas, cómo reacciona ante un medio inestable, con qué elementos cuenta el crustáceo para enfrentarse, adaptarse y sobrevivir, entre otras características.

Al igual que en todas las especies, para comprender el manejo y la explotación de los camarones (incluyendo los procesos morbosos que los afectan y sus características) y con ello, garantizar su mejor rendimiento, se hace necesario conocer su morfofisiología, pues en definitiva, es sobre los órganos (específicamente a nivel celular, considerando a la célula como la unidad estructural y funcional de los organismos vivos) donde actúan los agentes causales de enfermedades para afectar los diferentes sistemas y de esa manera, el funcionamiento del organismo como un todo, tomando como bases en este estudio, las categorías biológicas obligatoriamente asociadas "estructura-función" (Fonseca, 2010).

Uno de los sistemas orgánicos más importantes para la supervivencia de los camarones, lo constituye el Sistema Inmune, sin embargo, ha sido poco estudiado y, peor aún, en ocasiones los elementos conocidos en esa materia, no son llevados a la práctica por los productores.

A raíz del impacto que tienen las enfermedades en el cultivo del camarón marino, se ha realizado una serie de investigaciones sobre la inmunología del camarón y con ello podemos decir que hemos empezado a entender los mecanismos básicos que utilizan los camarones para combatir las enfermedades que los afectan. La reacción inmunológica más importante que tiene el camarón, es la producción de hemocitos que pueden combatir con éxito enfermedades tan serias como la Mancha Blanca (Calderón, 2001).

Según Vargas-Albores y cols. (2008), los camarones tienen un sistema inmune con la suficiente eficiencia para protegerlos de microorganismos intrusos. Las incógnitas sobre los elementos que participan, los mecanismos de activación y de acción y los factores que lo regulan, se han ido revelando poco a poco gracias a las nuevas herramientas analíticas y a la aceptación conceptual de otras formas de respuestas fisiológicas.

Mecanismos de defensa de los crustáceos

La habilidad de mantener la integridad individual, especialmente a partir del reconocimiento de elementos ajenos al organismo, es un aspecto vital para la existencia de los organismos pluricelulares. La primera condición evolutiva que permitió el desarrollo del sistema inmune está relacionada con la necesidad del mantenimiento de la homeostasis, la que es secundada por otra fuerza selectiva que contribuyó al desarrollo de este sistema y que es muy probable que haya sido la necesidad de mantener el equilibrio con el medio, por lo que era crucial conservar la integridad celular, de manera que no fuera afectada por compuestos propios alterados, es decir, surgió la necesidad de tener un sistema de supervivencia y regulación para salvaguardar al organismo del desarrollo de enfermedades tisulares (Kauschke y cols. 2000; Cooper y Alder, 2006).

Los artrópodos son un phylum que incluye los quelíceros, insectos y crustáceos, en estos últimos, los estudios demuestran la existencia de un sistema inmune basado en efectores celulares y humorales que se combinan para eliminar agentes extraños, su inmunidad está mediada mayoritariamente por hemocitos con capacidad de reconocer material extraño, fagocitarlos o encapsularlos, siendo su respuesta celular limitada, ya que en ellos solo se han logrado identificar tres tipos de grupos celulares: hemocitos hialinos, hemocitos semigranulosos y hemocitos granulosos, estos hemocitos poseen en su interior gránulos en los que están contenidos proteínas de reconocimiento, ataque, adhesión y enzimas reguladoras (Pascual y cols., 2003).

El mecanismo de defensa de los hemocitos también hace que se incrementen las células con radicales libres que estimulan a los hemocitos hialinos a convertirse en hemocitos granulosos; así, aumenta el número de granulocitos y, con ello, la tasa de eliminación de patógenos mediante la fagocitosis, encapsulación y melanización (Destoumieux y cols., 2000).

El sistema inmune de los crustáceos reconoce patrones conservados de moléculas que se encuentran en el patógeno y que no se encuentran en las células del hospedero. Estas moléculas se denominan Patrón de Moléculas Asociadas al Patógeno (PMAP). Existen células inmunitarias que responden a este patrón ya que lo reconocen como extraño y de esta forma se desencadena una respuesta inmune que previene la replicación del invasor (Hedrick, 2004).

Kurtz (2005) considera que a pesar de la consideración de muchos autores de la ausencia de memoria inmunológica en los camarones, algunos estudios revelan que el sistema inmune celular en estos organismos tiene una memoria de corto plazo, aunque no existe homología entre este tipo de memoria y la del sistema inmune adquirido de los vertebrados.

En años recientes se ha demostrado que el conocimiento de los procesos inmunológicos asociados a la bioquímica fisiológica permite determinar el estado de salud de los camarones. Las variaciones de la capacidad osmótica y la concentración de los metabolitos plasmáticos han sido utilizadas para determinar el estado fisiológico en relación con la talla, la fase de muda y la presencia de contaminantes, el oxígeno disuelto, la calidad de los reproductores y el tipo de alimentación (Pascual y cols., 2007).

La función del sistema inmune es mantener la individualidad biológica y por ello, su principal actividad consiste en diferenciar y eliminar todo material no propio de sus tejidos. Los crustáceos no poseen respuestas inmunes específicas contra agentes infecciosos y su función defensiva se basa en un desarrollado sistema de defensa inespecífico, basado en hemocitos circulantes y en varias proteínas de defensa (Bachere, 2000; Rendón y Balcázar, 2003).

Se considera que la inmunidad de los invertebrados es muy simple, ya que carece de algunos mecanismos presentes en los vertebrados, como las inmunoglobulinas y la memoria inmunológica. No obstante, los crustáceos constituyen uno de los grupos más antiguos y diversificados en el reino animal, y bajo esta perspectiva, representan una importante suma de estrategias exitosas contra las infecciones (Karp, 1990).

Los mecanismos de defensa de los crustáceos incluyen como componentes: barreras físicas pasivas y una respuesta activa contra organismos invasores. En los camarones, las primeras están representadas por el rígido exoesqueleto y la membrana peritrófica que envuelve el bolo alimenticio para proteger el epitelio del sistema digestivo, mientras que la respuesta activa implica normalmente un rápido cambio en el número de células circulatorias y la síntesis de nuevas proteínas en la hemolinfa, por otra parte, mecanismos hemostáticos reparan las heridas en el integumento para limitar la extensión de posibles infecciones a través del proceso de coagulación (Destoumieux y cols., 2000a).

El sistema inmune de los invertebrados, se diferencia del de los vertebrados, principalmente por la ausencia de moléculas del tipo inmunoglobulina y de células linfoides. En el caso de los crustáceos, está basado en efectores celulares y humorales, los que se conjugan para eliminar microorganismos potencialmente infecciosos. Los hemocitos son cruciales en estas reacciones inmunitarias, siendo capaces de realizar la fagocitosis, encapsulación, formación de nódulos y de producir citotoxicidad y constituyen la fracción celular de la hemolinfa. En estos animales la circulación es abierta y la sustancia circulante (hemolinfa) es análoga de la sangre y la linfa de los vertebrados, bañando a los tejidos y presenta un color azul verdoso a causa de la hemocianina (proteína respiratoria abundante en la hemolinfa de todos los crustáceos), denominándose hemocele a los sitios por donde circula (Söderhäll y Cerenius, 1992).

Según Lozano y cols. (2012), en la inmunidad humoral y celular se agrupan las respuestas a patógenos infecciosos del sistema de defensa natural de los invertebrados como los crustáceos. En el Camarón, la respuesta inmune innata se propone sobre la base de los patrones moleculares asociados a patógenos genéricos (PAMP) que pueden ser reconocidos por los receptores de reconocimiento de patrones (PRR).

Martínez (2007) considera como componentes humorales a proteínas anticoagulantes, aglutininas, enzima fenoloxidasas, péptidos antimicrobianos y radicales libres.

En los camarones, el corazón distribuye la hemolinfa a través de arterias hasta llegar a senos, donde son bañados los diferentes órganos. Este sistema permite que las proteínas de reconocimiento y los hemocitos tengan una mayor probabilidad de encontrar los elementos extraños. Por otro lado, la presencia de hemocitos fijos en tejidos como las branquias y la glándula digestiva, permite una elevada capacidad para aislar los agentes infecciosos en los lugares de mayor contacto con el medio (Pascual y cols., 2007).

Martínez (2007) refiere que la cutícula actúa como la primera barrera física que contiene sustancias antimicrobianas. Una vez que los patógenos han pasado las barreras externas de defensa, entonces los hemocitos juegan su papel en la respuesta inmune. Estas células, además de participar en la inactivación de organismos invasores, también participan en la regulación de diferentes funciones fisiológicas, incluyendo endurecimiento del exoesqueleto, cicatrización de daños en la cutícula, coagulación, metabolismo de carbohidratos y en el transporte y almacenamiento de proteínas y aminoácidos.

Los hemocitos son las células sanguíneas del camarón que son producidas por los tejidos hematopoyéticos. Existen dos tipos de hemocitos, los hialinos y los granulados ó granulocitos; los primeros inician la defensa contra patógenos externos con el proceso de coagulación, un mecanismo crítico que sirve para proteger al camarón de una pérdida excesiva de líquidos y para capturar e inmovilizar microbios invasores. A continuación, los hemocitos granulados secretan enzimas defensivas que dan muerte a los microorganismos antes de ser eliminados por otros granulocitos mediante los procesos de fagocitosis o encapsulación. Una vez que los microbios son encapsulados o fagocitados, el proceso de melanización (que también es liderado por los hemocitos granulados) los deja inertes y los prepara para ser expulsados mediante la excreción cuticular o durante el próximo ciclo de muda (Ching, 2005).

Cruz (2007) clasifica los hemocitos en granulocitos (neutrocitos, eosinocitos con gránulos grandes y eosinocitos con gránulos pequeños; basofilocitos con gránulos grandes y basofilocitos con gránulos pequeños) y agranulocitos: nucleocitos grandes azules y rosas y nucleocitos pequeños.

Según Söderhäll y Cerenius (1992), los mecanismos de defensa a nivel celular comprenden varios procesos que se describen, en lo fundamental, de la manera siguiente:

Nodulación: Los nódulos son formaciones en las que se aprisionan los agentes extraños por varias capas de hemocitos, formando pequeñas cápsulas desde las que ciertos hemocitos se desprenden y se infiltran en la masa bacteriana, intentando fagocitarla. El resultado final de la formación de nódulos es que los microorganismos son atrapados por varios hemocitos y normalmente el nódulo es fuertemente melanizado.

Encapsulación: Es un tipo de respuesta multicelular para eliminar partículas extrañas que no pueden ser destruidas por los mecanismos humorales. Actúa cuando una partícula es demasiado grande para ser fagocitada, muchos hemocitos cubren a la partícula grande formando capas alrededor de ella que son fuertemente melanizadas.

Fagocitosis: Es una reacción de defensa celular. La eliminación de material extraño en los crustáceos la realizan dos tipos de células: los hemocitos libres y los fagocitos fijos en los sinus hemales del hepatopáncreas; en la mayoría de los decápodos, la fagocitosis es la eliminación de materiales extraños del hemocele, donde se ven involucradas varias clases de células. Proteínas y pequeños virus son eliminados por los podocitos, que son células especializadas en la picnocitosis, ubicadas en las branquias y en la glándula antenal. La fagocitosis, junto con otros mecanismos humorales, constituye la primera línea de defensa inmunitaria cuando una partícula atraviesa la primera barrera (la cutícula). Este mecanismo fue también descrito por otros autores (Jonson, 1987).

Coagulación: Otro importante proceso en los crustáceos, es el rápido sello de las heridas, lo que previene la pérdida de la hemolinfa y evita el ingreso de partículas extrañas al organismo. La proteína de la coagulación es un dímero plasmático cuyo monómero tiene aproximadamente 200 kDa.

Martínez (2007) considera que el primer proceso inmune es el reconocimiento de los microorganismos. Este proceso es llevado a cabo por los hemocitos por medio de moléculas capaces de reconocer estructuras en las paredes celulares de los organismos invasores, como proteínas de fijación y reconocimiento de -1,3-glucanos, lipopolisacáridos y péptidoglicanos. Después de detectar los organismos invasores, los hemocitos son activados y consecuentemente una serie de mecanismos entran en acción para controlar o eliminar los organismos invasores.

Bower y cols., (1994) y Newman y Bullis (2004) plantean que los sistemas de defensa incluyen la coagulación de la hemolinfa, melanización, aglutinación celular, mecanismos antimicrobianos, formación de sustancias reactivas del oxígeno y mecanismos fagocíticos. Entre estos mecanismos, la coagulación de la hemolinfa y la melanización mediada por el sistema fenoloxidasa, además de la aglutinación celular, están directamente inducidos por sustancias extrañas (antígenos), lo que resulta en el sometimiento de los microorganismos invasores que así inmovilizados, son finalmente eliminados por las sustancias antimicrobianas liberadas por la mayoría de los diferentes tipos de hemocitos. Estas defensas son normalmente activadas por proteínas específicas y moléculas de carbohidratos (lipopolisacáridos, peptidoglicanos y glicanos) de la superficie de bacterias, hongos y agentes protozoarios, que son reconocidos por los hemocitos como extraños (actuando como antígenos). Sin embargo, su habilidad para reconocer virus es limitada, ya que muchos de ellos tienen moléculas superficiales similares a las de las células del hospedero.

Estos antígenos se encuentran formando parte de las paredes celulares de los microorganismos, localizados de la manera siguiente:

- Péptidoglicanos (PG): En las paredes celulares de las bacterias Gram positivas.
- Lipopolisacáridos (LPS): En las paredes celulares de las bacterias Gram negativas.
- -glucanos: En las paredes celulares de hongos, levaduras y algas.

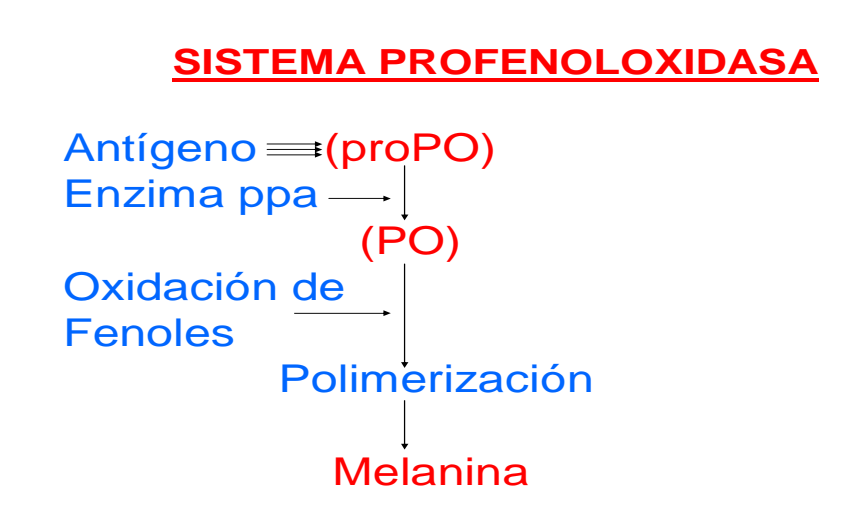
Según Patrick y Larkin (1995), los PG se localizan alrededor de la membrana citoplasmática de las bacterias Gram positivas, donde se encuentra una rígida pared celular que contiene esta sustancia y que da forma a la bacteria. El PG consiste de un columna vertebral de polisacárido alternando residuos de N-acetilglucosamina (NAG) y N-ácido acetilmurámico (NAM) con pépticos.

Espinosa y cols. (2002) plantean que los LPS se encuentran formando parte de las paredes de las bacterias Gram negativas, inducen efectos inflamatorios y por ende activan los mecanismos de defensa del huésped. Por otra parte, estudios realizados demuestran que los LPS causan un aumento exponencial en el número de hemocitos circulantes en camarones del género *Litopenaeus*.

Duvic y Söderhäll (1994) y Raa (1996) refieren que los Beta-glucanos son estructuras de tipo polisacáridos, de paredes celulares de hongos y levaduras, compuestas por unidades de glucosa que son enlazados a través de -1,3- -1,6; el primero está presente en la pared celular de levadura de pan *Saccharomyces cerevisiae*. El -glucano es una micropartícula con un diámetro de alrededor de 2-4 μm , compuesta por más de un 95% de glucosa.

Según Vázquez y cols. (1998), dentro de los mecanismos de defensa de los camarones, encontramos el sistema profenoloxidasa (proPO), que al ser activado, tiene como resultado la manifestación de una serie de reacciones enzimáticas y que se encuentra en el interior de los gránulos de los hemocitos granulosos y semigranulosos y puede ser liberado por estimulación de antígenos. Una vez liberado el contenido granular por degranulación, el proPO es activado a fenoloxidasa (PO). La enzima activadora es una serina-proteasa de tipo tripsina, llamada Profenoloxidasa Activating Protein (ppA). La PO es la enzima responsable de la melanización observada en crustáceos e insectos, ya que producen la oxidación de fenoles en quinones, los que se polimerizan a melanina (Ver figura 1).

Figura 1. Esquema de la formación de melanina a partir del sistema inmune de la profenoloxidasa



La melanina es un pigmento de coloración entre parda y negra, al que se le adjudican diversas propiedades biológicas como la inhibición de la actividad de enzimas bacterianas y fúngicas. La activación del sistema proPO, medido en términos de actividad de la PO, ha sido muy usada por algunos investigadores para cuantificar la inmunoestimulación en camarones (Rendón y Balcázar, 2003).

Fonseca (2010) confirmó durante su investigación, que la melanina es la responsable de las manchas que aparecen en el caparazón lo que, teniendo en cuenta la figura 1, significa que cualquiera de los microorganismos que presentan en sus paredes los antígenos citados, puede activar el sistema profenoloxidasa y producir finalmente la melanina y, con ello, la conocida mancha carmelita, lo que representa que el efecto sobre el camarón, al mancharse (como en la Erosión Bacteriana del Caparazón, por ejemplo) se produce indistintamente por cualquiera de los antígenos descritos y es por ello que es muy importante la presencia del Epidemiólogo Veterinario en esas situaciones, en aras de lograr un diagnóstico específico.

Los microorganismos quitinolíticos son capaces de segregar enzimas quitinolíticas (que degradan la quitina, que es la sustancia que aporta la mayor dureza al caparazón).

Swiontek-Brzezinska y cols. (2007) plantean que la quitina es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa. Es usada como agente floculante para el tratamiento del agua, curar heridas, espesante, estabilizador en alimentos y medicamentos y como resina intercambiadora de iones. Es insoluble en agua y en solventes orgánicos debido a los enlaces de hidrógeno que presenta su molécula y se vuelve soluble en ácidos inorgánicos diluidos cuando pierde el acetilo del grupo acetilamino, convirtiéndose en quitosana. Este proceso puede deberse también a la acción de bacterias quitinolíticas.

Ante tanta complejidad podemos afirmar que, si bien es importante ante todas las situaciones de salud en cualquier especie, en la camaronicultura juega un rol especial la prevención. El buen manejo y la buena alimentación constituyen los pilares de la prevención; pero las medidas preventivas no basta sólo con aplicarlas, se hace necesario su comprensión del por qué y el cómo, en cuanto a su ejecución.

Para una mejor comprensión de los aspectos referidos en este modesto trabajo, podemos citar algunas medidas preventivas y su fundamentación, partiendo de los elementos causales de diferentes procesos morbosos.

1. Sembrar a densidades adecuadas.

Fundamentación: Determinar la densidad de siembra óptima, es una de las decisiones más críticas que un productor pueda tomar. Desde la perspectiva de maximizar la eficiencia en la producción, el objetivo es cosechar la más alta cantidad de camarón de un tamaño específico, sin incrementar los costos unitarios; desde una perspectiva ambiental, el manejo de la densidad de siembra girará alrededor de reducir la entrada de agua al estanque y luego disminuir la salida de residuos. La tasa de siembra depende de múltiples elementos, tales como la mortalidad esperada, la habilidad para manejar la calidad del medio y los costos de las poslarvas (Hernández y cols., 1995).

Esto significa que la densidad de siembra óptima no puede recomendarse genéricamente con toda exactitud, pues depende de las condiciones específicas del lugar, época, infraestructura, entre múltiples aspectos. Por ello, esta determinación requiere de un estudio minucioso y con todas las bases científicas necesarias.

Cuando la densidad de siembra es muy alta, ocurre entonces el hacinamiento, situación que actúa negativamente de varias formas, entre ellas pueden citarse el estrés y las lesiones entre los animales.

Según Gómez y cols. (2000), el estrés produce inmediatamente la pérdida del rendimiento fisiológico del organismo, lo que incluye la depresión de su sistema inmune y con ello, la aparición de procesos morbosos.

Además, el estudio morfológico de estos crustáceos devela la presencia en su extremidad craneal, del rostrum, elemento anatómico de extremo bien agudo y punzante, cuando los animales se hacinan se hieren entre ellos por medio de este componente anatómico, lo que constituye una puerta de entrada para los microorganismos.

2. Sembrar a menores densidades en época de frío.

Fundamentación: En el caso del *P. vannamei*, este es un animal de aguas cálidas, es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, desde Sonora, al Norte de México, hacia Centro y Suramérica hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20°C durante todo el año (Decamp y cols. 2003; FAO 2009).

Por otra parte, estos animales son poiquilotermos y sensibles al frío; por ello, la respuesta para garantizar la temperatura orgánica adecuada consiste en unirse lo más posible, lo que conduce al hacinamiento, el que es contemplado como un elemento predisponente de muchas enfermedades (GEDECAM-MIP, 2007).

Las repercusiones negativas del hacinamiento han sido referidas.

3. Realizar el alivio de la biomasa.

Fundamentación: La pesca parcial, independientemente de garantizar el aprovechamiento precoz del proceso productivo, contribuye a estabilizar la densidad del cultivo, es decir, aunque se haya realizado una siembra con densidad aceptable, cuando los camarones crecen, comienzan a demandar mayor espacio vital y el alivio de la biomasa garantiza restablecer este parámetro, evitando el hacinamiento ya referido.

4. Controlar los parámetros físico-químicos del agua.

Fundamentación: La fundamentación de esta medida es muy amplia, por lo que sólo referiremos algunos aspectos.

Temperatura: La que interesa en la camaronicultura es exactamente la del agua, aunque depende, como es natural, de la ambiental, pero un estanque puede ser considerado como un ecosistema relativamente independiente, como un organismo con su propio desarrollo y sus propias leyes de la biodinámica, aunque de modo general, la temperatura

del agua tiene como tendencia equilibrarse con la ambiental externa (GEDECAM-MIP, 2007).

Según Rodríguez y cols. (2001), entre los factores que favorecen la aparición de enfermedades están los problemas ecológicos, relacionados en su mayoría con alteraciones del medio natural o de cultivo como son las temperaturas extremas, que afectan directamente el metabolismo, el consumo de oxígeno, el crecimiento, la muda y la supervivencia teniendo además un efecto directo sobre otras variables ambientales como son la salinidad y la oxigenación.

pH: El registro del potencial de Hidrógeno, aunque no de importancia nula en el aire como medio de los mamíferos y aves, no puede tener el mismo interés que en el agua, donde se le presta especial atención por ser este líquido el medio de los organismos acuáticos y estar sujeto a fluctuaciones muy marcadas, que al estar en contacto directo con los animales, inmediatamente influyen en él (Masser, 2000).

Salinidad: Este indicador es de especial interés para la acuicultura, pues su magnitud influye directamente en el comportamiento biológico de los animales.

Chung (2001) considera que la adaptabilidad a cambios de salinidad en los organismos acuáticos, está influenciada por varios parámetros abióticos y bióticos. La salinidad y la temperatura de aclimatación, son elementos claves en la respuesta fisiológica de estos animales.

Los valores de salinidad registrados en los estanques de cría pueden variar mucho (pueden subir con la evaporación o bajar con las lluvias); el rango de tolerancia de los camarones a este parámetro es muy amplio y son capaces sobrevivir desde 0 hasta 50 ppm, sin embargo, el rango de crecimiento óptimo es de de 15 a 25 ppm como promedio. Por otro lado, si bien el animal puede vivir en agua con salinidades muy diferentes, no puede soportar un cambio muy brusco (FAO, 1990).

Oxígeno disuelto (OD): Está normalmente presente en todas las aguas superficiales y es esencial para los procesos vitales de toda la vida acuática. Debido a los requerimientos de la flora y la fauna normal, los cambios de contenido de esta sustancia producidos por contaminación, constituyen un elemento significativo para evaluar su magnitud.

El oxígeno disuelto es un elemento ambiental regulador del metabolismo de los camarones, su papel en este sentido está dado por su participación directa en la obtención de energía a partir de la respiración, mediante la fosforilación oxidativa. En este proceso, el OD es el último aceptor de electrones de la cadena respiratoria, permitiéndoles a los animales aprovechar al máximo la energía contenida en los enlaces de las moléculas de carbono que son metabolizadas por el ciclo de Krebs (ciclo de los ácidos tricarbónicos). El utilizar o no esta sustancia como el aceptor final de electrones, marca una gran diferencia en la cantidad de energía disponible para realizar trabajo. Una disminución relativamente pequeña de 5 a 4 mg/l provoca una reducción de hasta un 25% en la energía canalizada hacia la producción de biomasa. Es de gran importancia la concentración de OD en el agua, sin embargo, el grado de solubilidad de este elemento es una variable dependiente de la temperatura del agua, salinidad y material en suspensión, así como del ritmo de producción por parte de organismos fotosintéticos y del consumo característico para cada ecosistema; por lo tanto, es un parámetro dependiente de otros elementos, los que a su vez pueden ser considerados, con respecto al oxígeno, variables independientes y relativas, por cuanto también están directamente influenciados por aspectos climáticos como precipitación, temperatura ambiental y evaporación (Rosas y cols., 1998).

Ante un cambio rápido en la cantidad de oxígeno presente, los animales regulan la tasa de ventilación y el porcentaje de utilización de este gas en la cámara branquial. Asimismo, para compensar el cambio en la cantidad presente en el agua, pueden transformar la presión sanguínea en las branquias para que la hemolinfa que puede transportar una mayor cantidad de oxígeno, fluya mejor (Alpuche y cols., 2005).

La influencia de estos elementos sobre el agua y los animales puede manejarse a través del recambio de agua, pero es necesario observar para ello las Buenas Prácticas de Manejo (BPM), pues su déficit no garantiza la estabilización del estanque, mientras que su exceso conlleva a resultados negativos, por una parte debido a los cambios del medio, lo que trae consigo el estrés a partir del esfuerzo del camarón para lograr la adaptación y, por otra parte, el agua procedente de los sistemas de crianza está generalmente afectada por los residuos del propio proceso y de alguna manera pueden terminar en fuentes de agua natural y provocar su contaminación.

5. Aplicación de la inmunoestimulación

Sung y cols. (1994) consideran que fundamentalmente los problemas virales (para los que no existe la alternativa de los antibióticos) han incrementado el interés en la prevención mediante inmunoestimulación. En años recientes, estos productos han sido aplicados para aumentar la resistencia de camarones contra infecciones bacterianas y virales. Las sustancias de esta naturaleza tienen la cualidad de alertar al sistema inmune no específico y son, por regla general, extraídas de las paredes de los microorganismos citados en este trabajo.

La estimulación se provoca a nivel de los efectores humorales y no es específica. Se ha demostrado que algunos compuestos, como los sacáridos, los péptido-glicanos y los glucanos, pueden actuar de esta manera sobre las respuestas defensivas a nivel del sistema inmune. Precisamente, los patógenos activan los mecanismos de defensa a través de señales emitidas por compuestos de sacáridos y glucanos que se encuentran en su superficie celular. Los inmuno-estimulantes e inmuno-moduladores, vienen siendo incorporados a las dietas, ya que ofrecen la facilidad de dosificación oral. La ventaja de los inmuno-moduladores radica en que no ocasionan una demanda de energía, por lo que no retardan el crecimiento y pueden usarse en forma continua, facilitando su dosificación en las dietas; además, no ocasionan resistencia ni acostumbamiento. Otra acción de estos compuestos, es que estimulan la aglutinación, lo que ayuda al aislamiento y reducción de patógenos (Berger, 2000).

Conclusión

A manera de conclusiones podemos expresar que si bien la actividad del hombre en la acuicultura está sujeta al desarrollo científico e investigativo, muchas veces no se hacen conscientes las potencialidades naturales de nuestros animales en explotación y debemos partir de que el conocimiento de las características morfofisiológicas de la especie en cuestión, constituye la base del sistema de manejo, de prevención y terapéutico.

El conocimiento del Sistema Inmune de los camarones nos permite manejar correctamente las medidas que tomemos y hacerlo sólo en los casos que lo requiere, ya que la crianza comprende la intervención del hombre, por lo menos dejar el desarrollo natural de los animales hasta tanto sea posible.

Aunque este trabajo está basado en especial en la especie *Penaeus vannamei* bajo el sistema de explotación extensivo, puede ser aplicado a otras especies y sistemas de explotación, tomando la esencia de la información y adaptándola al nivel que se trate.

Bibliografía

1. Alday, V. 1999. Diagnóstico y prevención de la enfermedad del Punto Blanco. El Mundo Acuícola. 5:3-7.
2. Alpuche, J.; Pereyra, A.; Agundis, Concepción Josefina. 2005. Respuestas Bioquímicas de Camarones Marinos a Factores Ambientales. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET ®, ISSN 1695-7504, Vol. VI, n° 03. [citado 2009-09-13], Disponible en Internet <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050508.pdf>
3. Andrade de Pasquier, Glenys J. 1996. Análisis de la pesquería del camarón blanco *Penaeus schmitti* en el lago de Maracaibo. Venezuela. Tesis de Master en Ciencias del mar. Universidad Católica del Norte. Chile.
4. Bachere E. 2000. Shrimp immunity and disease control. [Aquaculture 191:3-11.](#)
5. Berger, C. 2000. Aportes de la Biotecnología a la Alimentación y a la Inmuno-Estimulación de Camarones peneidos. Disponible en Internet http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/Varchivosberger.pdf
6. Bower, S.M., McGladdery, S.E., Price, I.M. 1994. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: Chitinolytic Bacterial Shell Disease of Shrimp and Prawns. Disponible en Internet <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/shellfish-quillages/diseases-maladies/pages/chpdsp-eng.htm>
7. Bucheli, P. 1999. Consideraciones técnicas para proyectos de Acuicultura. Universidad Jefferson. Aquatica S.A. Disponible en Internet. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/perfiles_productos/camaron.pdf
8. Calderón, J.V. 2001. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Libro de Resúmenes.
9. Ching, C. A. 2005. Los hemocitos, células de defensa contra las enfermedades del camarón marino. Boletín NICOVITA. Camarón de mar. Volumen 10 _ Edición 1_ Enero – Marzo.
10. Chung, K. S. 2001. Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. Revista de Biología Tropical Vol. 49 No.1. San José. 2001. ISSN 0034-7744.
11. Cooper, M., Alder, M. 2006. The evolution of adaptive immune systems. Cell.Feb, vol 24, n°4, pp: 815-822
12. Cruz G. L. F. (2007). Caracterización de los hemocitos de la langosta *Cherax quadricarinatus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas UAEM.
13. Decamp, O.; Cody, J.; Conquest L.; Delanoy, G.; Tacón, A. 2003. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) within experimental zero-water exchange culture system. Aquac Research 34. 340-350.

15. Destoumieux, D.; M. M.; Céline Cosseau; Jenny Rodríguez; P. B.; M. C. y Evelyne Bacheére. 2000. Journal of Cell Science 113 : 461 – 469.
16. Destoumieux, D.; Muñoz, M.; Bulet, P.; Bachere, E. 2000a. Peneidins, a family of antimicrobial peptides from penaeid shrimp (Crustace, Decapoda). Cellular and Molecular Life Sciences 57, 1260-1271.
17. Duvic, B. y K. Söderhäll (1992) Purification and partial characterization of a 1,3 - glucanos-binding protein-membrane receptor from blood cells of the crayfish *Pacifastacus leniusculus*. Eur. J. Biochem., 207:223-228.
18. Espinosa, G., T. Rodríguez, J. Marrero, L. Ramos, Y. Borrell, U. Bécquer, F. Nodas y N. Hernández (2002) Efectores inmunitarios como herramientas en la prevención de enfermedades en el camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. 765- 777.
19. FAO. 1990. [Consultoría en cultivo de camarón. 1ra misión del 16/07/88 al 24/12/88](#). Departamento de pesca. Depósitos de documentos de la FAO.
20. FAO. 2009. Manual par la cría de camarones peneidos. Biología de camarones peneidos. Departamento de pesca. Depósitos de documentos de la FAO. Disponible en Internet <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB466S/AB466S02.htm>
21. Fonseca M., E. E. 2010. Comportamiento de la Erosión Bacteriana del Caparazón en *Penaeus vannamei* en el período 2005-2008. Tesis en opción al Título Académico de Master en Ciencias en Medicina Preventiva Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Granma. Cuba.
22. GEDECAM-MIP. 2004. (Grupo Empresarial para el Desarrollo del cultivo del Camarón-Ministerio de la Industria Pesquera). El cultivo de camarón. Antecedentes, estudio actual y perspectivas para su desarrollo en Cuba, 18.
23. GEDECAM-MIP. 2007. Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT) para el engorde del camarón en Cuba.
24. Gómez, B.; Roque, Ana; Guerra Flores, Ana L. 2000. Enfermedades Infecciosas más Comunes en la Camaronicultura en México y el Impacto del Uso de Antimicrobianos. Sinaloa. México. Disponible en Internet <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Camaron/Enfermedades%20infecciosas%20mas%20comunes%20en%20la%20camaronicultura%20en%20Mexico%20y%20el%20impacto%20del%20uso%20de%20antimicrobianos.pdf>
25. Hedrick, S. 2004. The acquired immune system a vantage from beneath. Immunity, vol. 21, n°5, pp: 607-615.
26. Hernández, LI.; Magallón, B.; Lechuga C. H.; Bustillos, J. J.; López D. 1995. Growth potential of wild juvenile *Penaeus stylirostris* in earthen ponds receiving chemical and organic fertilizers and pellet feed. Aquaculture Engineering 14(4):317-330.

27. Jiménez, F. 1999. Atlas de enfermedades de peneidos. SEMARNAP. México. 81. Disponible en Internet <http://www.xoc.uam.mx/pronalsa/boletin/Boletin%2014.pdf>
28. Johnson, P. (1987) A review of fixed phagocytic and pinocytotic cells of decapod crustaceans, with remarks on hemocytes. *Dev. Comp. Immunol.*, 11: 679-704.
29. Karp, R.D., 1990. Cell-mediated immunity in invertebrates. *Bioscience* 40(10), 732-737.
30. Kauschke, E., Eue, I., Lange, S., Mohrig, W., Cooper, E. L. 2000. Immune proteins in earthworms. *Recent Res Develop Comp Biochem Physiol*, vol. 1, pp:105-122.
31. Kurtz, J. 2005. Specific memory within innate immune systems *Trends Immunol*, vol. 26, n°4, pp: 186-192.
32. Le Moullac, G.; Loic P. L.; Denis S.; Cyrille G. y Marleen Dehasque. 2000. Principios y Problemas Involucrados en la Evaluación de Inmunoestimulantes en Juveniles de Camarón. Disponible en Internet <http://parchimer.ifremer.fr/doc000291401111197.pdf>
33. Lozano. C. G; Luis M. S.; Augusto P. 2012. La inmunidad de los camarones, avances recientes. Disponible en Internet <http://www.monografias.com/trabajos93/inmunidad-camarones-avances-recientes/inmunidad-camarones-avances-recientes.shtml>
34. MAF (Ministry of Agriculture and Forestry). 2001. Transitional facilities for ornamental fish and marine invertebrates. MAF Biosecurity Authority, Animal Biosecurity, Standard 154.02.06, Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington, 23 March 2001, 30.
35. Martínez, F. S. 2007. Sistema inmune en camarones. Asistencia Técnica Nicovita-ALICORP SAA. Boletín NICOVITA. Julio-septiembre. Edición Tumpis.
36. Masser, M.P. 2000. The status and future of inland aquaculture. *World Aquaculture Magazine* September. Vol 31. No. 3.
37. Morales Covarrubias, María Soledad. 2004. Enfermedades del Camarón. Detección mediante análisis en fresco e histopatología. Editorial Trillas. S.A. México, 59-93.
38. Newman, S.; R. Bullis. 2004. The new wave abstracts. World Aquaculture Society.
39. OIE. 2000. (Oficina Internacional de Epizootias) Código Zoonosanitario Internacional para los Animales Acuáticos. 3era Ed. Paris-France, 153.
40. OIE. 2006. Manual of diagnostic tests for aquatic animals. 2006. V Edición. ISBN 92-9044-682-X. París. Francia, 465.
41. Pascual, C., Gaxiola, G., Rosas, C. 2003. Blood metabolites and hemocyanin of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*: the effect of culture conditions and a comparison with other crustacean species. *Mar. Biol*, vol. 142, n°4, pp: 735-745.

42. Pascual Cristina; Ariadna Sánchez y Rosas, C. 2007. Bases teórico-prácticas para el conteo de células sanguíneas de camarones cultivados. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
43. Patrick S. y M.J. Larkin. 1995. Non-Clonal Recognition and Immunomodulation. In: Immunological and Molecular Aspects Bacterial Virulence. 7-25.
44. Ponce, J.; González, R.; Romero, O.; Febrero, I.; Arredondo, J.; Esarza, H.; García, G. 2005. Enfermedades del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* y *M. rosenbergii* durante el cultivo comercial en estanques rústicos, en empresas rurales. Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET). Vol. VI. No. 12. 2005. ISSN 1695-7504. Disponible en Internet <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205/120507pdf.doc>
45. Raa, J. 1996. The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. Reviews in Fisheries Science, 4(3):229-288.
46. Rendón, L.; Balcázar, J. L. 2003. Inmunología de camarones: Conceptos básicos y recientes avances. Revista AquaTIC, n° 19, pp. 27-33. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil. Ecuador. Disponible en internet http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19_4.pdf
47. Rodríguez, Tania; Y. B.; Laida Ramos; U. B.; Georgina Espinosa. 2001. Aplicación de la actividad hemoaglutinante de la hemolinfa de *Litopenaeus schmitti*. Rev. Invest. Mar. 22(3):235-240. Disponible en Internet http://www.bva.fao.cupub_docINVESTMARINASrmpdf200132001-235.pdf
48. Rosas, C.; Martínez, E.; Gaxiola, G.; Díaz, E.; Brito, R.; Soto, L. 1998. Effect of dissolved oxygen on the energy balance and survival of *Penaeus setiferus* juveniles. Mar Ecol. (174): 67-75.
49. Söderhäll, K.; Cerenius, L. 1992. Crustacean immunity. Ann Rev of Fish Diseases, 3-23.
50. Sung, H, G. Kou y L. Song (1994) Vibriosis resistance induced by glucan treatment in tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Fish Pathology, 29(1):11-17
51. Swiontek-Brzezinska, Maria; Lalke-Porczyk, El bieta; Donderski, Wojciech. 2007. Chitinolytic activity of bacteria and fungi isolated from shrimp exoskeletons. Oceanological and Hydrobiological Studies. International Journal of Oceanography and Hydrobiology. Vol. XXXVI, No.3. Institute of Oceanography. ISSN 1730-413X. Department of Environmental Microbiology and Biotechnology. Institute of Ecology and Environment Protection. Nicolaus Copernicus University. Poland. Disponible en Internet <http://www.oandhs.org/files/182.pdf>
52. Vargas-Albores, F., Martínez-Martínez, A., Aguilar-Campos, J. and Jiménez-Vega, F. 2008. Fish & Shellfish Immunology. In press.

53. Vázquez, L.; Sierra, C.; Juárez, S.; Agundis, C.; Zavala, A.; Zenteno, E. 1998. Mecanismos de inmunidad en crustáceos. *Interciencia*, 23(6): 344-348.
54. Wicky, G.A. 1998. Producción del Langostino de Agua Dulce o Camarón Gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*). *Revista AcuaTIC*. No 3. Mayo. 1998. Dirección de Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. República Argentina.