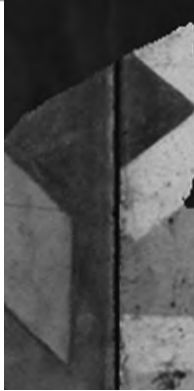


Los crustáceos y su mecanismo de defensa en la acuicultura

♦ Claudia Sierra Castillo
José Guadalupe Granados Ramírez



La acuicultura es una actividad biotecnológica que se realiza con la intervención del ser humano por medio del cultivo de organismos acuáticos de importancia económica y alimentaria con alto valor proteico para el consumo humano. Esta actividad se debe realizar con responsabilidad, ordenadamente y con pleno conocimiento de la biología del organismo a cultivar. La biotecnología ha realizado aportes significativos en los últimos años en esta disciplina, posibilitando su crecimiento y siguiendo las nuevas tendencias para hacerla sustentable.¹ Sin embargo, existen aspectos tecnológicos por solucionar en el cultivo de organismos acuáticos, entre ellos la amenaza permanente de enfermedades ocasionadas por bacterias, virus, parásitos, rickettsias, hongos, entre otros, que repercuten en la economía de los acuicultores.

En Morelos, la acuicultura es una actividad productiva, ya que existen centros acuícolas en varios de sus municipios que representan fuentes de trabajo alternas para las personas dedicadas al cultivo de peces de ornato, peces de consumo como la tilapia y crustáceos como el langostino *Macrobrachium rosenbergii* y la langosta *Cherax quadricarinatus*.

Los crustáceos están cubiertos por un exoesqueleto que constituye su primera barrera de defensa. El proceso de “muda o ecdisis” es necesario para que su cuerpo aumente de tamaño. Muchas de las funciones de los crustáceos, como la reproducción, el comportamiento y los procesos metabólicos, están relacionadas con la muda.² Se ha reportado que la deficiencia de ácidos grasos

¹ Christian Berger, “Aportes de la biotecnología a la alimentación y a la inmuno-estimulación de camarones peneidos”, en L. E. Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M. A. Olvera Novoa y R. Rivera-Cerecedo (eds.), *Avances en nutrición acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 de noviembre, Mérida, 2000, pp. 102-110.

² Véase el capítulo 9 de Christopher D. Moyes y Patricia M. Schulte, *Principios de fisiología animal*, Pearson Addison Wesley, Madrid, 2007.

♦ Profesora e investigadora, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), UAEM
Profesor e investigador, Facultad de Ciencias Biológicas (FCB), UAEM



provoca el síndrome de muerte durante la muda en la langosta *H. americanus*, y que la presencia del protozooario *Epistylis sp.* puede interferir en el proceso de muda en la langosta *Cherax quadricarinatus* inhibiendo su crecimiento.³

La alteración de los factores extrínsecos e intrínsecos del medio que pueden causar estrés en los organismos para el cultivo provoca deficiencias en el mecanismo de defensa y, en consecuencia, disminución del crecimiento, debilidad, y en ocasiones hasta la muerte. Lo anterior provoca que la biomasa y el rendimiento del cultivo disminuyan, lo cual resulta en pérdidas considerables, en ocasiones millonarias, como las causadas por enfermedades.⁴ Por ejemplo, una langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* estresada por baja saturación de oxígeno permanece enferma, por lo que cuando se evalúan dichas enfermedades desde el punto de vista del cultivo es necesario considerar las condiciones medioambientales, las prácticas de manejo y las deficiencias nutricionales.⁵

Una gran parte de las enfermedades es causada por virus y bacterias; un ejemplo es el virus de la mancha blanca, que ha causado graves pérdidas en casi todas las áreas de cultivo de camarón en América.⁶ En la langosta de agua dulce *Cherax*

quadricarinatus en Ecuador, se reportó una bacteria intracelular que causó infección, con índices de mortalidad de hasta el 80%.⁷ Otros organismos patógenos para *Cherax quadricarinatus* son el microsporidium *Thelohania sp.*, baculovirus e infecciones sistémicas, que han causado mortalidad asociada con *Vibrio mimicus*. Una alternativa recomendada para la determinación y prevención de enfermedades es la cuantificación de parámetros inmunitarios y el diagnóstico hemocitario como un marcador del estado fisiológico del animal.⁸

La función del sistema de inmunidad en los organismos es mantener la individualidad biológica; su principal actividad es diferenciar y eliminar todo material extraño en sus tejidos.⁹ En invertebrados se requiere de una compleja participación de grupos celulares especializados y factores humorales específicos que se producen contra un determinado antígeno, como sucede en mamíferos.

El mecanismo de defensa en los crustáceos se encuentra dentro de la hemolinfa, líquido tisular (de los tejidos), claro y de aspecto acuoso. El volumen sanguíneo de estos organismos es grande y puede suponer de un 20% a un 40% del volumen del cuerpo. Los hemocitos, células circulantes

³ Humberto Villarreal Colmenares y José Naranjo Páramo, *Cultivo de la langosta de agua dulce Cherax quadricarinatus (redclaw)*, Programa de Acuicultura, Cibnor, La Paz, 2008, pp. 3, 7-8.

⁴ Christian Berger, "Aportes de la biotecnología...", *op. cit.*

⁵ Humberto Villarreal Colmenares y José Naranjo Páramo, *Cultivo de la langosta...*, *op. cit.*

⁶ Christian Berger, "Aportes de la biotecnología...", *op. cit.*

⁷ R. Jiménez y X. Romero, "Infection by intracellular bacterium in red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (VonMartens), in Ecuador", *Aquaculture research*, vol. 28, 1997, pp. 923-929.

⁸ Martha Maldonado, Jenny Rodríguez e Ignacio de Blas, "El camarón de cultivo frente al WSSV, su principal patógeno", *Aquatic*, núm. 27, 2004, pp. 78-91.

contenidas en la hemolinfa, actúan en el mecanismo de inmunidad innata contra microorganismos e invasores, que pueden ser considerados funcionalmente análogos a los leucocitos de vertebrados, dado que están involucrados principalmente en el reconocimiento y la eliminación del material extraño o en la coagulación de la hemolinfa.

La eliminación directa de partículas extrañas del propio organismo, como patógenos, parásitos o células envejecidas, se realiza por medio de la fagocitosis, nodulación y encapsulación, responsables del reconocimiento del material extraño, de la liberación de sustancias antimicrobianas y de la regulación de los factores inmunoestimulantes durante la reacción de defensa. Se ha reportado la fagocitosis por hemocitos de algunos crustáceos, como en el langostino *Macrobrachium rosenbergii*, la langosta marina *Homarus americanus* y la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*.¹⁰

Dentro de los factores séricos (humorales) en circulación existen innumerables moléculas con diferentes papeles fisiológicos: hemocianina, proteínas de reconocimiento, lipoproteínas, factor de coagulación, proteínas de reconocimiento de

β -glucanos y lipopolisacáridos capaces de reconocer bacterias y hongos, respectivamente. Otras moléculas con importante actividad son la α 2-macroglobulina, aglutininas, componentes del sistema de la proPO (profenoloxidasas, proteína presente solo en invertebrados) responsable de la melanización de patógenos y del daño tisular que acompaña todas las reacciones inflamatorias de los crustáceos y péptidos antimicrobianos, como las peneidinas y las lectinas.¹¹

Se ha descrito que los efectos de los parámetros fisicoquímicos del agua provocan estrés y activación de la respuesta inmune en la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, por ejemplo, el bajo nivel de oxígeno, que es el problema potencial más serio para el cultivo de la langosta. Históricamente, la mayoría de las muertes masivas se relacionan con bajos niveles de oxígeno disuelto en el agua, y sus características son la mortalidad a corto plazo y durante la muda; la disminución en la tasa de crecimiento de los organismos, y la mala reproducción. La langosta se ha adaptado a temperaturas que van de 5° C a cerca de 40° C, aunque el porcentaje de sobrevivencia depende de la frecuencia y duración de las condiciones

⁹ Luis Rendón y José Luis Balcázar, "Inmunología de camarones: conceptos básicos y recientes avances", *Aquatic*, vol. 19, 2003, pp. 27-30.

¹⁰ Claudia Sierra, Armando Pérez, Concepción Agundis, Edgar Zenteno y Lorena Vázquez, "Subcellular localización of a seric lectin in haemocytes from *Macrobrachium rosenbergii* (decapoda, Natantia) and its role in phagocytosis", en Frederik R. Schram y J. C. von Vaupel Klein (eds.), *Crustacean and the biodiversity crisis: Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress, Amsterdam, The Neederlands, July 20-24, 1988*, vol. 1, Koninklijke Brill NV, Leiden/Boston/Köln, 1999, pp. 961-970; Claudia Sierra, Ricardo Lascrain, Aly Pereyra, Jorge Guevara, Georgina Martínez, Concepción Agundis, Edgar Zenteno y Lorena Vázquez, "Participation of serum and membrane lectins on the oxidative burst regulation in *Macrobrachium rosenbergii* hemocytes", *Develop comparative immunology*, vol. 29, 2005, pp. 113-121.

¹¹ Martha Maldonado *et al.*, "El camarón de cultivo..."; *op. cit.*; Gary G. Martin y Jo Ellen Hose, "Vascular elements and blood (hemolymph)", en F. W. Harrison y A. G. Humes (eds.), *Microscopic anatomy invertebrates, 10. Decapod crustacea*, Wiley-Liss, Nueva York, 1992, pp. 117-146; Humberto Lanz, Víctor Tsutsumi y Hugo Archiga, "Morphological and biochemical characterization of *Procambarus clarkii* blood cells", *Developed comparative immunology*, vol. 17, 1993, pp. 389-397.



adversas, relacionadas con los niveles de oxígeno que influyen en la respuesta fisiológica del animal y en la susceptibilidad de enfermedades.

La temperatura óptima para un buen crecimiento, reproducción y resistencia de enfermedades es de entre 20° C y 32° C. Se ha relacionado el estrés con el pH; sin embargo, aunque las mortalidades son raras, se han reportado asociadas con un pH de 10 y con otros problemas en la calidad del agua, como una baja saturación de oxígeno. Por otra parte, la deficiencia de calcio, que es un agente esencial en el endurecimiento de la cutícula de la langosta, causa tasas de crecimiento reducidas. Otro factor, el envenenamiento por nitrógeno, es ocasionado por un incremento repentino de la saturación de N₂ a causa del desbalance de los volúmenes de agua y gas en el acuífero fuente y del envenenamiento por hierro. Estas precipitaciones de hierro son tóxicas en las branquias de la langosta.¹²

En relación con el medio que rodea los estanques de cultivo, los herbicidas no causan daños aparentes en el cultivo, a diferencia de los insecticidas, que son muy tóxicos para la langosta. A pesar de encontrarse en bajas concentraciones, han causado muertes masivas, ya que el veneno actúa normalmente sobre el sistema nervioso. Otros actores que deben considerarse son el fondo del estanque y la vegetación acuática, donde puede haber organismos causantes de enfermedades.

Este problema puede incrementarse por el exceso de materia orgánica.¹³

En el estado de Morelos se han realizado estudios sobre aspectos del mecanismo de defensa del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, que aportó información importante. Por ejemplo, se determinaron los grupos celulares (hemocitos) y la función de cada uno de ellos en la respuesta celular ante agentes extraños; se caracterizó una proteína sérica "lectina", que posee reconocimiento específico hacia carbohidratos de superficie y probables aplicaciones como marcador de superficie celular.

Asimismo, se determinó su participación en los procesos celulares de fagocitosis, nodulación y encapsulación; en la producción de radicales libres del oxígeno o "estallido respiratorio" (mecanismo que se lleva a cabo durante el proceso de fagocitosis), y en la glicosilación de la membrana de los hemocitos, que contiene los receptores de superficie celular para el reconocimiento del micro organismo que será fagocitado. También se estudió la presencia de la lectina sérica y su intervención en las respuestas celulares como glicoproteína que activa la respuesta celular del mecanismo de defensa.¹⁴

En observaciones se identificó la presencia ocasional de *Epistylis* sp., algas que cubren al animal, y de bacterias quitinoclásticas que crecen en la cutícula y producen una mancha negra. Estos organismos atacan principalmente la cutícula del

¹² Humberto Villarreal Colmenares y José Naranjo Páramo, *Cultivo de la langosta...*, op. cit.

¹³ *Ibid.*

¹⁴ Claudia Sierra et al., "Subcellular localización...", op. cit.; Claudia Sierra et al., "Participation of serum...", op. cit.

langostino, que en general se elimina cuando este entra en el periodo de muda, pero rara vez llegan al músculo, aunque causan una mala apariencia en él para su comercialización.

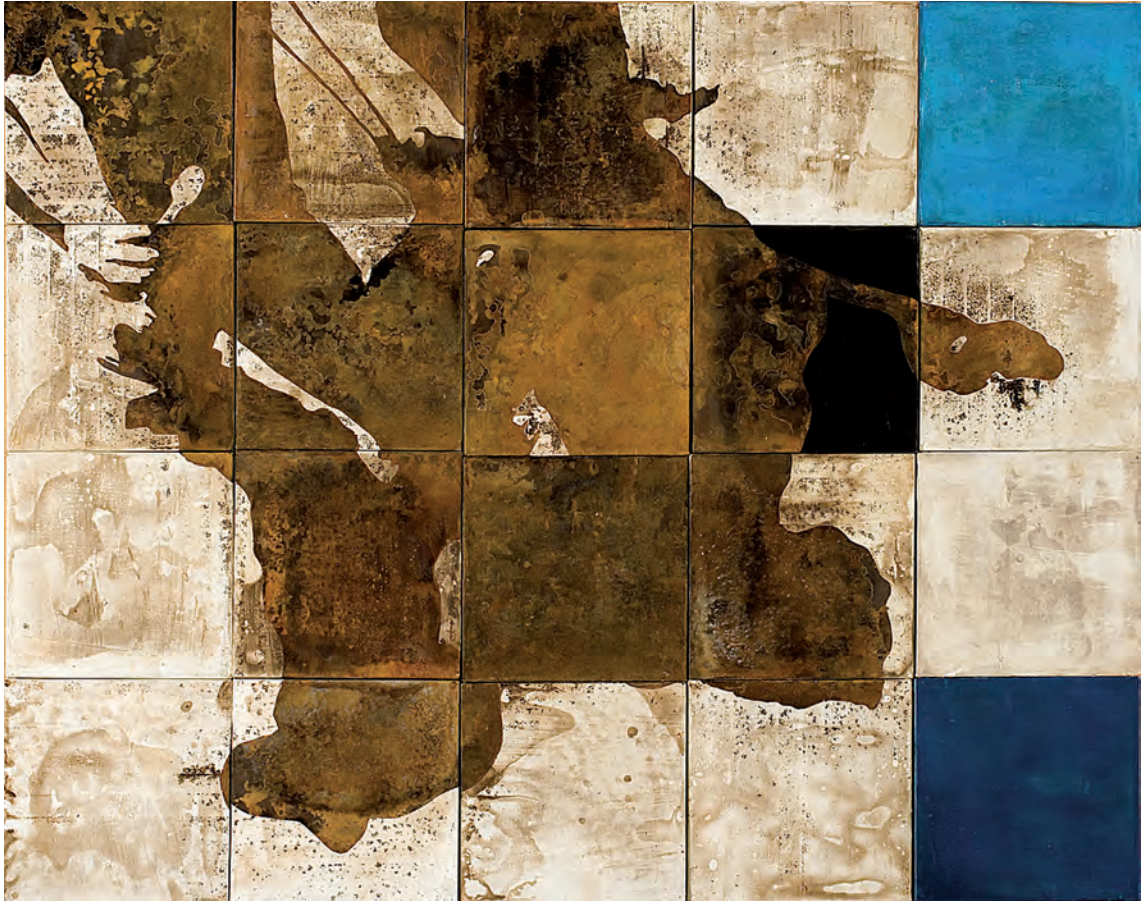
Otro crustáceo que se estudia actualmente es la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, que se cultiva en el estado de Morelos. Este organismo presenta características ventajosas para su cultivo; sin embargo, hay factores que pueden causar enfermedades en la langosta y alterar los valores totales de hemocitos activando la respuesta inmune. Se ha determinado la clasificación e identificación de los grupos celulares de la hemolinfa "hemocitos" y su participación en los mecanismos de defensa: fagocitosis, nodulación, encapsulación y explosión oxidativa.

Con base en el conteo total de hemocitos y en el conteo diferencial, se llevan a cabo estudios acerca de la inducción del sistema inmune con bioestimulantes: lipopolisacáridos (LPS) componentes de las bacterias Gram negativas; peptidoglicanos componentes de paredes Gram positivas, y beta-glucanos, estructuras polisacáridas de paredes celulares en hongos y levaduras. Lo an-

terior, con la finalidad de determinar la respuesta celular y posteriormente realizar este análisis con las bacterias y hongos existentes en el medio donde se cultivan las langostas.

Estas investigaciones se basan en el principio básico de la acuicultura, que es crear y manipular condiciones óptimas del medio ambiente para los organismos acuáticos que se desea cultivar. En caso de no tener controlados los cultivos, se da lugar al desarrollo de enfermedades. Por lo tanto, es necesario conocer el mecanismo de defensa de los crustáceos, el cual está íntimamente relacionado con su fisiología, ya que participa en la homeostasis (equilibrio) de todo el organismo. De alterarse este equilibrio, se comienzan a desencadenar problemas de mal funcionamiento de los individuos, los cuales afectarán considerablemente los cultivos.

Finalmente, es importante mencionar que los componentes del sistema de inmunidad innato de los crustáceos pueden actuar como bioindicadores del medio y de la fisiología del organismo, y proporcionar así una herramienta de diagnóstico para los sistemas de cultivo.



Venezia 17. Acrílico, óleo, agentes oxidantes en tela sobre madera, 120 x 150 cm, 2009