

## Aspectos generales del cultivo y la genética del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

General aspects of culture and genetics of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

Raudel Cobo Abrantes y Lourdes Pérez Jar

Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 No. 503 entre 5ta. Avenida y Mar, Santa Fe, Playa, CP 19100, La Habana, Cuba, E-mail: rcobo@cip.alinet.cu

### RESUMEN

El camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* es reconocido como uno de los más cultivados por sus altos rendimientos y por presentar elevados precios en el mercado internacional. Contribuye en un 55 % a la producción mundial y se cosechan alrededor de tres millones de toneladas métricas anualmente. La genética constituye una herramienta relevante para el incremento de la productividad y sostenibilidad de la acuicultura como industria. Dentro de esta rama, las técnicas moleculares de análisis del ADN han potenciado los programas de selección en muchas especies, a través de dos elementos fundamentales: la selección asistida por marcadores moleculares y el establecimiento de pedigríes que permitan evitar la endogamia en los procesos de selección. Diversos tipos de marcadores moleculares han sido empleados para analizar los parámetros genéticos de poblaciones naturales y de cultivo. Sin embargo, los microsátélites del ADN se han convertido rápidamente en una técnica estándar por sus elevadas características de reproducibilidad, polimorfismo y codominancia. Con el objetivo de disminuir la pérdida de variabilidad genética resulta importante establecer bancos de reproductores con altos niveles de heterocigosidad. En Cuba se han llevado a cabo estudios para la caracterización genética de poblaciones de varias especies de camarón, muchas de las cuales han sido objeto de cultivo y se han producido cinco introducciones del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*.

*Palabras clave:* microsátélites, heterocigosidad, acuicultura.

### ABSTRACT

Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is recognized as one of the most cultured shrimp species due to its high yields and prices in the international market. It contributes in a 55 % to world production and around three million metric tons are harvested annually. Genetics is a relevant tool for increasing productivity and sustainability of aquaculture as an industry. Within this branch, DNA analysis molecular techniques have strengthened selection programs in many species, through two fundamental elements: selection assisted by molecular markers and establishment of pedigrees to avoid inbreeding in the selection processes. Several types of molecular markers have been used to analyze genetic parameters of wild and cultured populations. However, DNA microsatellites have quickly become a standard technique due to their high reproducibility, polymorphism and co-dominance characteristics. In order to reduce loss of genetic variability, it is important to establish progenitor banks with high levels of heterozygosity. In Cuba, studies have been carried out for the genetic characterization of populations of several shrimp species, many of which have been cultured and there have been five introductions of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*.

*Keywords:* microsatellites, heterozygosity, aquaculture.

Recibido: 3/1/18

Revisado: 5/1/18

Aceptado: 5/1/18

## BIOLOGÍA DEL CAMARÓN BLANCO *LITOPENAEUS VANNAMEI*

El camarón blanco del Pacífico *L. vannamei* es reconocido como uno de los más cultivados por sus altos rendimientos y por presentar elevados precios en el

mercado internacional. Es nativo de la costa oriental del océano Pacífico, desde Sonora en México, al norte, hacia centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20 °C durante todo el año (Machado, 2006). Se encuentra en hábitats marinos tropicales. Los adultos viven y se reproducen en mar abierto,

mientras que las etapas postlarval, juvenil y preadulta transcurren en estuarios, lagunas costeras y manglares. Los machos alcanzan su madurez sexual a partir de los 20 g y las hembras a partir de los 28 g entre los seis y siete meses de edad. Las reproductoras, con 30 g y 45 g de peso corporal son capaces de liberar entre 100 000 y 250 000 huevos de aproximadamente 0,22 mm de diámetro. La incubación ocurre alrededor de las 16 h después de la fertilización y el desove. En su primera etapa de vida, la larva denominada nauplio, nada intermitentemente y es fototáctica positiva. Los nauplios no requieren alimentación, sino que se nutren de su reserva vitelina. Las siguientes etapas (protozoa, mysis y postlarva temprana) continúan siendo planctónicas por algún tiempo, se alimentan del fitoplancton y del zooplancton y son transportadas a la costa por las corrientes marinas. Las postlarvas cambian sus hábitos planctónicos a bentónicos unos cinco días después de su metamorfosis, se trasladan a la costa y empiezan a alimentarse de detritos, gusanos, bivalvos y crustáceos (FAO, 2012).

La ubicación taxonómica del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* según Pérez-Farfante y Kensley (1997) es:

**Phylum:** Arthropoda  
**Subphylum:** Crustacea  
**Clase:** Malacostraca  
**Orden:** Decapoda  
**Suborden:** Dendobranchiata  
**Superfamilia:** Penaeoidea  
**Familia:** Penaeidae  
**Género:** *Litopenaeus*  
**Especie:** *vannamei*

## CULTIVO DE CAMARÓN

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior, que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar los rendimientos. Es, probablemente, el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa casi el 50 % del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial (APROMAR, 2004).

La producción acuícola se ha convertido en una importante industria generadora de empleo e ingresos en los países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo. Es realizada por grandes empresas a niveles industriales con tecnologías sofisticadas; además, por acuicultores de pequeñas y medianas empresas, a niveles semiintensivos con tecnologías medias y por diversas comunidades pesqueras, campesinas y nativas a niveles de subsistencia o de recursos limitados con fines de seguridad alimentaria (Mendoza, 2011).

La acuicultura se desarrolla con diversas especies donde se emplean diferentes tipos de sistemas sencillos y de bajo costo hasta sistemas modernos y tecnificados. Este es el caso de las empresas con sistemas de recirculación, de fotoperíodo, jaulas flotantes industriales y con un fuerte componente de innovación y tecnología para la producción de semillas. Además, cuentan con un proceso de crecimiento y engorde, prevención y tratamiento de enfermedades, trazabilidad y buenas prácticas acuícolas con un enfoque ecosistémico para este tipo de actividad (FAO, 2014).

El rápido crecimiento del maricultivo se debe al incremento en el consumo *per cápita* de proteína animal a nivel mundial y a la domesticación de la mayor parte de las especies en cultivo. Esto ha permitido cerrar su ciclo biológico en cautiverio y por lo tanto producir, en ambientes controlados, los juveniles necesarios para su siembra en los sistemas de engorde (FAO, 2012).

Dentro de la acuicultura, el cultivo de camarón contribuye en un 55 % a la producción mundial, del cual se cosechan alrededor de 3 millones de toneladas métricas (FAO, 2014). Aproximadamente el 85 % del total es producido en China y en el sudeste asiático, principalmente Tailandia y Vietnam. Otro 10 % es producido en la India y Bangladesh y el 5 % restante en el hemisferio occidental. Este crecimiento fenomenal ha estado acompañado de un cambio de paradigma importante en relación con las especies cultivadas y la manera en que se manejan.

Durante muchos años, el camarón tigre negro *Penaeus monodon* dominó la producción mundial. Aunque esta especie tuvo un crecimiento temprano a mediados de la década de 1980, la expansión de la industria no llenó las expectativas iniciales. Esto se debió principalmente, a las dificultades en el suministro de reproductores y su domesticación, a devastadoras enfermedades virales, al aumento de la competencia en el mercado de otros penéidos y a restricciones de comercio internacional (Jerry, 2016). Por tales razones, en el cambio de siglo, la industria trasladó sus producciones a las del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*.

El camarón blanco *L. vannamei* fue introducido en las islas del Pacífico desde 1970, donde las investigaciones sobre la reproducción de la especie arrojaron excelentes resultados y demostraron su elevado potencial para la acuicultura (Machado, 2006). A finales de los años 70 e inicio de los 80 se introdujo en Hawai y en la costa del Atlántico Este de América, desde Carolina del Sur y Texas en el norte, hasta Centroamérica y al sur hasta Brasil. También se introdujo experimentalmente en Asia en los años 1978-1979, pero comercialmente solo a partir de 1996 en China y Taiwán, seguido por la mayor parte de los países asiáticos costeros en los años 2000-2001 (Briggs *et al.*, 2004).

De la producción mundial de todas las especies de camarones marinos cultivados, el 71,8 % es de camarón blanco (FAO, 2012). Un 77,9 % se produce en Asia y el resto en América. En la región de América Latina y el Caribe el cultivo de esta especie aporta el 24,3 % del total de especies cultivadas. Los principales países productores son Ecuador con 194 628 t seguido por México con 136 470 t, Brasil con 66 120 t, Nicaragua con 20 131 t, Colombia con 18 639 t y Venezuela con 16 763 t (Artiles *et al.*, 2015). Por otro lado, según Anderson (2016) se prevé que para el año 2018 las producciones en Ecuador asciendan a 385 000 t, mientras que en Brasil y Venezuela alcancen valores de 81 000 t y 30 000 t respectivamente.

## GENÉTICA EN ACUICULTURA

La demanda del mercado actual por un aumento en la producción de los cultivos marinos ha traído consigo el desarrollo de sistemas productivos más eficaces. Elevadas mejoras en esta actividad han sido alcanzadas a través de un manejo eficiente del desarrollo larval, una controlada nutrición, avances en el diagnóstico de enfermedades, un mantenimiento en la calidad del agua y mejoras genéticas de los indicadores productivos (Andriantahina *et al.*, 2013).

Según Borrell *et al.* (2006), el empleo de la genética en la acuicultura tiene una incidencia directa en aspectos como una mayor supervivencia, mejor utilización de los recursos, reducción de los costos y mayor protección ambiental. A su vez, estos autores consideran que el desarrollo y la utilización de mejores prácticas para la domesticación y el manejo de los bancos de reproductores deben hacerse a través de la aplicación de técnicas genéticas.

La genética en camarones de cultivo comenzó hace más de tres décadas. Los primeros cultivadores, que completaron los ciclos de vida de especies como *P. monodon*, comenzaron con la variación de la frecuencia de genes y la alteración del desarrollo de estos animales a medida que los cultivaban (Andriantahina *et al.*, 2013). Solo algunos lotes mostraron resistencia a enfermedades específicas, un rápido crecimiento en cortos períodos de cultivo y bajos costos de producción. Los esquemas genéticos de estos organismos se obtuvieron en los años 80 del siglo pasado, con un mayor conocimiento de la endogamia y la herencia. Ya en el período entre 1990-2000, con el desarrollo de la biología molecular, quedaron bien establecidos los entrecruzamientos selectivos, se desarrolló la biotecnología y la genética molecular de los camarones de cultivo.

El desarrollo de marcadores genéticos del ADN ha tenido un elevado impacto en el estudio de la genética animal. Con marcadores moleculares del ADN es posible, teóricamente, observar y explotar la variabilidad en todo el genoma (Liu & Cordes, 2004). Ferguson (1994) considera que la variabilidad genética es el recurso básico de cualquier programa de cultivo exitoso, comercial o de rehabilitación.

Para la identificación de especies comerciales, los primeros marcadores moleculares desarrollados fueron los marcadores proteicos. El análisis de alozimas y antígenos especie-específicos resulta una herramienta fácil, rápida y fiable para el estudio de muchos polimorfismos, sin embargo, presentan una serie de inconvenientes como la expresión diferencial según los tejidos y los diferentes estadios de desarrollo. Los marcadores moleculares basados en el ADN son mucho más efectivos que los proteicos. En primer lugar, el análisis directo del genoma no se ve afectado por el tejido empleado o por el estadio de desarrollo. Por otro lado, el ADN es más resistente a la degradación que las proteínas (Cerdeira & Koppen, 1998).

Dentro de los marcadores moleculares, los microsatélites del ADN son los que más rápidamente se han popularizado, ya que tienen una elevada aplicación en un amplio rango de ramas biotecnológicas (Souza de Lima *et al.*, 2008). Son secuencias de ADN de hasta seis pares de bases nitrogenadas en las que un fragmento se repite de manera consecutiva. Se encuentran en el genoma nuclear de células tanto eucariotas como procariotas incluidas las bacterias (Tóth *et al.*, 2000). La variación en el número de repeticiones crea diferentes alelos. Son neutros y poseen una alta tasa de mutación, lo que los hace muy polimórficos. El elevado polimorfismo y la relativa facilidad de marcaje representan las dos mayores características que los convierten en marcadores altamente útiles para numerosos estudios genéticos (Machado, 2006).

El análisis de los microsatélites consiste en la amplificación de la región microsatélite con el empleo de cebadores que se anclan en las regiones flanqueantes. El producto de la amplificación se visualiza en un gel de poliacrilamida o en un secuenciador automático, y se analiza la variación en el tamaño de los alelos amplificados (Martínez & Figueras, 2007).

En la rama acuícola, estos marcadores genéticos son empleados para la selección y el monitoreo de los organismos en cultivo que formarán parte de programas de entrecruzamiento genético. Mediante ellos se realizan los análisis de variabilidad y estructura genética con el fin de designar los mejores cruzamientos, minimizar la consanguinidad e incrementar la respuesta de selección (Chistiakov *et al.*, 2006; Machado, 2006).

Para iniciar el cultivo de cualquier especie, en aras de evitar una disminución significativa de su variabilidad genética, resulta importante establecer los bancos de reproductores a partir de un lote fundador con altos niveles de heterocigosidad. A su vez, estos deben contar con un número elevado de individuos (más de 50), mantener tamaños efectivos grandes por generación de cultivo, una proporción de sexos 1:1 y cruzar siempre individuos no relacionados (Borrell *et al.*, 2006).

El control de la diversidad genética es esencial para mejorar un programa de cultivo selectivo. Se considera que una población de baja variabilidad genética, en relación con otras de la misma especie, tendrá una capacidad inferior para hacer frente al ambiente (Rosa-Vélez & Rodríguez-Romero, 1989).

El efecto del cruzamiento de organismos emparentados, conocido como endogamia o consanguinidad, es un fenómeno que a mediano plazo puede conducir a la reducción en un 30 % o más en la viabilidad de animales en cultivo (Andriantahina *et al.*, 2013). Estudios recientes han revelado que los factores que más se afectan en el cultivo de cualquier especie, con altos niveles de endogamia, son el crecimiento de los individuos, la viabilidad, la fertilidad, la actividad locomotora, la supervivencia, la resistencia a enfermedades, la velocidad de desarrollo y la estabilidad (Rivera-García & Grijalva-Chon, 2006). Estos efectos son maximizados en sistemas de cultivos cerrados, donde el tamaño de la población efectiva y las probabilidades de los cruzamientos al azar están reducidos (Souza de Lima *et al.*, 2008).

Existen diversos ejemplos documentados de depresión por endogamia en peces y crustáceos en cultivo. Ese es el caso de especies como *Fenneropenaeus chinensis* (Li *et al.*, 2006), *Marsupenaeus japonicus* (Luan *et al.*, 2006), *Litopenaeus vannamei* (Freitas *et al.*, 2007) y *Penaeus monodon* (Macbeth *et al.*, 2007), donde la reducción en la variabilidad genética está claramente relacionada con los efectos deletéreos de la consanguinidad (Andriantahina *et al.*, 2013).

## ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE POBLACIONES DE CAMARÓN EN CUBA

En Cuba se han desarrollado estudios para la caracterización genética de poblaciones de varias especies de camarón, muchas de las cuales han sido objeto de cultivo. Robainas *et al.* (2002) estudiaron la variabilidad genética y la estructura poblacional del camarón rosado *Farfantepenaeus notialis* (Pérez-Farfante, 1997) con el empleo y caracterización de microsáteli-

tes como marcadores moleculares para esta especie. Luego, Robainas *et al.* (2005), con el empleo de loci de aloenzimas, caracterizaron la variación temporal de la estructura de las poblaciones y la diversidad genética de esta misma especie. Adicionalmente, Robainas *et al.* (2008) analizaron la estructura genética espacio-temporal de poblaciones de *F. notialis* con el empleo de cinco loci microsátélites, en orden de comprender la influencia de los eventos naturales en la deriva genética y las migraciones como causa principal de la variación de las frecuencias alélicas en el tiempo.

Por otro lado, Espinosa *et al.* (2002), emplearon caracteres morfológicos, así como loci de aloenzimas y microsátélites para estudiar poblaciones naturales y de cultivo de *L. schmitti*. Además, Bécquer *et al.* (2004) llevaron a cabo un estudio para la formación de grupos genéticos, en esta misma especie, mediante inseminación artificial, con un control de la reproducción, donde se evaluaron los parámetros genéticos en crías selectivas. Adicionalmente, Borrell *et al.* (2006) luego de la introducción de *L. vannamei* en el país, estudian la variabilidad genética con el empleo de cuatro loci microsátélites en los dos primeros lotes fundadores introducidos en Cuba para la acuicultura. Este estudio tuvo como objetivo valorar también, desde el punto de vista genético, la posibilidad de crear un banco de reproductores a partir de estos lotes. Posteriormente, Pérez-Beloborodova *et al.* (2011) al caracterizar los primeros descendientes de cuatro lotes fundadores y dos cruzamientos de *L. vannamei* empleados en Cuba para la acuicultura mediante el empleo de cuatro loci microsátélites, observaron el comienzo de una disminución de sus variables genéticas. Por otro lado, Artiles *et al.* (2011) estimaron la variabilidad genética y el índice de parentesco entre los cinco lotes fundadores de esta misma especie, introducidos y cultivados en Cuba en diferentes años, todos procedentes del Centro de Mejoramiento Genético ubicado en Isla Morada, Florida, Estados Unidos de América (Shrimp Improvement System: SIS). En la quinta y última introducción se obtuvieron los valores de heterocigosidad más bajos con respecto a las introducciones anteriores, por lo que los autores sugieren la necesidad de su cruzamiento con lotes de diferente origen para mejorar el acervo genético y, por ende, el rendimiento productivo.

El desempeño productivo de los cultivos marinos es producto en gran medida de la heterocigosidad de los organismos cultivados, la cual depende a su vez del grado de parentesco existente entre ellos. Según Rivera-García & Grijalva-Chon (2006), el crecimiento y la supervivencia de los animales son considerados los factores más importantes para lograr un cultivo exitoso. En cultivos experimentales de camarón

se ha observado que una fracción de la población alcanza tallas significativamente mayores respecto al promedio y que esos organismos son más vigorosos, se estresan menos y presentan menor incidencia de enfermedades.

## REFERENCIAS

- Anderson, J. L. (2016). Global shrimp survey: GOAL 2016. Disponible en <http://advocate.gaalliance.org/globalshrimp-survey-goal-2016/> [Consulta: 14 de octubre de 2016].
- Andriantahina, F., Liu, X., Feng, T. & Xiang, J. (2013). Current Status of Genetics and Genomics of Reared Penaeid Shrimp: Information Relevant to Access and Benefit Sharing. *Mar. Biotech*, 15, 399-412.
- APROMAR (2004). La acuicultura en el mundo. Disponible en <http://www.apromar.es/> [Consulta: 13 de marzo de 2014].
- Artiles, A., Rodríguez, I., Pérez, A., Pérez, L. & Espinosa, G. (2011). Limitada variabilidad genética de la quinta introducción en Cuba de *Litopenaeus vannamei* estimada con el uso de marcadores microsatélites. *Biotec. Aplic*, 28, 142-146.
- Artiles, A., Cobo, R., Benítez, L., Pérez, L. & Espinosa, G. (2015). Assessment of genetic variation and productive markers through four progenies of the first introduced stock of cultured shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* in Cuba. *Inter. J. Aquac*, 5 (23), 1-12.
- Bécquer, U., Hernández, N. & Espinosa, G. (2004). Formación de grupos genéticos en el camarón blanco *Litopenaeus schmitti*, por inseminación artificial. *Rev. AquaTIC*, 21, 71-77.
- Borrell, Y. J., Espinosa, G., Vázquez, E., Sánchez, J. A. & Blanco, G. (2006). Variabilidad genética de loci microsatélites en los primeros lotes de *Litopenaeus vannamei* introducidos en Cuba para la acuicultura. *Rev. Invest. Mar.*, 27 (3), 237-244.
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R. & Philips, M. (2004). *Introductions and movement of Penaeus vannamei and Penaeus stylirostris in Asia and the Pacific*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. R. P. 2004/10. Bangkok, FAO, 99 pp.
- Cerda, H. & Koppen, G. (1998). DNA degradation in chilled fresh chicken studied with the neutral comet assay. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 207, 22-25.
- Chistiakov, D., Hellemans, B. & Volckaert, F. (2006). Microsatellites and their genomic distribution, evolution, function and applications: A review with special reference to fish genetics. *Aquaculture*, 255 (1-4), 1-29.
- Espinosa, G., Bécquer, U., Borrell, Y., Romo, J., Díaz, R., Azanza, J. & de Dios, R. (2002). Variación genética y morfológica en poblaciones naturales y cautivas del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en Cuba. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA, 778-784.
- FAO (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, Roma, 243 pp.
- FAO (2014). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, Roma, 223 pp.
- Ferguson, M. (1994). The role of molecular genetic markers in the management of cultured fishes. *Rev. Fish Biol. Fisher*, 4, 351-373.
- Freitas, P. D., Calgaro, M. R. & Galetti, P. M. (2007). Genetic diversity within and between broodstocks of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda, Penaeidae) and its implication for the gene pool conservation. *Braz. J. Biol.*, 67, 939-943.
- Jerry, D. R. (2016). Liberando el potencial genético del camarón tigre negro. Disponible en <http://advocate.gaalliance.org/liberando-el-potencial-genetico-del-camaron-tigre-negro/>. [Consulta: 14 de octubre de 2016].
- Li, Z., Li, J., Wang Q., He, Y. & Liu, P. (2006). The effects of selective breeding on the genetic structure of shrimp *Fenneropenaeus chinensis* populations. *Aquaculture*, 258, 278-282.
- Liu, Z. J. & Cordes, J. F. (2004). DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. Review. *Aquaculture*, 238, 1-37.
- Luan, S., Kong, J. & Wang, Q. Y. (2006). Genetic variation in wild and cultured populations of the kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* (Bate 1888) using microsatellites. *Aquac. Res.*, 37, 785-792.
- Macbeth, M., Kenway, M., Salmon, M., Benzie, J., Knibb, W. & Wilson, K. (2007). Heritability of reproductive traits and genetic correlations with growth in the black tiger prawn *Penaeus monodon* reared in tanks. *Aquaculture*, 270, 51-56.
- Machado, R. J. (2006). Assessment of genetic variability in two lots of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) introduced to Cuba. Tesis presentada para la obtención del título de Maestro Internacional en Ciencias y Manejo de Pesquerías, International Fisheries Management, Department of Aquatic Biosciences, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, Norway.
- Martínez, P. & Figueras, A. (2007). *Genética y genómica en acuicultura*. Observatorio Español de

- Acuicultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 890 pp.
- Mendoza, D. H. (2011). *Panorama de la Acuicultura Mundial, América Latina y el Caribe y en el Perú*. Lima, Perú, Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción, 66 pp.
- Pérez-Farfante, I. & Kensley, B. (1997). *Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world: keys and diagnoses for the families and genera*. Mémoires du Muséum nationale d' Histoire naturelle. Paris, France. 233 pp.
- Pérez-Beloborodova, A., Artilles-Valor, A., Pérez-Jar, L., Hernández-Martínez, D., Guerra-Aznay, M. & Espinosa-López, G. (2011). Genetic Characterization of Six Stocks of *Litopenaeus vannamei* used in Cuba for Aquaculture by means of Microsatellite Loci. *Intern. J. Zoo*, 1-7.
- Rivera-García, M. & Grijalva-Chon, J. M. (2006). Variabilidad y diferenciación genética en camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* de bajo y alto crecimiento. *Cienc. Mar.*, 32 (1A), 1-11.
- Robainas, A., Blanco, G., Sánchez, J. A., Monnerot, M., Solignac, M. & García-Machado, E. (2008). Spatiotemporal genetic differentiation of Cuban natural populations of the pink shrimp *Farfantepenaeus notialis*. *Genética*, 133, 283-294.
- Robainas, A., Espinosa, G., Hernández, D. & García-Machado, E. (2005). Temporal variation of the population structure and genetic diversity of *Farfantepenaeus notialis* assessed by allozyme loci. *Mol. Ecol.*, 14, 2933-2942.
- Robainas, A., Monnerot, M., Solignac, M., Dennebouy, N., Espinosa, G. & García-Machado, E. (2002). Microsatellite loci from the pink shrimp *Farfantepenaeus notialis* (Crustacea, Decapoda). *Mol. Ecol. Notes*, 2, 344-345.
- Rosa-Vélez, J. de la & Rodríguez-Romero, F. (1989). Enfoque genético para el análisis de poblaciones de recursos pesqueros: el caso de la población ostrícola de la laguna de Términos, Campeche. En: J. de la Rosa Vélez & F. González Farías (Eds.), *Temas de Oceanografía Biológica en México* (pp. 255-284), Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Souza de Lima, A. P., Lira-dos Santos, A. C., Leite-Dantas, H., Gomes-Filho, M. A., Maggioni, R. & Moura Coimbra, M. R. (2008). Genetic monitoring of broodstocks of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in a closed rearing system in Pernambuco, Brazil. *Aquac. Res.*, 39, 1461-1466.
- Tóth, G., Gáspári, Z. & Jurka, J. (2000). Microsatellites in Different Eukaryotic Genomes: Survey and Analysis. *Genome Res.*, 10, 967-981.