

Dinámica reproductiva del camarón gigante de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) en el río Morocoto, estado Sucre, Venezuela

César A. Graziani P.¹; Carlos A. Moreno M.^{2*}; Alexander J. Barrios³.

¹Universidad de Oriente, Departamento de Biología, Sucre, Venezuela. ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Delta Amacuro, Venezuela. ³Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Biología Pesquera, Sucre, Venezuela. *Correo electrónico: pescador1561967@gmail.com.

RESUMEN

La presencia de poblaciones del camarón exótico de río *Macrobrachium rosenbergii* en cuerpos de agua al sur de la península de Paria, obliga a realizar investigaciones sobre su establecimiento y efectos sobre los recursos autóctonos, con miras a su aprovechamiento racional. Su introducción al país fue en el año 1979, y se cultivó con producciones significativas hasta 1996. Se evaluó la dinámica reproductiva del camarón de río *M. rosenbergii* en el río Morocoto del estado Sucre. Las capturas se realizaron mensualmente con atarrayas, de marzo de 2003 a agosto de 2004, durante la noche, en un trayecto de 1,5 km. Se determinó la proporción sexual, talla mínima de madurez sexual, índice gonadosomático, así como la fecundidad, escala de madurez ovárica y época de desove. Se capturaron 591 camarones; la proporción sexual fue de 1,12:1 a favor de los machos. Se determinaron seis estadios de desarrollo del ovario, presentando ovogénesis del tipo sincrónica. En las hembras, la talla mínima de madurez sexual fue de 109,55 mm de longitud total y de 50 mm de longitud total para los machos. El índice gonadosomático fue superior ($P < 0,001$) en las hembras no ovadas al inicio de las lluvias. El período de actividad reproductiva, determinado por la condición del ovario, el índice gonadosomático y la presencia de hembras ovadas, coincide con la temporada de lluvias en la zona. La fecundidad absoluta promedio fue de 82.853 ± 25.033 huevos, donde su variabilidad depende de la longitud de algunas regiones corporales de la hembra.

Palabras clave: Camarón de río, *Macrobrachium rosenbergii*, época de reproducción, fecundidad, histología.

Reproductive dynamics of giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) in the Morocoto river, Sucre state, Venezuela

ABSTRACT

The presence of exotic freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* populations in water bodies south of the Peninsula of Paria, requires research on its establishment and effect on indigenous resources, with a view to their rational use. Its introduction to the country was in 1979, cultivated with significant production until 1996. Reproductive dynamics of freshwater prawn *M. rosenbergii* in Morocoto river, Sucre state was evaluated. Catches were conducted monthly with cast nets between March 2003 and August 2004, overnight in a distance of 1.5 km. The sex ratio, minimum size of sexual maturity, gonadosomatic index, as well as fertility, ovarian scale of maturity and spawning season were determined. A total of 591 shrimp was captured; the sex ratio did not pull away from the expected, being 1.12:1 on behalf of males. Six stages of ovarian development were determined, presenting ovogogenesis the synchronous type. In females, the minimum length of maturity was 109.55 mm LT and 50 mm LT for males. The Gonadosomatic index was significantly higher ($P < 0.001$) in not ovigerous females at the onset of rains. The period of reproductive activity, determined by the condition of the ovary, the gonadosomatic index and the presence of ovigerous females; coincides with the rainy season in the area. The average fecundity rate was $82,853 \pm 25,033$ eggs, where its variability depends on the length of some of the female body regions.

Keywords: Freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, breeding season, fecundity, histology.

Aprobado: Abril 2019

INTRODUCCIÓN

El manejo de una especie con fines de explotación, requiere el conocimiento *a priori* de su abundancia, patrones de distribución espacial, biología reproductiva y genética; de igual forma, el estudio de la fecundidad, madurez sexual y el período de reproducción son criterios fundamentales a considerar (Schemske *et al.* 1994, Coll 1986). La biología reproductiva es una herramienta ecológica importante que permite evaluar los niveles de las poblaciones naturales o en cultivo y definir estrategias para la conservación de la biodiversidad (Corey y Reid 1991, Mossolin y Bueno 2002).

La fecundidad, definida como el número de huevos que produce una hembra por desove, es uno de los parámetros a conocer en cualquier especie, ya que es el mecanismo de autorregulación del crecimiento de la población (Gracia 1985, Nikolskii 1969). Por tal razón, los estudios sobre la fecundidad y época de reproducción de las especies acuáticas comerciales cobran importancia desde el punto de vista pesquero, para el análisis del tamaño de la poblacional natural, manejo del recurso y reglamentación de la pesca, a fin de prevenir una reducción excesiva del stock (Ramírez *et al.* 1995, Lima *et al.* 2014).

El camarón gigante de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879), es la especie tropical que alcanza las mayores tallas del género. Es originaria de Malasia, sur de Asia, norte de Oceanía y de las islas del oeste del Pacífico (New y Singholka 1984) y casi todo el comercio mundial de camarones de agua dulce se sustenta sobre esta especie, con una producción global para el año 2012 de 220.254 toneladas métricas producidas mediante acuicultura y 10.823 toneladas métricas provenientes de la pesca (FAO 2014).

M. rosenbergii es una de las nueve especies de crustáceos que se han introducido en Venezuela (Rodríguez y Suarez, 2001) y para 1996 se realizó el primer registro de una población silvestre en el delta del río Orinoco. Así mismo, en 1997 se evidenció la presencia de esta especie en el estado Sucre, específicamente en los ríos cercanos a Guaraúnos y Caño de Ajíes (Pereira *et al.* 1996, Pérez *et al.* 1997), posterior a su permiso

de entrada con fines comerciales de acuerdo a la resolución MAC-DGSPA-245 del año 1988.

M. rosenbergii vive en ambientes tropicales de agua dulce influenciados por áreas adyacentes de aguas salobres o estuarinas. A menudo se le encuentra en condiciones extremadamente turbias. Los adultos son omnívoros que se alimentan de algas, plantas acuáticas, moluscos, insectos acuáticos, gusanos y otros crustáceos, y se adaptan muy bien en cultivo con dietas artificiales balanceadas (New 2002). Los machos y hembras tienen diferentes tasas de crecimiento (Anger y Moreira 1998, Moreno *et al.* 2012) y los machos exhiben crecimiento individual heterogéneo, con un comportamiento territorial que genera dominancia de los ejemplares más grandes sobre los más pequeños por el alimento, refugio y pareja sexual (New y Valenti 2000).

Los camarones de río pueden reproducirse de forma continua o periódica, lo cual depende de la especie y su distribución geográfica. En las regiones templadas, la época de reproducción coincide con el verano, mientras que en las regiones tropicales está relacionada con la temporada de lluvias (Valenti 1984, Valenti *et al.* 1986, Graziani *et al.* 1993, 1998). La biología reproductiva de *M. rosenbergii* ha sido estudiada en diferentes lugares de todo el mundo (Ling 1969, Fujimura y Okamoto 1972, New y Singholka 1984, New y Valenti 2000, Cavalli *et al.* 2001), sin embargo, en Venezuela, los aspectos reproductivos de las poblaciones silvestres de *M. rosenbergii* han sido poco estudiados, debido a su recién ingreso al país, y dada la dificultad y heterogeneidad que muestran las áreas geográficas y condiciones ambientales donde habitan.

Hasta el momento, no se conoce el impacto ambiental causado por la introducción de *M. rosenbergii* en Venezuela, donde comparte nichos con las especies nativas *M. carcinus*, *M. amazonicum*, *M. jelskii* y *M. olfersii*, entre otros (Graziani *et al.* 2003, Marcano 2006, García 2006). Algunos investigadores han argumentado que este camarón pudiera desplazar a estas especies indígenas económica y ecológicamente importantes, o cruzarse con ellas en el ambiente natural, lo que atentaría contra la biodiversidad en nuestros ríos

(Pérez 1996, Pereira *et al.* 2001, Salazar *et al.* 2005).

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue estudiar algunos aspectos de la biología reproductiva (período de reproducción, talla de madurez sexual de la población, índice gonadosomático, fecundidad y madurez ovárica) de *M. rosenbergii* provenientes del río Morocoto, municipio Benítez del estado Sucre, Venezuela, y así proveer información que sirva de base para el manejo adecuado del recurso y para el diseño de planes de explotación sustentable o control de este palemónido no autóctono.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El río Morocoto se encuentra hacia el extremo sur oriental del estado Sucre, en las coordenadas 63°00' a 62°59' longitud Oeste y 10°17' a 10°15' latitud Norte, y se ubica aproximadamente a 2,5 horas de El Pilar, capital del municipio Benítez, y a 30 minutos de la población de Guariquén (Moreno *et al.* 2012).

Este cuerpo acuático continental, se caracteriza por poseer un curso de agua abundante y permanente que desemboca al caño del mismo nombre, el cual se conecta directamente al caño Guariquén; presenta una vegetación de selva, con formaciones de manglares en el oriente y su red hidrográfica pertenece a la cuenca del Golfo de Paria (Aguilera *et al.* 1980), por lo que se encuentra afectado cada seis horas por la influencia directa de la marea (Figura 1).

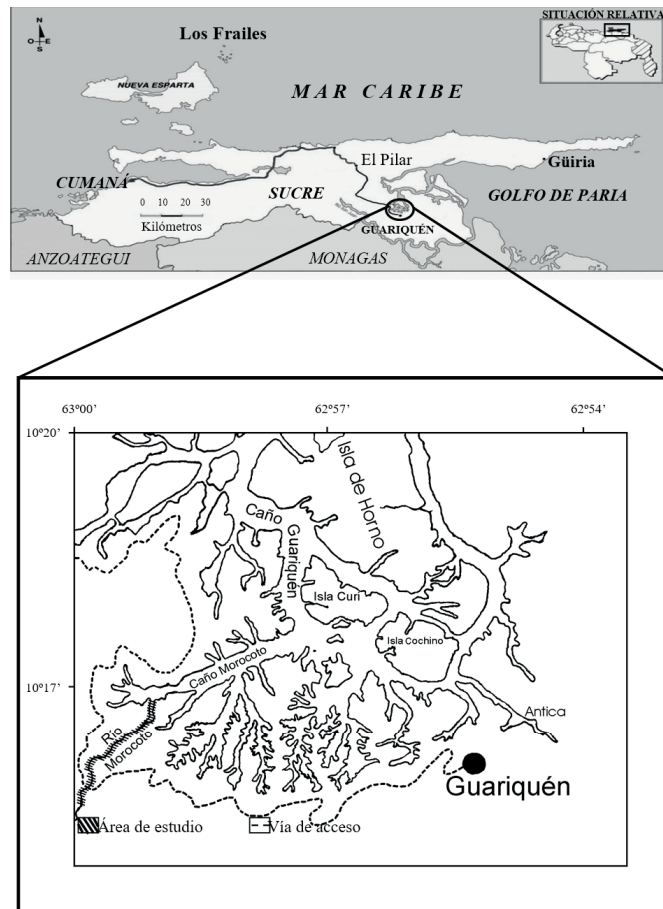


Figura 1. Ubicación geográfica del río Morocoto y área de pesca del camarón *Macrobrachium rosenbergii*.

Colección y procesamiento de muestras

La captura de los ejemplares de *M. rosenbergii* se realizó mensualmente, de marzo de 2003 a agosto de 2004, en el río Morocoto, partiendo desde la desembocadura del río. Para ello se utilizaron atarrayas de 2 y 7 mm de abertura de malla. Los ejemplares capturados se preservaron en envases plásticos con formol al 12% y luego se trasladaron al Laboratorio de Camarones Dulceacuícolas del Departamento de Biología, en la Escuela de Ciencias de la Universidad de Oriente (UDO) para su posterior análisis.

En el laboratorio, la validación taxonómica de los ejemplares se basó en las características morfológicas descritas por Ling (1969). Se contabilizó el número de ejemplares y se determinó el sexo en base a las características establecidas por New y Shingholka (1984), anotando el número de hembras ovadas, de acuerdo a Martínez (1983). Para la obtención de datos biométricos, se examinó el total de los ejemplares capturados.

Cada ejemplar se pesó en una balanza digital de 0,001 g de precisión. Igualmente se midió la longitud total (LT): desde el ápice del rostro hasta el extremo distal del telson, la longitud total sin rostro (LTSR): desde el margen posterior de la órbita ocular hasta el extremo distal del telson, longitud del cefalotórax (LC): desde el ápice del rostro hasta el margen posterior del cefalotórax, longitud del cefalotórax sin rostro (LCSR): desde

el margen posterior de la órbita ocular hasta el margen posterior del cefalotórax y la longitud del abdomen (LA): tomada desde el extremo anterior del primer segmento abdominal hasta el extremo distal del telson, siempre a nivel de la línea medio-dorsal del cuerpo con un vernier de 0,05 mm de precisión (Figura 2).

Talla mínima de madurez, índice gonadosomático, época reproductiva y fecundidad.

Como talla mínima de madurez sexual, se consideró la longitud total del organismo adulto más pequeño de cada sexo, tomando en cuenta histológicamente el grado de desarrollo de las células de las gónadas de ambos sexos (Carvalho y Gomes 1981). La talla a la cual el 50% de la población alcanza la madurez sexual se determinó ajustando a una función logística el porcentaje de frecuencia acumulada de machos y hembras sexualmente maduros, de acuerdo a Gaertner y Laloé (1986). A las hembras adultas se les realizó una disección en la zona media dorsal del cefalotórax, para extraer los ovarios, que fueron pesados en una balanza digital de 0,001 g de precisión para determinar el índice gonadosomático (IG) de acuerdo a Kholer (1979).

$$IG = \left(\frac{\text{peso de gónada}}{\text{peso del cuerpo}} \right) \times 100$$

Para el estudio de la fecundidad, a las hembras ovadas se les desprendió la masa ovígera para determinar su peso y proceder al conteo del número total de huevos, mediante el método gravimétrico (Ramírez *et al.* 1995).

Escala de madurez ovárica

Los diferentes estadios de madurez sexual para *M. rosenbergii* se basaron fundamentalmente en observaciones y fotografías de los siguientes caracteres: coloración, longitud que ocupa el ovario en el cefalotórax en sentido antero posterior, y su relación con la presencia de vellosidades en los pleópodos y la masa ovígera. Para establecer la escala de madurez de los oocitos, cada ovario extraído fue fijado en la solución de Davidson por 48 horas; posteriormente se deshidrató en etanol de grados crecientes e incluidos en parafina, para realizar cortes al micrótopo (7 μ m).

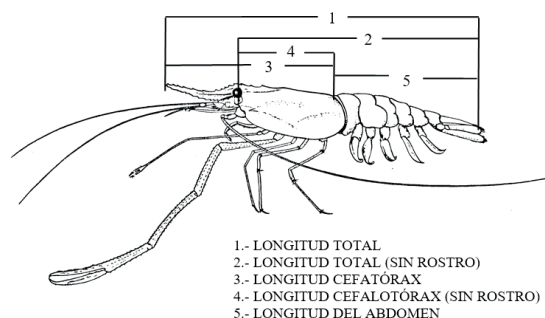


Figura 2. Esquema de *M. rosenbergii* que muestra las medidas tomadas, en vista lateral. Modificado de New y Singholka (1984).

Luego se realizaron los montajes en portaobjetos para aplicar la técnica de coloración de hematoxilina-eosina (Gridley 1960). Posteriormente se realizó la observación y medición del diámetro de los oocitos mediante un microscopio compuesto, provisto de micrómetro ocular.

La proporción sexual mensual se evaluó mediante el análisis de Ji-cuadrado con corrección de Yates (Zar 1984), con el fin de establecer su ajuste a la proporción de equilibrio 1:1 (M:H). Las relaciones entre LT, LC y LA con la fecundidad, se establecieron mediante regresión potencial (Ricker 1973). Se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la determinación de diferencias en la variación mensual del (IG) de hembras ovadas y no ovadas (Conover 1999) y se aplicó el método de la diferencia mínima significativa (LSD) para la comparación múltiple de las variaciones del (IG), mediante el empleo del paquete estadístico Statgraphics plus a un nivel de 95% de confianza. Los resultados fueron presentados en promedios junto a la desviación estándar (DS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturaron 591 ejemplares de *M. rosenbergii*: 312 machos, 278 hembras y un individuo con sexo indeterminado. La proporción sexual fue 1,12:1 (M:H), que estadísticamente no difiere de la proporción 1:1 ($X^2=1,9610$; $P>0,05$), y corresponden al mismo lote utilizado por Moreno *et al.* (2012). Silva-Oliveira *et al.* (2011), por el contrario, encontraron una mayor proporción de hembras (1:1,46) en ejemplares silvestres de *M. rosenbergii*, en la localidad Augusto Corrêa (Norte de Brasil), demostrando, además, que este camarón exótico se está expandiendo por Suramérica. Igualmente, Mantelatto y Barbosa (2005), estudiando la estructura poblacional de *M. brasiliense* en la zona de Ribeirão Preto en São Paulo (Brasil), encontraron diferencias altamente significativas entre sexos (1:2,59), favorable a las hembras. Una tendencia similar se detectó en la población de *M. amazonicum* de río Morocoto, donde las hembras dominaron significativamente en este cuerpo de agua, casi todo el año (Marcano 2006).

Escala de madurez ovárica, talla mínima de madurez y talla de madurez sexual del 50 % de la población

Anatomía macroscópica del ovario

En las hembras de *M. rosenbergii*, el ovario es un órgano par ubicado en la región dorso-lateral del cefalotórax (CT), que se extiende desde el borde dorsal posterior del CT hacia la región anterior e incluye el borde de la comisura postorbital, por encima del estómago y hepatopáncreas y por debajo del corazón, sin penetrar al abdomen. La forma, tamaño y color del ovario varía según el grado de maduración. En general, ambos lóbulos presentan una forma alargada-elipsoidal, unidos en su parte media. En algunas hembras, cuando se encuentran en plena madurez gonadal, el ovario es visible a través del CT, como una masa de color anaranjada. La evaluación macroscópica de los ovarios, en el total de hembras colectadas, permitió la clasificación de seis estadios de desarrollo, los cuales se describen y muestran en el Cuadro 1.

La anatomía y disposición del ovario en *M. rosenbergii* coincide con lo señalado para *M. acanthurus* (Carvalho y Gomes 1981), y también con lo examinado en *M. borellii* y *M. olfersi* (Verdi 1995, Mossolin y Bueno 2002), lo que permite inferir que es un carácter fijo en especies de este género. Por otra parte, según Carvalho y Gomes (1981) y Verdi (1995), la forma y color del ovario varía según su grado de maduración, y adquiere un volumen mayor al madurar los ovocitos, que hace que los demás órganos adyacentes, se desplacen y compriman. En este sentido, en el desarrollo del ovario se definieron seis estadios de madurez ovárica, en los que la variación del color del ovario estuvo entre blanco-cremoso y naranja intenso, con un incremento progresivo del tamaño a lo largo del desarrollo (Cuadro 1). No obstante, estas observaciones difieren de las cuatro fases de desarrollo del ovario encontradas en *M. amazonicum* (Sampaio *et al.* 2007).

El estadio I (Inmaduro) se observó en hembras jóvenes. Estas características del ovario también fueron observadas en hembras que, según las características de la cámara de incubación,

mostraban no haber pasado por procesos reproductivos. Los ovarios inmaduros de *M. rosenbergii* se caracterizan por la presencia de pequeños cromatóforos rojos al igual que en *M. carcinus* (García 2006). A medida que aumentó el grado de maduración, el color de los ovarios maduros en *M. rosenbergii* llegó hasta el naranja intenso. En *M. borellii*, cuando el ovario alcanza la madurez completa es de color verde oscuro (Verdi 1995), al igual que en *M. acanthurus* y *M. offersi* (Carvalho y Gomes 1981, Mossolin y Bueno 2002), mientras que en *M. amazonicum* son de color verde oliva (Chaves y Magalhães 1993).

Durante el estadio de ovario desovado, las gónadas mostraron una consistencia flácida; la superficie presentaba estrías, probablemente causadas por sucesivos desoves, y se observó sólo en algunas hembras en el período seco, ya que en el período lluvioso (noviembre 2003 y junio a agosto 2004), la mayoría presentó ovarios en continuo desarrollo, incluso las hembras ovadas. Esto se puede interpretar como una estrategia reproductiva que le permite aprovechar al máximo la época de lluvias

Cuadro 1. Escala macroscópica de madurez ovárica de *Macrobrachium rosenbergii* en el río Morocoto del estado Sucre. La escala representa la longitud anteroposterior del ovario.

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DEL OVARIO	IMAGEN
I	Inmaduro. Ovario pequeño, ocupa aproximadamente el 26% de la longitud del cefalotórax (CT), color blanco-cremoso con cromatóforos rojos en la región dorsal anterior, gelatinoso, delgado, abarca la mitad de la longitud del hepatopáncreas, apenas alcanza el borde posterior del estómago, no se observa a través del caparazón.	 10 mm
II	En desarrollo. Ovario más grande que el estadio anterior, ocupa aproximadamente el 42% de la longitud del CT. Color amarillo opaco con cromatóforos rojos muy pequeños, delgado con engrosamiento en la zona dorsal media anterior, se extiende hacia la parte anterior del hepatopáncreas, comienza a recubrir la parte posterior del estómago, no se observa a través del caparazón.	
III	Madurez temprana. Color anaranjado tenue, engrosado uniformemente, extendiéndose hacia la zona dorsal anterior, alcanzando el borde anterior del hepatopáncreas, cubre la mitad del estómago, ocupando aproximadamente el 60% de la longitud del CT. Poco visible a través del caparazón.	
IV	Madurez avanzada. Color anaranjado, desarrollo de los lóbulos dorsales, se extiende más allá de la región dorsal media, alcanzando la espina posterior dorsal del rostro, cubre 2/3 del estómago y ocupa aproximadamente el 80% de la longitud del CT. Ligeramente visible a través del caparazón.	
V	Madurez completa. Color naranja intenso, rígido, muy grueso, lóbulos dorsales completamente desarrollados, se extiende hasta la comisura postorbital, cubre el estómago y sobrepasa a la espina posterior dorsal de rostro, comprime dorsalmente al hepatopáncreas, ocupando aproximadamente el 95% de la longitud del CT, en algunos casos es visible a través del caparazón.	
VI	Desovado. Ovario pequeño, cubierto por una película rojo oscuro de cromatóforos, flácido, delgado, oviductos translúcidos, cubre parte de la zona media anterior del hepatopáncreas y la parte posterior del estómago, ocupa aproximadamente el 30% de la longitud del CT. Hembra característica de desove previo, con huevos adheridos a los pleópodos. El ovario no es distinguible a través del caparazón.	

Anatomía microscópica del ovario

La evaluación microscópica permitió identificar que el ovario se encuentra rodeado por una delgada pared o teca, constituida por tejido conjuntivo y epitelial con núcleos aplanados, sin presentar capa muscular (Cuadro 2A, estadio I), tal como lo sugieren Carvalho y Gomes (1981) y Verdi (1995) en *M. acanthurus* y *M. borellii*, respectivamente.

En *M. rosenbergii*, el epitelio germinal u ovocitos se distribuyen en forma de nidos germinales por todo el ovario y varía según el grado de maduración. Los ovocitos al madurar se disponen en un gradiente intraovárico del centro a la periferia, es decir, las células iniciales hacia la región central, y los más avanzados hacia las regiones intermedias o periféricas (Cuadro 2A, estadio II).

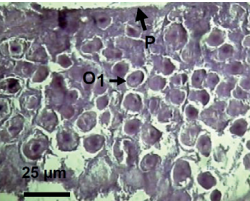

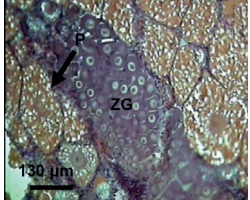
Entre regiones adyacentes, ocupadas por ovocitos de diferentes fases, se observaron estructuras de división denominadas septos conjuntivos. Se logró determinar seis estadios de madurez del ovario, correspondientes a los tipos de elementos germinales que aparecen sucesivamente a lo largo del ciclo sexual y que se corresponden con las diferentes etapas de la ovogénesis (Cuadro 2A - Cuadro 2B).

Los diferentes estadios de maduración de los ovocitos han sido clasificados en varias especies de crustáceos decápodos, teniendo en cuenta los principales cambios citomorfológicos (Chaves y Magalhães, 1993; Verdi, 1995; Kao *et al.*, 1999; Swiney y Shirley, 2001; Mossolin y Bueno, 2002). *M. rosenbergii* muestra el mismo patrón básico de desarrollo ovocitario, con la presencia de seis tipos de ovocitos los cuales aparecen sucesivamente a lo largo del ciclo sexual.

Igualmente, de las observaciones microscópicas se desprende que la ovogénesis es del tipo sincrónico (Del Pino, citado por Verdi 1995), lo que implica que sólo un lote de ovocitos madura, mientras otros permanecen en estado de ovogonias hasta que se produzca el desove del lote ya maduro.

De la totalidad de las hembras capturadas de *M. rosenbergii*, la más pequeña sexualmente madura se registró en mayo de 2004, y alcanzó 109,55 mm de LT. Las características del ovario coincidieron con el estadio III de madurez ovárica descrito en el Cuadro 2A, al presentar consistencia firme y coloración naranja; además, esta hembra presentó desarrollo de la cámara de incubación,

Cuadro 2A. Escala microscópica de madurez ovárica de *Macrobrachium rosenbergii* en el río Morocoto del estado Sucre. La escala representa el diámetro del ovocito. Coloración: H-E (40X).

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DEL OVARIO	IMAGEN
I	Inmaduro. Ovogonias. Son los elementos germinales más inmaduros. Se presentan agrupadas formando los nidos germinales. Miden aproximadamente entre 20 y 57 μm de diámetro. Presentan una relación núcleo/citoplasma alta, con el núcleo esférico, con cromatinas granulares. El citoplasma es poco evidente, sin estructuras intracitoplasmáticas visibles con las técnicas de coloración aplicadas. (O1) ovogonia. (P) pared del ovario o teca.	
II	En desarrollo. Ovocitos en diferentes fases evolutivas (O2). Son elementos de mayor tamaño que el estadio anterior. Miden entre 60 y 120 μm de diámetro. La relación núcleo-citoplasma disminuye. El núcleo permanece esférico y aparecen con uno o dos nucléolos ubicados junto a la membrana nuclear. El citoplasma se caracteriza por ser basófilo y en los ovocitos de mayor tamaño se observa bien el límite celular. Las ovogonias siempre ocupan la región más central de la gónada.	
III	Madurez temprana. Ovocitos pre-vitelogénicos (P). Miden aproximadamente entre 130 y 260 μm de diámetro. Los ovocitos presentan forma poliédrica. La relación núcleo/citoplasma continúa disminuyendo. Se hacen visibles en el citoplasma vacuolas que corresponden a gotas de vitelo. La basofilia citoplasmática disminuye a medida que el ovocito crece. Las células foliculares se disponen alrededor del ovocito formando una monocapa. Las ovogonias se mantienen en la región central de la gónada, formando la zona germinal (ZG).	

pero sin setas en los pleópodos. Igualmente, la hembra ovada de menor longitud midió 158,70 mm de LT, de un total de 22 hembras ovadas, las cuales presentaron un promedio de 200,67 mm de LT.

La longitud de la primera madurez sexual en hembras de *M. rosenbergii*, demuestra que estas maduran temprano. Moreno (1997), utilizó en ensayos de reproducción natural y artificial, hembras ovadas de *M. rosenbergii* entre 120 y 180 mm de LT. Por su parte, Graziani (1987) encontró hembras ovadas de *M. carcinus* con longitudes entre 102 y 145 mm de LT en el río Manzanares, lo que parece indicar que la longitud de la primera madurez sexual varía con la especie y con la ubicación geográfica.

Por otra parte, los machos de *M. rosenbergii* fueron más precoces que las hembras. A partir de 50 mm de LT presentaron el espermatóforo de color blanco-lechoso y en su interior los espermatozoides estaban completamente formados, con medidas que oscilaron entre 20 y 25 micras de longitud (Figura 3). Por debajo de esta longitud total mínima los espermatóforos tienden a ser menos firmes y transparentes.

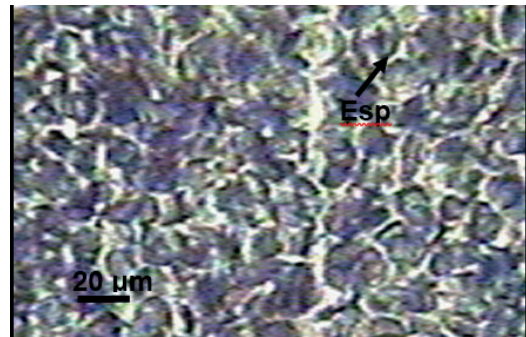
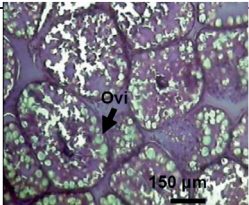
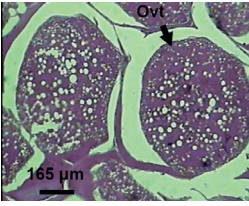
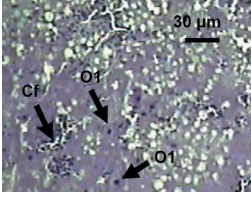


Figura 3. Corte transversal del espermatóforo de un macho de *M. rosenbergii*. La escala representa la longitud de los espermatozoides (Esp). Coloración: H-E (40X).

Macrobrachium rosenbergii constituye una de las especies que alcanza las mayores longitudes dentro del género, y es pescada intensamente de forma artesanal por los pobladores que viven en las riberas del río Morocoto, sin ningún tipo de control. Esto afecta drásticamente el equilibrio de la población en estudio. En este sentido, puede decirse que disminuir la longitud a la cual alcanzan la primera madurez sexual, pareciera ser una estrategia que facilitaría la reproducción más temprana en estos camarones, garantizando así

Cuadro 2B. Escala microscópica de madurez ovárica de *Macrobrachium rosenbergii* en el río Morocoto del estado Sucre. La escala representa el diámetro del ovocito. Coloración: H-E (40X).

ESTADIO	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DEL OVARIO	IMAGEN
IV	Madurez avanzada. Ovocitos en vitelogénesis inicial (Ovi). Miden entre 270 y 350 µm de diámetro. El ovocito mantiene la forma poliédrica. El tamaño del núcleo permanece constante y el citoplasma aumenta su tamaño por la presencia de gotas lipídicas más grandes y se torna acidófilo. Los ovocitos se distribuyen más a la periferia que en los estadios anteriores, reduciendo el espesor del epitelio folicular. El tejido conjuntivo se observa claramente.	
V	Madurez completa. Ovocitos en vitelogénesis terminal (Ovt). Es la fase más desarrollada de la maduración. Miden aproximadamente entre 360 y 582 µm de diámetro. Pierden su forma esférica debido a la presión y cercanía entre ellos. El citoplasma es más acidófilo y presenta una gran cantidad de vitelo en toda la superficie. El volumen del núcleo es mucho menor. En ovarios frescos son de color naranja intenso y se disocian fácilmente.	
VI	Desovado. Agotado o folículos post-ovulatorios. Se observan envoltorios foliculares de los ovocitos que indican que ha desovado. En este caso las células foliculares (Cf) que rodean a los ovocitos manifiestan propiedades fagocitarias. Reaparecen las ovogonias (O1).	

que un mayor número de hembras puedan producir huevos, y así garantizar la permanencia de la especie, ya que generalmente son capturados los ejemplares de mayor longitud.

Talla de madurez sexual del 50 % de la población

De 591 ejemplares capturados, 433 estuvieron dentro de la condición de maduros sexualmente (290 machos y 143 hembras). Se estimó que la longitud a la cual el 50% de los machos alcanza la madurez sexual es de $127,25 \pm 2,1$ mm de LT (Figura 4), mientras que la longitud de madurez sexual del 50% de las hembras, se estimó en $130,04 \pm 1,88$ mm de LT (Figura 5).

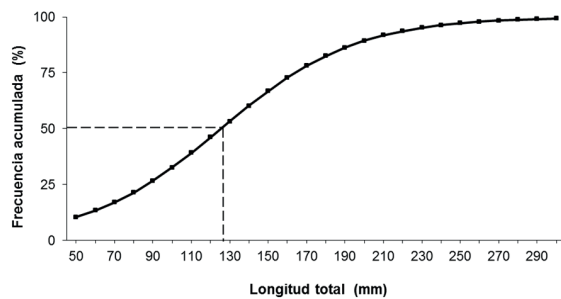


Figura 4. Frecuencia acumulada de machos *M. rosenbergii* sexualmente maduros.

En este sentido, las hembras de *M. tenellum* alcanzan su madurez sexual a los 30 mm, donde las tallas más comunes están entre 45 a 62 mm de LT, mientras que, en el ambiente natural se observaron hembras ovígeras entre los 56 a 101 mm, y en condiciones controladas se encontraron hembras ovadas de longitudes entre 46 y 50 mm (Guzmán-Arroyo 1987, Ruíz-Santos 1988, Ponce-Palafox *et al.* 2002, Espinosa-Chaurand *et al.* 2011).

En *M. acanthurus* una especie más pequeña que *M. rosenbergii*, Román-Contreras y Campos-Lince (1993) determinaron hembras sexualmente maduras de 35 mm de LT en el río Palizada (México), con una edad aproximada de seis meses.

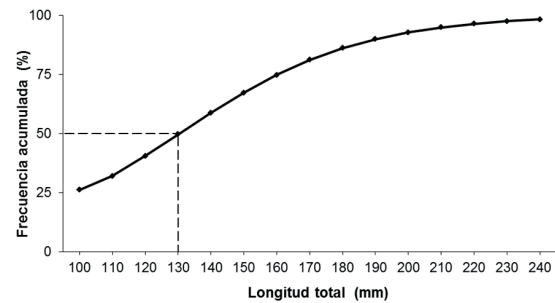


Figura 5. Frecuencia acumulada de hembras *M. rosenbergii* sexualmente maduras.

Igualmente, Sampaio *et al.* (2007) sugirieron que la primera maduración gonadal de *M. amazonicum* en el río Jaguaribe en Ceará (Brasil), ocurre entre 45 y 55 mm de LT, mientras que en la isla de Santana y Mazagão en el río Amazonas (Brasil), maduran entre 11,10 a 19,09 mm de LC (Lima *et al.* 2014). Por su parte en *M. dayanum*, palemónido proveniente del sur de India y Bangladesh, los machos maduran entre 50 y 78 mm de LT, y las hembras lo hacen entre 41 y 68 mm de LT (Sarkar *et al.* 2012).

Índice gonadosomático, época reproductiva y fecundidad

En la variación mensual del IG de hembras ovadas y no ovadas, se observó que en estas últimas los valores del índice son superiores (Figura 6). En concordancia al ritmo cíclico de maduración de las gónadas, se formaron dos grupos; el primero abarcó los meses entre mayo a agosto

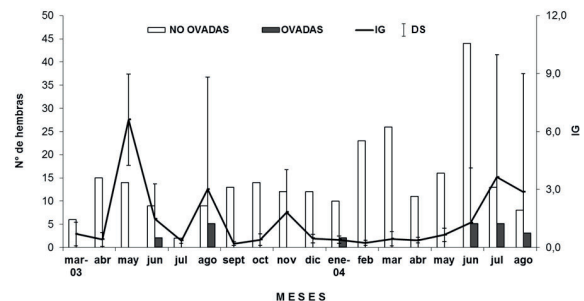


Figura 6. Variación temporal de la actividad reproductiva e IG en hembras *M. rosenbergii*.

de 2003, noviembre a diciembre de 2003 y junio a agosto de 2004, cuando el IG alcanzó valores promedio por encima de 0,295 y 0,621 en hembras ovadas y no ovadas respectivamente.

El segundo grupo estuvo conformado por los ejemplares capturados durante los meses de marzo, abril, septiembre y octubre de 2003 y febrero, marzo y abril de 2004, cuando el IG presentó los valores promedio menores, entre 0,083 y 0,243 en hembras ovadas y no ovadas, respectivamente.

En relación a lo anterior, la prueba de Kruskal-Wallis determinó diferencias altamente significativas ($H=100,98$; $P<0,001$) entre los meses evaluados. La prueba LSD demostró la tendencia hacia la formación de cuatro grupos, donde el grupo del mes de mayo de 2003 difiere de forma significativa del resto. De igual manera, la prueba LSD encontró diferencias significativas ($H=4,988$; $P<0,05$) entre las medias del IG y este índice resultó mayor en el total de las hembras no ovadas respecto a las hembras ovadas.

En este sentido, se observó que la variación temporal de la actividad reproductiva de *M. rosenbergii* en el río Morocoto, muestra una fluctuación mensual de las hembras ovadas y no ovadas en relación al IG (Figura 6). Las hembras ovadas se presentaron en junio y agosto de 2003, así como, en enero, y entre junio y agosto de 2004, representando sólo el 7,91% (22 individuos) del total de hembras colectadas. A pesar de esto, se observó que en estos meses las hembras presentaron una buena condición del ovario (\bar{X} IG = $0,682 \pm 0,264$).

Por otra parte, en los meses de poca pluviosidad (marzo a abril de 2003 y febrero a abril de 2004) se encontró que la mayoría de las hembras presentaron los ovarios inmaduros (\bar{X} IG = $0,229 \pm 0,162$). Índices gonadosomáticos superiores fueron determinados en *M. olfersi* en la Isla San Silvestre de Brasil, con un promedio de 3,3822, y un valor mínimo de 0,3450, para el estadio I, y un valor máximo de 12,0826, para el estadio III (Magalhães *et al.* 2012).

La abundancia de hembras ovadas en la mayoría de los meses del período de lluvias y los mayores valores del IG, indican que éste es el período

reproductivo de *M. rosenbergii* (mayo a agosto de 2003 y de 2004) en el río Morocoto. Gamba (1997) determinó un período de reproducción para *M. jelskii* en Venezuela de mayo a octubre, y que el máximo porcentaje de hembras ovadas coincide con el período de lluvias en la zona, lo que representaría condiciones óptimas para la reproducción.

Oh y Jeong (2003) reportaron un IG mayor para el camarón *Acetes chinensis* durante la estación anual de apareamiento. Igualmente, Kim y Hong (2004) y García (2006) señalan que los mayores valores del IG para los camarones *Palaemon gravieri* y *M. carcinus*, coinciden con los meses donde se encontraron mayor cantidad de hembras ovadas. Contrariamente la especie *M. amazonicum*, se reproduce durante todo el año en los ríos Morocoto (Venezuela) y Jaguaribe (Brasil) (Marcano 2006, Sampaio *et al.* 2007).

La variación del promedio mensual de la fecundidad de *M. rosenbergii*, mostró que las hembras incuban en su abdomen un promedio de 82.853 ± 25.033 huevos por hembra, con valores mínimos de $50.035 \pm 5.989,19$ y máximos de 125.264 ± 68.210 huevos (Figura 7).

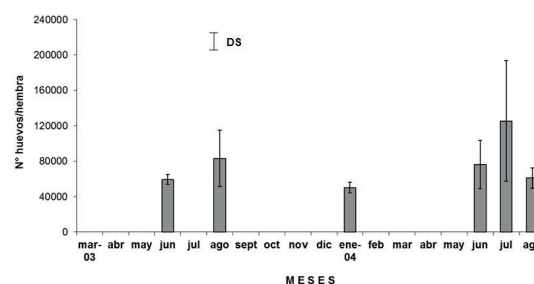


Figura 7. Variación mensual de la fecundidad en hembras *M. rosenbergii*.

Por otra parte, la relación entre la LT de las hembras y el número de huevos (NH) que presentaron, mostró una relación exponencial altamente significativa ($F = 30,648$; $P<0,001$) entre las variables (Figura 8A). Además, el coeficiente de determinación ($r^2 = 0,6654$) indicó que el 66,54% de la variabilidad del NH fue explicado por la LT de la hembra.

En el mismo orden de ideas, se determinó que la relación entre la LC y el NH por hembra puede expresarse mediante una ecuación exponencial significativa ($F = 22,076$; $P < 0,001$) entre las variables, con un r^2 igual a 0,5714 (Figura 8B). De igual forma, se estableció la relación entre la LA con el NH por hembra, con una ecuación exponencial significativa ($F = 32,472$; $P < 0,001$) y el r^2 reveló que el 67,44% de la variabilidad del NH fue explicada por la LA de la hembra (Figura 8C).

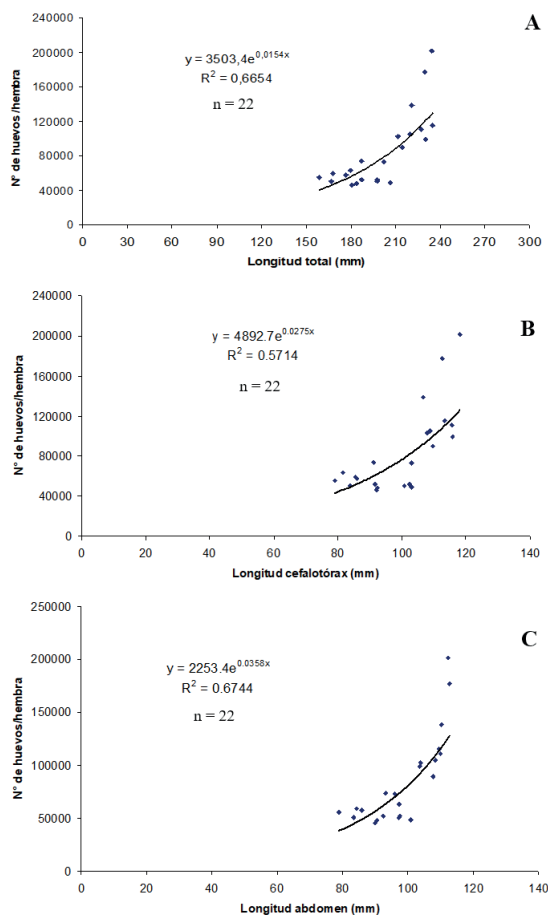


Figura 8. Relación entre LT (A), LC (B) y LA (C) con el número de huevos/hembra en *M. rosenbergii*.

Desde el punto de vista pesquero, los estudios sobre la fecundidad de las especies acuáticas comerciales cobran importancia para su análisis poblacional, manejo del recurso y reglamentación

de pesca, con la finalidad de prevenir una reducción excesiva del stock (Ramírez *et al.* 1995, Valenti *et al.* 1986).

En el presente trabajo se encontró que el NH promedio por hembra para *M. rosenbergii* fue de 82.853 ± 25.033 huevos, que es superior a la mayoría de las otras especies del género (*M. carcinus* mostró mayor fecundidad). Para *M. olfersi* se determinó un promedio de 1.227 ± 800 huevos (Mossolin y Bueno 2002), para *M. acanthurus*; Granados (1983) encontró una fecundidad de 5.500 huevos por hembra, mientras que Mejía *et al.* (2001) reportó 1.886 ± 1.578 huevos en la misma especie.

En este sentido, García (2006) y Marcano (2006) realizando estudios poblacionales de *M. carcinus* y *M. amazonicum* en la misma zona de este estudio, obtuvieron promedios de 159.549 ± 63.727 y 3.492 ± 1.462 huevos por hembra, respectivamente, lo que demuestra que el NH es superior en las especies de mayor tamaño.

Estas diferencias en el NH también están relacionadas con las diferentes longitudes de los ejemplares empleados. De acuerdo a esto, es evidente que la longitud es uno de los factores relacionados con el NH que puede incubar una hembra y este estudio demostró con el análisis de regresión que el 66,54% de la variabilidad del NH fue explicado por la LT. No obstante, para *M. amazonicum* y *M. jelskii*, la variabilidad del NH explicada por la LT fue de 96,0 y 88,0% respectivamente (Gamba 1997).

De la misma manera, con respecto a la LC, la LA y su relación con el NH, se encontró que el 57,14% y 67,44% de la variabilidad del NH fue explicado la LC y la LA, respectivamente. A este respecto, Graziani *et al.* (1993) señalaron que, en estos organismos, la fecundidad también está estrechamente ligada a la edad, aumentando a medida que la hembra se hace más longeva.

En otras especies del género donde se han evaluado las relaciones entre el NH por hembra y la longitud de alguna región corporal, se reporta que en *M. brasiliense* la variabilidad del NH está explicada por la LC en un 88,0% (García *et al.* 2000). Mientras que en *M. acanthurus*, *M.*

heterochirus y *M. carcinus*, esta relación tiene valores de 71,20; 47,50 y 87,1%, respectivamente (Mejía *et al.* 2001) y para el sergéstido *Acetes chinense*, la misma relación esta explicada en un 44,0% (Oh y Jeong 2003).

Los resultados de esta investigación muestran el desarrollo y avance de una población establecida del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en la zona sur oriental del estado Sucre.

Investigaciones futuras deben orientarse a desarrollar estudios sinecológicos que permitan evaluar el posible impacto de este camarón exótico, sobre las especies nativas. Además, se deben realizar estudios de dinámica poblacional, que incluyan a los ejemplares pequeños de *M. rosenbergii*.

CONCLUSIONES

Macrobrachium rosenbergii presenta el patrón básico de desarrollo del ovario de los crustáceos malacostráceos, con seis tipos de ovocitos y ovogénesis de tipo sincrónica.

El período de actividad reproductiva está determinado por la condición del ovario, el índice gonadosomático y la presencia de hembras ovadas, y ocurre durante la temporada de lluvias en el río Morocoto (mayo a agosto).

Igualmente, se ratifica que la fecundidad de este camarón exótico, es una de las más elevadas dentro del género *Macrobrachium* y está asociada a la longitud total de la hembra.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología del estado Anzoátegui y al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por su apoyo en el cofinanciamiento del Proyecto de Investigación "Estudio base para la explotación del camarón de río *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) para su cultivo en Curataquiche, estado Anzoátegui, Venezuela".

LITERATURA CITADA

- Aguilera, J; Azocar, M; Rosas, C; Gallardo, N; Gutiérrez, J; Figueroa, C; Moreno, R; Nassar, A; Quijada, C; Vallenilla, R. 1980. Atlas del Estado Sucre. Programa Colegio Universitario de Carúpano, Centro de Investigaciones y Zona Educativa del estado Sucre. 31 p.
- Anger, K; Moreira, G. 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *Journal of Crustacean Biology* 18(4):823–838.
- Carvalho, HA; Gomes, MC. 1981. Descrição dos estádios ovarianos de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Palaemonidae) durante o ciclo reproductivo. *Ciência e Cultura* 33(10):1353-1359.
- Cavalli, R; Lavens, P; Sorgeloos, P. 2001. Reproductive performance of *Macrobrachium rosenbergii* females in captivity. *Journal of the World Aquaculture Society* 32(1):60-67.
- Chaves, P; Magalhães, C. 1993. O desenvolvimento ovocitário em *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), Camargo dulcícola da região amazônica. *Acta Amazonica* 23(1):17-23.
- Coll Morales, J. 1986. *Acuicultura marina animal*. 2 ed. Madrid, España, Ediciones Mundi-prensa. 670 p.
- Conover, WJ. 1999. *Practical nonparametric statistics*. 3 ed. New York, USA, Wiley. 592 p.
- Corey, S; Reid, D. 1991. Comparative fecundity of decapods crustaceans I. The fecundity of thirty-three species of nine families of Caridean shrimp. *Crustaceana* 60(3):270-294.
- Espinosa-Chaurand, LD; Vargas-Ceballos, MA; Guzmán-Arroyo, M; Nolasco-Soria, H; Carrillo-Farnés, O; Chong-Carrillo, O; Vega-Villasante, F. 2011. Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: Estado del arte. *Hidrobiológica* 21(2):99-117.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. *Fisheries Global*

- Information System (FIGIS) (en línea). Fisheries and Aquaculture Department. Roma, Italia. Consultado 15 oct. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/species/search/en>.
- Fujimura, T; Okamoto, H. 1972. Notes on progress made in developing a mass culturing technique for *Macrobrachium rosenbergii*. In Pillay, TVR (ed.). Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region: Papers Presented at the Indo-Pacific Fisheries Council Symposium on Coastal Aquaculture. Bangkok, Thailand, Fishing News Books Ltd. p. 313-327.
- Gamba, A. 1997. Biología reproductiva de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) y *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) en Venezuela (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Acta Científica Venezolana 48(1):19-26.
- Gaertner, D ; Laloé, F. 1986. Etude biométrique et la taille á première maturité sexuelle de *Geryon maritae* Manning et Holthuis, 1981 du Sénégal. Oceanol. Acta 8(4):479-487.
- García, DC; Alcantára, FB; Vásquez, RM; Chujandamas, M. 2000. Biología reproductiva do camarão *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) em Igarapés de Terra firme da Amazônia Peruana. Acta Amazonica 30(4):653-664.
- García, PM. 2006. Aspectos reproductivos y poblacionales del camarón (*Macrobrachium carcinus*) (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Palaemonidae) en el río Morocoto, municipio Benítez, estado Sucre. Tesis Lic. Cumaná, Venezuela, Universidad de Oriente. 52 p.
- Gracia, A. 1985. Variación estacional en la fecundidad de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). Ciencias Marinas 11(1):7-27.
- Granados, A. 1983. Aspectos reproductivos del "camarón prieto" *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) en la cuenca del río González, Tabasco, México (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 11(1):1-22.
- Graziani, C. 1987. Contribución al cultivo del camarón de río *Macrobrachium carcinus* L. (Decapoda-Palaemonidae). Tesis MSc. Cumana, Venezuela, Universidad de Oriente. 56 p.
- Graziani, C; Chung, K; De Donato, M. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidae) en Venezuela. Revista de Biología Tropical 41(3):657-665.
- Graziani, C; Moreno, C; Orta, T. 1998. Efecto de la inseminación natural y artificial en la reproducción de *Macrobrachium jelskii* (Miers) (Decapoda: Palaemonidae). Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela 37(1-2):35-42.
- Graziani, C; Moreno, C; Villarroel, E; Orta, T; Lodeiros, C; De Donato, M. 2003. Hybridization between the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M. carcinus* (L.). Aquaculture 217(1-4):81-91.
- Gridley, M. 1960. Manual of histologic and special staining technics. 2 ed. New York, USA, McGraw-Hill. 207 p.
- Guzmán-Arroyo, M. 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis PhD, D.F., México. UNAM. 319 p.
- Kao, HC ; Chan, TY; Yu, HP. 1999. Ovary development of the deep-water shrimp *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1826) (Crustacea: Decapoda: Aristeidae) from Taiwan. Zoological Studies 38(4):373-378.
- Kholer, A. 1979. Le Régime alimentaire des poissons des etangs littoraux données preliminaires sur latherine, dans L'Etang du Prévost (Palavas, Hérault). DEA, Montpellier, France. Université Montpellier 2 Sciences et Techniques du Languedoc. 43 p.
- Kim, S; Hong, S. 2004. Reproductive biology of *Palaemon gravieri* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology 24(1):121-130.

- Lima, JF; Silva, LMA; Silva, TC; Garcia, JS; Pereira, IS; Amaral, KDS. 2014. Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amazonica* 44(2):245-254.
- Ling, SW. 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO Fisheries Report* 3(57):589-606.
- Magalhães, T; Mossolin, EC; Mantelatto, FL. 2012. Gonadosomatic and Hepatosomatic indexes of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae) from São Sebastião Island, Southeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 7(1):1-9.
- Mantelatto, FL; Barbosa, LR. 2005. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17(3):245-255.
- Marcano, N. 2006. Aspectos poblacionales del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) en el río Morocoto, municipio Benítez, estado Sucre. Tesis Lic. Cumaná, Venezuela, Universidad de Oriente. 47 p.
- Martínez, G. 1983. Estructura de la población y biometría de los sexos de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda: Palaemonidae) cultivado en Guanacaste, Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 15:33-40.
- Mejía-Ortiz, LM; Álvarez, F; Román, R; Viccon-Pale, JA. 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan river, Veracruz, México. *Crustaceana* 74(1):69-77.
- Moreno, C. 1997. Inseminación artificial y ensayos de hibridación en camarones de río del género *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). Tesis Lic. Cumaná, Venezuela, Universidad de Oriente. 85 p.
- Moreno, C; Graziani, C; Barrios, A; Villarroel, E; Marcano, N. 2012. Estructura poblacional del camarón exótico *Macrobrachium rosenbergii* de Man, 1879 (Crustacea: Palaemonidae) en el río Morocoto, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 30(3):237-250.
- Mossolin, E; Bueno, S. 2002. Reproductive biology of *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae) in São Sebastião, Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 22(2):367-376.
- New, M; Singholka, S. 1984. Cultivo del camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. *FAO, Documentos Técnicos de Pesca* (225). 118 p.
- New, M; Valenti, W. 2000. *Freshwater Prawn Culture. The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, England, Blackwell Science. 443 p.
- New, M. 2002. *Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii)*. *FAO, Fisheries Technical Paper* (428) 33 p.
- Nikolskii, G. 1969. *Theory of fish populations as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources*. Edinburgh, Scotland, Oliver and Boyd. 323 p.
- Oh, C; Jeong, I. 2003. Reproduction and population dynamics of *Acetes chinensis* (Decapoda: Sergestidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. *Journal of Crustacean Biology* 23(4):827-835.
- Pereira, G; Egáñez, H; Monente, J. 1996. Primer reporte de una población silvestre, reproductiva de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) en Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica* 16(3):93-95.
- Pereira, G; Monente, J; Egáñez, H; García, JV. 2001. Introducción de *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) en Venezuela. *In: Ojasti, J. (coord.). Estudio sobre el estado actual de las especies exóticas. Estudio nacional*. Caracas, Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina. 220p. SG/CEPS.021.2000
- Pérez, JE. 1996. La acuicultura y la conservación de la biodiversidad. *Interciencia* 21(3):154-157.

- Pérez, JE; Graziani, C; Nirchio, M. 1997. ¿Hasta cuando los exóticos! Acta Científica Venezolana 48(3):127-129.
- Ponce-Palafox, JT; Arana-Magallón, FC; Cabanillas-Beltrán, H; Esparza-Leal, HM. 2002. Bases biológicas y técnicas para el cultivo de los camarones de agua dulce nativos del Pacífico americano *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) y *M. americanum* (Bate, 1968). I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. p. 534-546.
- Ramírez, A; Sandoval, M; González, J. 1995. Comparación de dos métodos para la estimación de la fecundidad de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 19(1):42-46.
- Ricker, WE. 1973. Linear regressions in fishery research. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 30(3):409-434.
- Rodríguez, G; Suarez, H. 2001. Anthropogenic dispersal of decapod crustaceans in aquatic environments. Interciencia 26(7):282-287.
- Román-Contreras, R; Campos-Lince, LS. 1993. Aspectos reproductivos y aproximación a un modelo de crecimiento para una población de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) en el río Palizada, Campeche, Mexico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 20(1):55-65.
- Ruiz-Santos, H. (1988). Estudio de la edad y crecimiento del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en la laguna de Tres Palos, Gro. Tesis MSc. Ciudad México, México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 78 p.
- Salazar, G; Graziani, C; Villarroel, E; Luna, M; Moreno, C; Guevara, M. 2005. Hibridación entre los camarones de río *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) y *M. acanthurus* (Wiegmann). ¿Es posible? Interciencia 30(8):501-505.
- Sampaio, CMS; Silva, RR; Santos, JA; Sales, SP. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). Brazilian Journal of Biology 67(3):551-559.
- Sarkar, I; Basu, A; Dutta, S; Roy, S. 2012. Male mating tactics and mating activity in freshwater prawn, *Macrobrachium dayanum* (Henderson, 1893) Palaemonidae: Caridae. International Journal of Aquatic Science 3(2):56-70.
- Schemske, DW; Husband, BC; Ruckelshaus, MH; Goodwillie, C; Parker, IM; Bishop, JG. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. Ecology 75(3) 584-606.
- Silva-Oliveira, GC; Stuart Ready, J; Iketani, G; Bastos, S; Gomes, G; Sampaio, I; Maciel, C. 2011. The invasive status of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) in Northern Brazil, with an estimation of areas at risk globally. Aquatic Invasions 6(3):319–328.
- Swiney, K; Shirley, T. 2001. Gonad development southeastern Alaskan Dungeness crab, *Cancer magister*, under laboratory conditions. Journal of Crustacean Biology 21(4):897-904.
- Valenti, W. 1984. Estudo populacional dos camarões de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Palaemonidae). Dissertação de Mestrado. São Paulo, Brasil, Universidad de São Paulo. 149 p.
- Valenti, W; Mello, JTC; Lobão, V. 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapada, Palaemonidae). Ciencia e Cultura 38(7):1256-1262.
- Verdi, A. 1995. La estructura ovárica de *Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896) (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). Revista Brasileira de Biologia 55(2):193–199.
- Zar, JH. 1984. Biostatistical analysis. 2 ed. Englewoods Cliff, USA, Prentice Hall. 699 p.