

Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay.
ISSN en línea 23005-2599, abril-junio 2024,
Volumen 4, Número 2.

DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2>

**EFFECTO DEL AGUA DE MAR NATURAL Y ARTIFICIAL
EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO DEL
LANGOSTINO *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DE
MAN, 1879) EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

*Effect of Natural and Artificial Seawater on the
Embryonic Development of the Prawn *Macrobrachium
rosenbergii* (De Man, 1879) Under Laboratory Conditions*

Eduardo Alfredo Zarza Meza

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruz, México

Karla Cirila Garcés García

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruz, México

Juan Lorenzo Reta Mendiola

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruz, México

Gustavo Juárez Sánchez

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruz, México



DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i2.296>

Efecto del Agua de Mar Natural y Artificial en el Desarrollo Embrionario del Langostino *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) En Condiciones de Laboratorio

Eduardo Alfredo Zarza Meza

ezarza@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4876-2437>

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias, Universidad

Veracruz, México

Karla Cirila Garcés García

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias, Universidad

Veracruz, México

Juan Lorenzo Reta Mendiola

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias, Universidad

Veracruz, México

Gustavo Juárez Sánchez

Facultad de Ciencias Biológicas y

Agropecuarias, Universidad

Veracruz, México

RESUMEN

Macrobrachium rosenbergii se adapta a condiciones controladas, sin embargo, para la obtención de postlarva debe de mejorarse para abastecer la demanda de este recurso. México está ubicado dentro del trópico de cáncer con un clima apropiado para su cultivo, en zonas costeras y en zonas alejadas de la costa, empleando agua de mar natural y artificial. El presente estudio se enfocó en evaluar el desarrollo embrionario de *M. rosenbergii* empleando agua de mar y agua de mar artificial para producir agua salobre (9 ppt). Se ocuparon tres tratamientos con tres replicas: UCN- unidades de crianza empleando agua de mar natural, UCS- unidades de crianza utilizando salmuera, y UCIO- unidades de crianza aplicando sal para acuario "Instant Ocean". Los huevos no presentaron diferencias significativas respecto al largo ($p = 0.419$) y el ancho ($p = 0.288$) de los embriones durante su desarrollo. La morfogénesis y la organogénesis se fue dando manera simultánea, estando completamente desarrollados para el día 15. El lapso de eclosión difirió entre el tratamiento donde fue empleada agua de mar natural (15–16 días) y el tratamiento donde se empleó salmuera (17–18 días). En la tasa de eclosión, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos donde se ocupó agua de mar natural y salmuera. En el tratamiento donde se aplicó sal para acuario *Instant Ocean* no hubo eclosión, debido a que esta sal no contiene las cantidades idóneas de minerales traza indispensables para un desarrollo embrionario óptimo de la especie. Los resultados revelaron que el uso de salmuera durante el desarrollo embrionario ofrece resultados similares a los obtenidos en el uso de agua de mar natural, dando indicios de ser una buena alternativa para el establecimiento de criaderos lejos de la línea costera, donde, no está disponible el agua de mar y su traslado sería muy costoso.

Palabras clave: *Macrobrachium rosenbergii*, desarrollo embrionario, agua de mar natural, artificial, eclosión, evaluación

Recibido: 15-mayo-2024 / Aprobado: 18-junio-2024

Effect of Natural and Artificial Seawater on the Embryonic Development of the Prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) Under Laboratory Conditions

ABSTRACT

Macrobrachium rosenbergii adapts to controlled conditions, however, in order to obtain postlarva, it must be improved to meet the demand for this resource. Mexico is located within the Tropic of Cancer with an appropriate climate for its cultivation, in coastal areas and in areas far from the coast, using natural and artificial seawater. The present study focused on evaluating the embryonic development of *M. rosenbergii* using seawater and artificial seawater to produce brackish water (9 ppt). Three treatments were used with three replicates: UCN - rearing units using natural seawater, UCS - rearing units using brine, and UCIO - rearing units applying "Instant Ocean" aquarium salt. The eggs did not show significant differences with respect to the length ($p = 0.419$) and width ($p = 0.288$) of the embryos during their development. Morphogenesis and organogenesis occurred simultaneously, being fully developed by day 15. The hatching time differed between the treatment where natural seawater was used (15–16 days) and the treatment where brine was used (17–18 days). In the hatching rate, no significant differences were observed between the treatments where natural seawater and brine were used. In the treatment where Instant Ocean aquarium salt was applied, there was no hatching, because this salt does not contain the ideal amounts of trace minerals essential for optimal embryonic development of the species. The results revealed that the use of brine during embryonic development offers similar results to those obtained in the use of natural seawater, indicating that it is a good alternative for the establishment of hatcheries far from the coastline, where seawater is not available and its transfer would be very costly.

Keywords: *Macrobrachium rosenbergii*, embryonic development, natural seawater, artificial, hatching, evaluation

INTRODUCCIÓN

La especie *Macrobrachium rosenbergii* se ubica en el suborden Caridea, y se compone de aproximadamente 2,500 especies de crustáceos distribuidas en 21 familias que habitan prácticamente en todos los cuerpos acuáticos del planeta, siendo el género *Macrobrachium* el más diverso (De Grave *et al.* 2007). El género *Macrobrachium* o integran al menos 238 especies que se distribuyen en la franja tropical y subtropical de todo el mundo (De Grave *et al.* 2009). Algunas de las especies del género *Macrobrachium* tienen un valor económico alto debido a su sabor, alto contenido de proteína y atractivo visual, siendo un producto bien cotizado como alimento para consumo humano (Crumlish, 2015). La venta de langostino es abastecida principalmente por *M. rosenbergii*, especie asiática que es ampliamente cultivada (New, 2007). Esta especie continúa siendo la más utilizada para la acuicultura comercial, y en consecuencia, se ha introducido en casi todos los continentes.

Ling (1969) reportó las primeras observaciones de la importancia del agua salina para las primeras etapas de vida de *M. rosenbergii*. Aunque los huevos de *M. rosenbergii* requieren agua salobre para su desarrollo y eclosión, los criaderos no tienen que estar ubicados en sitios costeros. El agua salobre derivada de la mezcla de agua de mar, salmuera o sales para acuario con agua dulce para su uso en los criaderos de *M. rosenbergii*. Debe ser de 12–16 ppt, tener un pH de 7.0–8.5 y contener un nivel mínimo de oxígeno disuelto de 5 mg/L (New, 2004).

El continuo desarrollo de esta actividad comercial requiere postlarvas (con un desarrollo óptimo) provenientes de criaderos para fines de siembra. Al requerir las etapas embrionarias agua salobre para su correcto desarrollo y posterior eclosión, los criaderos pueden implementar el uso, ya sea de agua de mar natural o sales para producir agua de mar artificial (New *et al.* 2010). La obtención de agua de mar natural se puede realizar en áreas con salinidad de 30 a 35 ppt filtrándola al momento de colectarla (Ruey-Chyi, 2008). Sin embargo, esto no siempre protege a los huevos de problemas patológicos y parasitarios. En cuanto a la preparación de agua de mar artificial existen muchas formulaciones en el comercio de acuarios. Sin embargo, no todas son

adecuadas para la cría y otras son complejas y costosas (New *et al.* 2010). La salmuera por otra parte se puede obtener de las bandejas de evaporación de sal.

En un mercado en constante desarrollo, el establecimiento de criaderos en interior, los costos de obtener y transportar el agua de mar o sales para producir agua de mar artificial, ha alentado a operadores a implementar sistemas de recirculación efectuando el uso de filtros biológicos para reducir la demanda de agua, facilitar su establecimiento y con ello reducir costos de producción para ser competitivos en el mercado (Ali, 2019). El agua de mar artificial debería ser la mejor opción, sin embargo, falta información sobre su uso. Teniendo en cuenta que tanto el agua de mar natural como el agua artificial presentan contrastes para su ocupación en el cultivo de *M. rosenbergii*, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar cuál de los dos métodos (agua de mar natural o artificial) a emplear es más eficaz para un desarrollo embrionario óptimo, pudiendo de esta forma aportar al desarrollo de esta actividad comercial en zonas separadas de la línea costera y contribuir a la seguridad alimentaria de las poblaciones alejadas de la zona costera o sin acceso a agua de mar obteniendo alimentos de índole acuícola de buena calidad sanitaria.

Una de las razones del éxito reproductivo de los crustáceos está relacionada con el hecho de que muchos de ellos llevan sus huevos hasta la eclosión, lo que resulta en una alta tasa de supervivencia de los huevos. Charniaux-Cotton (1992). Odinetz-Collart y Rabelo (1996) indican que, en los palaemónidos, los huevos son grandes y se ponen en masa, lo que permite seguir el desarrollo embrionario a través del corion transparente.

Habashy *et al.* (2012a) señalan que los huevos vitelinos de los langostinos palaemónidos exhiben diversos periodos de incubación como se describe para *Palamonetes argentine*s, 10 días; *Palaemon pandaliformis*, 13 días; *Macrobrachium ofersii*, 14 días; *M. rosenbergii*, 16 días; *Macrobrachium potiuna*, 21 días. Zaga-Alarcón (2019), anotan que *M. rosenbergii* es una especie acuícola potencial con un ciclo de producción semestral y con alto valor monetario en el mercado. Sin embargo, la producción de semilla debe expandirse y tecnificarse.

New *et al.* (2010) señalaron los siguientes parámetros físico-químicos como óptimos para el agua en los criaderos de camarones de agua dulce: temperatura de 28–31°C; salinidad de 12-16 ppt; oxígeno disuelto mayor a 5 mg/L; pH en un intervalo de 7.0– 8.5; y el amoníaco (NH₃– N), nitritos (NO₂–N) y nitratos (NO₃–N) en niveles que no superen los 0.1, 0.1 y 20 mg/L, respectivamente. México al estar ubicado en el trópico de cáncer y contar con condiciones apropiadas para él cultivo tanto, en las zonas costeras como en zonas interiores puede contribuir a satisfacer la demanda comercial empleando alternativas como la cría postlarval en agua de mar natural y artificial.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en los meses de septiembre de 2021 a noviembre de 2022, en la Unidad de Bioensayos Acuícolas de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan perteneciente a la Universidad Veracruzana, en el estado de Veracruz, México. Las hembras ovadas se colocaron en unidades incubadoras con biofiltros adicionando 5 ml (diariamente) del producto comercial *Seachem stability* para acelerar la proliferación de bacterias nitrificantes y acondicionador comercial *Seachem prime*, el cual convierte el amoníaco en una forma segura y no tóxica que es rápidamente degradada por el filtro biológico.

El agua de mar se filtró y posteriormente, fue clorada a una proporción de 5 ppt de cloro activo dejándola reposar por un día. Para eliminar el cloro residual, ésta se sometió a una aireación vigorosa durante 6 h antes de su uso (New, 2004).

Para agua de mar artificial se empleó sal de mar orgánica (salmuera marca) “La purísima” y sal para acuario *Instant Ocean*, adicionando agua dulce hasta alcanzar la salinidad requerida de 9 ppt para el desarrollo embrionario en cada tratamiento empleado.

Se midieron diariamente los parámetros de: oxígeno temperatura, salinidad, pH, sólidos totales disueltos (TDS) y conductividad eléctrica (EC). También nitrógeno amoniacal total (NAT, N-NH₄⁺ + N-NH₃), nitritos (N-NO₂⁻) y nitratos (N-NO₃⁻)

Se utilizaron 8 reproductores en una proporción de 1:3 (machos y hembras) donados por la granja acuícola de Soledad de Doblado, Ver., y se utiliza alimento balanceado para tilapia marca “Biofingerling desarrollo 2.5” premolido, una vez al día, con el objetivo de mantener lo más limpia posible la unida incubadora.

Se establecieron tres tratamientos, empleando tres combinaciones para producir agua salobre: agua de mar natural, sal de mar natural (salmuera) y sal para acuario *Instan Ocean* (Tabla 1). Se realizaron tres replicas correspondientes a cada uno de los tratamientos, dando un total de 9 unidades experimentales, donde, se colocó una hembra (previamente medida y pesada) por replica. Los datos obtenidos se analizaron para determinar si la fluctuación presentada se encontraba dentro del intervalo idóneo para cada parámetro.

Tabla 1. Cantidad de sales empleadas por unidad experimental para obtener 60 litros de agua salobre a 9ppm

Sal empleada	Cantidad	Agua dulce
Agua de mar natural	15 litros	45 litros
Salmuera “La Purísima”	1.05 kg	60 litros
Sal para acuario “Instant Ocean	0.540 gr	60 litros

Para evaluar el desarrollo embrionario, se tomaron diariamente fotos de los huevos obtenidos de las hembras ovadas y se ordenaron de acuerdo con el grado de desarrollo embrionario con base a descripciones morfológicas realizadas en trabajos de Habashy *et al.* (2012b).

RESULTADOS

En la tabla 2 se reportan los valores obtenidos durante el transcurso del experimento de las réplicas correspondientes de los tres tratamientos; Agua de mar (UCN), salmuera (UCS) y sal para acuario *Instant Ocean* (UCIO): pH, Salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, amoníaco y nitratos

Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos por tratamiento

Parámetros/Tratamiento	UCN	UCS	UCIO
pH	8.1 ± 0.08	7.9 ± 0.35	8.2
Salinidad	9.1 ± 0.6 ppt	9.1 ± 0.7 ppt	9.3 ± 0.2 ppt
Temperatura	29.7 ± 0.5 °C	29.9 ± 0.3 °C	29.8 ± 0.08 °C
Oxígeno disuelto	6.7 ± 0.2 mg/L	6.6 ± 0.4 mg/L	6.1 ± 0.3 mg/L
Amoniaco	0.3 ± 0.1 mg/L	0.4 ± 0.1 mg/L	0.3 ± 0.02 mg/L
Nitratos	1.5 ± 1 mg/L	2.3 ± 0.8 mg/L	1.5 ± 0.3 mg/L

Las longitudes de las hembras reproductoras de *M. rosenbergii* presentaron un valor mínimo de 13.4 cm y un valor máximo de 15.8 cm. En tabla 3 se representan los valores obtenidos en las hembras reproductoras respecto a su longitud y peso.

Tabla 3. Longitud y peso de las hembras reproductoras de *M. rosenbergii* en los tratamientos

Tratamiento	Replica	Longitud de la hembra (cm)	Peso de la hembra (g)
UCN	1	14.6	42.2
UCN	2	14.65	39.43
UCN	3	14.7	42.58
UCS	1	14.6	42.2
UCS	2	13.4	35.15
UCS	3	14.5	40.1
UCIO	1	15.1	49.15
UCIO	2	15.8	49.7
UCIO	3	13.4	35.15
.		14.5 ± 0.8	41.7 ± 5.2

En el día 1 (24 h), se observó claramente la división celular en la superficie del huevo dando lugar a la blastulación que corresponde a un desarrollo embrionario primario. (Fig 1)

Para el día 15 (360 h): Desarrollo embrionario completo, el embrión ocupaba todo el espacio dentro del huevo quedando pocos rastros de la yema vitelina en la parte dorsal. Los ojos bien definidos son oscuros, redondeados, con estrías obvias y glóbulos translucidos agrandados que ocupan la mayor parte del área dorsal del huevo. Los apéndices torácicos y cefálicos están desarrollados y son fácilmente distinguibles ocupando el lado ventral del huevo. El abdomen y

sus segmentos se pueden observar claramente presentando cromatóforos, en el caso del corazón se encuentra latiendo activamente. (Fig. 2)

Figura 1 Día 1, 24 h. División celular: C: corion, Y= yema vitelina

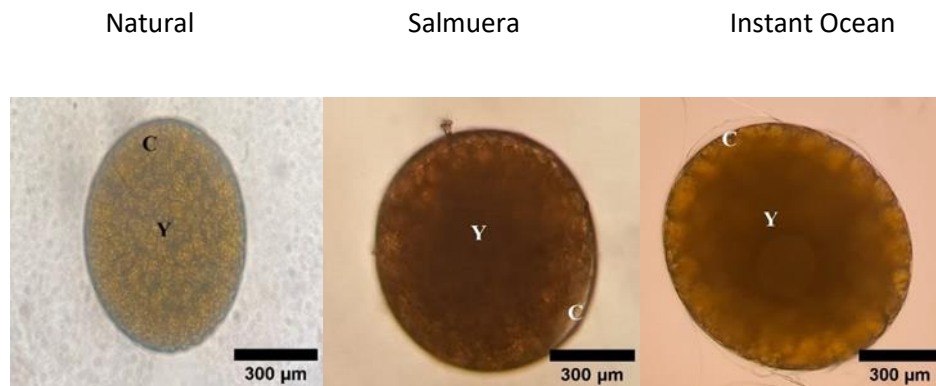


Figura 2 Día 15; AB: abdomen, OD: ojos desarrollados, PR: pereiópodos, CR: cromatóforos, CO: corazón,

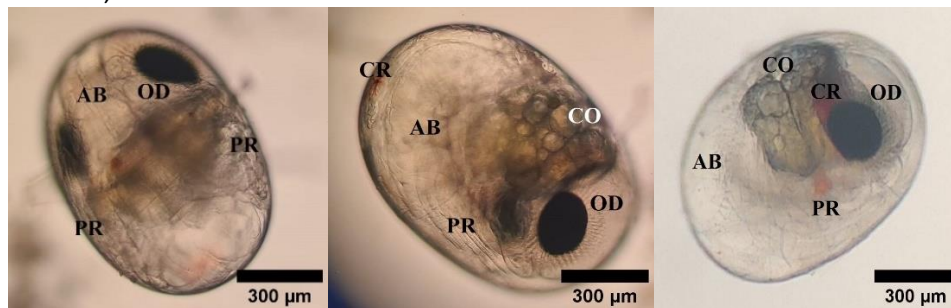
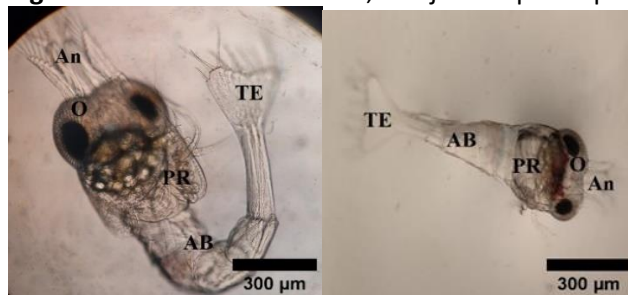


Figura 3 Eclosión: An: antenas, O: ojos PR: pereiópodos, AB: abdomen TE: telson



En cuanto al diámetro de los huevos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas $F(2,48) = 0.88413$, $p = 0.41969$ con un intervalo de confianza 95% en el diámetro mayor (largo) de los huevos entre los tres tratamientos. De igual manera, no son estadísticamente significativas $F(2,48) = 1.2770$, $p = 0.28818$ entre el diámetro menor (ancho) de los huevos.

En la unidad con agua de mar la eclosión de los embriones ocurrió a los 15 días como valor mínimo, y 16 días como máximo. En el caso de las unidades con salmuera se obtuvo un mínimo de 17 días y un máximo de 18 días. Sin embargo, en el caso de la sal para acuario *Instant Ocean* no se logró la eclosión en ninguna de las réplicas. Para este tratamiento el conteo de los días se detuvo hasta que la hembra se comiera o soltara todos los huevos obteniendo un valor mínimo de 12 días requerido, y un máximo de 23 días. En la figura 4 se representan los días que demoraron las réplicas de los 32 tratamientos donde eclosionaron exitosamente los embriones y las réplicas donde no hubo eclosión.

Figura 4

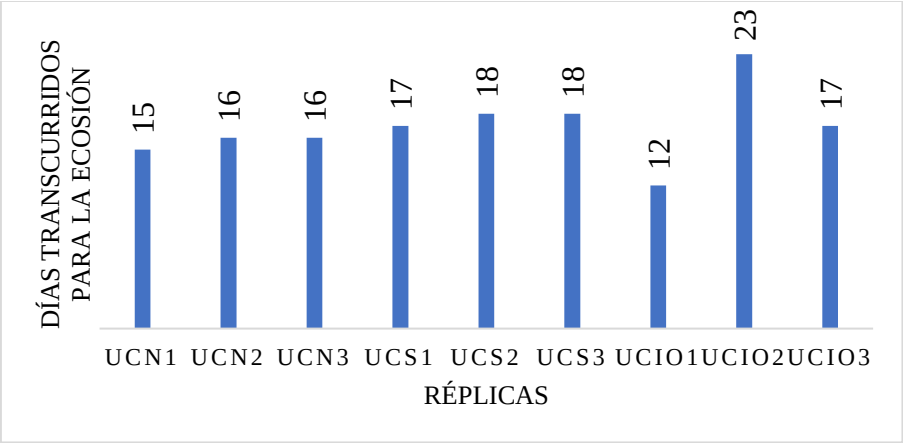


Figura 4. Tiempo de eclosión de los embriones de *M. rosenbergii* en todas las réplicas de los diferentes tratamientos. UCN (agua de mar natural), UCS (agua de mar con salmuera) y UCIO (agua de mar con sal para acuario *Instant Ocean*). Se determinó también que las diferencias entre los tratamientos que presentaron eclosiones respecto a la tasa de eclosión no fueron estadísticamente significativas $F(1, 4) = 1.1403$, $p = .34575$ con un intervalo de confianza de 95%.

DISCUSIÓN

New *et al.* (2010) establecieron que el intervalo óptimo para una buena incubación de *M. rosenbergii* se encuentra entre 7.0–8.5 unidades. En el presente estudio, la fluctuación observada del pH en todas las unidades experimentales se mantuvo en un intervalo óptimo de 7.7–8.2 unidades, demostrando que los tratamientos con diferentes aguas salinas pueden tener

valores óptimos de pH. En cuanto a los valores de salinidad, Iolany *et al.* (2021) reportaron que una salinidad de 9 ppt ofrece una mejor incubabilidad de los embriones en comparación con otras salinidades menores (5 ppt) o mayores (12 ppt), coincidiendo con lo encontrado en el presente trabajo que mantuvo valores de entre 7.8 ppt y 9.6 ppt.

En el caso de la temperatura, Tan y Wang (2022b) reportan que este parámetro está relacionado con el proceso de desarrollo embrionario (tiempo de incubación), y que las bajas temperaturas (menos a 14 °C) pueden prolongar el periodo de desarrollo embrionario, mientras que altas temperaturas (mayor de 33 °C) lo aceleran. Sin embargo, esto puede provocar que la organogénesis no pueda completarse y en consecuencia tener altas probabilidades de presentar deformidades y mortalidad de los embriones (Tan & Wang, 2022a). La temperatura se mantuvo en un intervalo de 29.3 a 30.1 °C, coincidiendo con lo sugerido por New (2004) el cual es de 28–30 °C. Respecto al oxígeno disuelto (OD), Boyd y Zimmermann (2009) informaron que los niveles de OD por debajo de 2 mg/L conducen a una condición de estrés, que pueden resultar en mortalidades de peces o crustáceos. De acuerdo con Moulick *et al.* (2002) es necesaria la aireación natural para aumentar el nivel de OD y la aireación mecánica es el método más efectivo. Se buscó mantener el nivel de OD mayor a 5 mg/L, acorde con lo establecido por New *et al.* (2010) para unidades incubadoras. Respecto al amonio, la variable se mantuvo en un intervalo de 0.2 – 0.6 mg/L, contrastando con el intervalo que estableció New (2004) quien reportó un valor igual o inferior a 0.1 mg/L. Sin embargo, investigadores como Lawson (1995) y Sugunan (2011) exponen que los valores de amonio deben ser inferiores a 1.0 mg/L para un buen crecimiento de todas las especies acuícolas. Además, Hossain *et al.* (2009) recomienda un intervalo de amonio de 0–0.5 mg/L para la larvicultura del langostino *M. rosenbergii* en un sistema de recirculación, demostrando que en el presente trabajo los niveles de amoníaco se mantuvieron en un intervalo seguro para los embriones. Mallasen y Valenti (2006) señalaron que niveles inferiores a 4 mg/L en los nitritos no producen efectos significativos en el desarrollo de *M. rosenbergii*, asemejando los niveles obtenidos en el presente experimento donde se

obtuvieron valores máximos 3.3 mg/L por lapso de tiempo corto debido a la etapa de maduración de los biofiltros. De acuerdo con Hittinahalli *et al.* (2023) entre las diferentes formas de nitrógeno, el nitrato, al ser una forma estable, es absorbido fácilmente por las microalgas y, por lo tanto, ayuda a mejorar la producción primaria en los biofiltros. Mallasen y Valenti (2008) no observaron efecto alguno de nitratos en el desarrollo embrionario, en concentraciones menores de 180 mg/L de nitratos, concluyendo que los nitratos no son un factor limitante para el desarrollo de *M. rosenbergii*, concordando con los valores obtenidos en el presente estudio, los cuales se mantuvieron en un intervalo inferior (16–80 mg/L).

El desarrollo embrionario de *M. rosenbergii* se basó en seis eventos principales diferentes, los cuales se encuentran espaciados por eventos morfológicos sobresalientes. A diferencia de Müller *et al.* (2003) quienes describieron el desarrollo embrionario de *M. olfersii* basándose en ocho eventos principales. En el presente estudio, el desarrollo embrionario se dividió en periodos de igual duración para que fuera más precisa su descripción, coincidiendo con lo expuesto por Sandeman y Sandeman (1991), García-Guerrero y Hendrickx (2004) y García-Guerrero y Hendrickx (2009). Debido a que la separación entre los principales sucesos de la embriogénesis en crustáceos no siempre se diferencia y algunos eventos pueden comenzar antes de que finalice el anterior, por lo cual la separación en eventos específicos no es clara cuando el proceso es continuo.

Se observó que el tamaño de los huevos de *M. rosenbergii* fue aumentando gradualmente conforme avanzaba la organogénesis de 570.8 µm a 676.1 µm en el lado ancho y de 669.4 µm a 772.6 µm en el lado largo considerándose pequeños, típico de la especie *M. rosenbergii*, concordando con lo obtenido por Habashy *et al.* (2012b) quienes reportaron mediciones similares en huevos de la misma especie, al igual que lo reportado por Lara y Wehrtmann (2009) sobre *Macrobrachium carcinus*.

De acuerdo con Ojanguren y Braña (2003) el desarrollo embrionario de los ectodermos depende principalmente de la expresión diferencial de ciertos genes y la temperatura. Yamaguchi (2001)

reportó que los crustáceos de aguas cálidas suelen tener un desarrollo embrionario más breve el cual va de varios días a semanas. Se observó que los huevos de *M. rosenbergii* eclosionaron en un lapso mínimo de 15 días y un máximo de 18 días a 30 ± 0.5 °C, coincidiendo los resultados con lo establecido por Clarke *et al.* (1990) quienes indicaron que los embriones de *M. rosenbergii* necesitan de 16 días para incubarse. De igual manera los resultados obtenidos en este estudio difieren de lo obtenido por New *et al.* (2010), Josileen (2011) y Habashy *et al.* (2012b) quienes reportaron que los huevos eclosionaron en 20 días a 28 °C. Además, Manush *et al.* (2006) encontraron una relación lineal directa entre las tasas de desarrollo de embriones de *M. rosenbergii* con la temperatura de incubación. En comparación con otros langostinos palaemónidos, se encontró que los embriones de la especie investigada presentan un lapso de eclosión más largo que *Palaemonetes argentine*s con 10 días (Nazari *et al.*, 2000) y *M. olfersii* con 14 días (Müller *et al.*, 2003), pero es más largo que el de *M. potiuna* con 21 días (Müller *et al.* 2004).

De acuerdo con Hangsapreurke *et al.* (2008), el intervalo de salinidad de entre 5–15 ppm es adecuado para la incubación de huevos y la cría de larvas, manteniendo una temperatura de entre 28–30 °C, concordando con el intervalo reportado en el presente experimento. New *et al.* (2010), informan que debido al costo y la incertidumbre sobre su efectividad no es recomendable el uso de agua de mar artificial a base de sales comerciales prefiriendo siempre que sea posible el uso de agua de mar natural o salmuera, concordando con el presente estudio donde se observó que en las unidades de crianza donde fue empleada agua de mar natural y salmuera para la producción de agua salobre, las eclosiones fueron exitosas de los embriones de *M. rosenbergii* a diferencia de las unidades incubadoras donde fue empleada sal para acuario *Instant Ocean* donde no se obtuvieron eclosiones. Mallasen y Valenti (2008) reportaron que la productividad del tratamiento de agua salobre natural fue un 26% superior a la obtenida con agua salobre artificial (salmuera), a diferencia no se encontraron diferencias significativas entre la tasa de eclosión. Por otro lado, Damrongphol *et al.* (2001) expusieron que menores

concentraciones de diferentes sustancias orgánicas y elementos químicos como el sodio, el potasio y el calcio pueden afectar el desarrollo embrionario normal, la eclosión y la supervivencia de las larvas recién nacidas, siendo esta la razón por la cual no se presentó ninguna eclosión en las réplicas del tratamiento donde se utilizó sal para acuario “Instant Ocean” para producir agua salobre artificial. De acuerdo con el estudio realizado por Ali (2019), la solución de salmuera es el mejor medio para la producción de postlarvas de *M. rosenbergii* en el criadero lejos de las fuentes de agua de mar debido al bajo costo de producción, ya que la productividad obtenida con agua de mar artificial empleando salmuera es similar a la de un sistema cerrado que opera con agua de mar natural. Los resultados obtenidos en el presente experimento concuerdan con Ali (2019), ya que no hubo diferencias significativas entre la tasa de eclosión de ambos tratamientos (natural y salmuera).

CONCLUSIONES

El ambiente donde se introduce un organismo para su estudio o producción en el ámbito acuícola determinará el éxito o fracaso del cultivo. De acuerdo con el presente estudio, tener un control total sobre los parámetros físico-químicos en las unidades de crianza es fundamental para conseguir una eclosión exitosa de los embriones de *M. rosenbergii*, principalmente el pH, salinidad, oxígeno disuelto, amonio, nitritos y nitratos, ya que alguna fluctuación en estos podría ocasionar la muerte de los embriones, por lo cual es indispensable monitorearlos continuamente y comprobar que se encuentren en un intervalo óptimo dependiendo de la especie empleada, para obtener un cultivo de calidad. El desarrollo embrionario de *M. rosenbergii* se va dando casi al mismo tiempo, adquiriendo características morfológicas y estructurales similares, aunque dependiendo del tipo de sal empleada para la creación de agua salobre puede llegar a modificar el tiempo en el cual ocurre la eclosión, sin embargo, no es mucha la diferencia de tiempo y la tasa de eclosión es muy similar cuando se emplea agua de mar natural y salmuera. Tomando siempre en cuenta que una temperatura idónea (30 °C) mejorará el tiempo en el cual ocurre el desarrollo del embrión, ya que, una temperatura inferior

al intervalo recomendado puede alentar el desarrollo embrionario y una superior provocaría deformidades en los embriones e incluso su muerte. También se debe tomar en consideración que un mayor tamaño en los huevos no significa necesariamente organismos óptimos, ya que, en los tres tratamientos empleados en el presente estudio no se observaron diferencias significativas respecto al tamaño.

De acuerdo con los resultados obtenidos el desarrollo embrionario de *M. rosenbergii* se puede emplear en agua salobre preparada con agua de mar natural y artificial empleando salmuera, presentándose una productividad similar y variando únicamente en el tiempo de eclosión, el cual no fue significativamente diferente. A diferencia de sales comerciales las cuales no siempre presentan una eclosión exitosa debido a que algunas no contienen ciertos minerales traza como calcio (Ca), sodio (Na) y potasio (K) en cantidades idóneas indispensables para el desarrollo embrionario exitoso. Los resultados obtenidos revelaron que la solución de sal orgánica de mar (salmuera) es el mejor medio para la producción de larvas de la especie estudiada en agua salobre artificial, permitiendo el establecimiento de criaderos alejados de la costa y cerca de granjas de engorde y mercados de consumo. Se debe tener en cuenta de igual manera que la preparación está bien definida y los acuicultores pueden replicarla fácilmente para un uso comercial práctico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali M. L. (2019). Suitability of artificial seawater and brine solution as media for culture of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) larvae. Bangladesh J. Fish, 31(2), 279–286. <https://fsb.bau.edu.bd/bjf/index.php/home/article/download/74/85>
- Aguirre Chávez, J. F., Franco Gallegos, L. I., Ivett Robles Hernández, G. S., & Montes Mata, K. J. (2024). Impacto de la Actividad Física en la Prevención y Tratamiento de la Obesidad: Una Revisión Sistemática. Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica , 4(2), 87–110. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2.199>

- Boyd C. E., y Zimmermann S. (2009). Grow-Out Systems-Water Quality and Soil Management. In Freshwater Prawns: Biology and Farming (pp. 239–255).
<https://doi.org/10.1002/9781444314649.ch13>
- Charniaux-Cotton. (1992). Arthropoda-Crustacea: sexual differentiation. Reproductive Biology of Invertebrates, 5(99), 281–324. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105974283004800>
- Crumlish M. (2015). Aquaculture and food security. Marine Oils (From Sea to Pharmaceuticals), June, 71–82.
- Damrongphol P., Jaroensastraraks P., y Poolsanguan B. (2001). Effect of various medium compositions on survival and hatching rates of embryos of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* cultured in vitro. Fisheries Science, 67(1), 64–70.
<https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00200.x>
- De Grave S., Cai Y., y Anker A. (2007). Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. In Freshwater Animal Diversity Assessment (pp. 287–293). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_31
- De Grave S., Dean Pentcheff N., Ah Yong S. T., Chan T.-Y., Crandall K. A., Dworschak P. C., Felder D. L., Feldmann R. M., Fransen C. H. J. M., Goulding L. Y. D., Lemaitre R., Low M. E. Y., Martin J. W., Ng, P. K. L., Schweitzer C. E., Tan S. H., Tshudy D., y Wetzer R. (2009). A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. in raffles bulletin of zoology 2009 Supplement No (Vol. 21).
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 1(1), 46–59.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- García-Guerrero M., y Hendrickx M. E. (2004). Embryology of decapod crustaceans I. Embryonic development of the mangrove crabs *Goniopsis pulchra* and *Aratus pisonii* (Decapoda:

Brachyura). Journal of Crustacean Biology, 24(4), 666–672. <https://doi.org/10.1651/C-2497>

García-Guerrero M. U., y Hendrickx M. E. (2009). External description of the embryonic development of the prawn, *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae) based on the staging method. Crustaceana, 82(11), 1413–1422. <https://doi.org/10.1163/156854009X463856>

Granados Flores, A. A., Arriola Ríos, D. I., & González Soto, J. R. (2024). Lesiones de Tendones Extensores: Luxaciones de Tendones Extensores en Zona V. Revisión bibliográfica. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 5(1), 313–324. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i1.94>

Habashy M. M., Sharshar K. M., y Hassan M. M. S. (2012a). Morphological and histological studies on the embryonic development of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea, Decapoda). The Journal of Basic & Applied Zoology, 65(3), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2012.01.002>

Habashy M. M., Sharshar K. M., y Hassan M. M. S. (2012b). Morphological and histological studies on the embryonic development of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea, Decapoda). The Journal of Basic & Applied Zoology, 65(3), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2012.01.002>

Hangsapreurke K., Thamrongnawasawat T., Powtongsook S., Tabthipwon P., Lumubol P., y Pratoomchat B. (2008). Embryonic development, hatching, mineral consumption, and survival of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) reared in artificial seawater in closed recirculating water system at different levels of salinity. Manejo International Journal of Science and Technology, 2(3), 471–482.

Hittinahalli C. M., Mal B. C., Reddy A. K., Verma A. K., y Pattusamy A. (2023). Design and performance evaluation of rotating biological contactors for recirculating freshwater

- prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) hatchery using artificial seawater. Aquaculture International. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01060-442>
- Hossain M. S., Das N., y Chowdhury I. A. (2009). Biofilter Preparation by Using Indigenous Materials for Freshwater Shrimp Hatchery Operations in Bangladesh Geo-spatial modeling on “Where the Hilsa mariculture should be?” View project. In World Aquaculture (Vol. 40, Issue 2).
[https://www.academia.edu/download/50471125/Biofilter Preparation by Using Indigenou20161121-7108-1nmlwahr.pdf](https://www.academia.edu/download/50471125/Biofilter_Preparation_by_Using_Indigenou20161121-7108-1nmlwahr.pdf)
- Iolany E., Chuy C., Lorenzo J., Mendiola R., y Meza E. Z. (2021). The Effect of Salinity on the Embryonic Development of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) Under Laboratory Conditions. 9(3), 60–67.
<https://doi.org/10.11648/j.bio.20210903.11>
- Josileen J. (2011). Freshwater prawns: biology and farming. Crustaceana, 84(4), 509–511.
<https://doi.org/10.1163/001121611x564020>
- Lara L. R., y Wehrtmann I. S. (2009). Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae) from Costa rica, central America. Journal of Crustacean Biology, 29(3), 343–349. <https://doi.org/10.1651/08-3109.1>
- Lawson T. B. (1995). Fundamentals of Aquacultural Engineering. In Fundamentals of Aquacultural Engineering. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7047-9>
- Li H. (2003). Variations in biochemical composition during embryonic development of *Macrobrachium nipponense* (Chinese). Journal of fisheries of China, 27(6), 546–549.
- Ling S. W. (1969). The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). FAO Fisheries Reports, 57, 589.
https://books.google.com.mx/books/about/The_General_Biology_and_Development_of_M.html?id=HONWYwAACAAJ&redir_esc=y

- López, C., & Rivera, M. (2023). Control de Enfermería en Personas con Diabetes Gestacional en Embarazadas de la Argentina. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 4(2), 88–101.
<https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i2.48>
- Mallasen M., y Valenti W. C. (2008). Comparison of artificial and natural, new and reused, brackish water for the larviculture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in a recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29(3), 345–350.
- Mallasen M., y Valenti W. C. (2006). Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 261(4), 1292–1298.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.048>
- Manush S. M., Pal A. K., Das T., y Mukherjee S. C. (2006). The influence of temperatures ranging from 25 to 36 °C on developmental rates, morphometrics and survival of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) embryos. *Aquaculture*, 256(1–4), 529–536.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.007>
- Moulick S., Mal B. C., y Bandyopadhyay S. (2002). Prediction of aeration performance of paddle wheel aerators. *Aquacultural Engineering*, 25(4), 217–237.
[https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(01\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00087-5)
- Müller Y. M. R., Nazari E. M., y Simões-Costa M. S. (2003). Embryonic stages of the freshwater prawn *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*, 23(4), 869–875. <https://doi.org/10.1651/C-2408>
- Nazari E. M., Müller Y. M. R., y Ammar D. (2000). Embryonic development of *Palaemonetes argentinus Nobili*, 1901 (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*, 73(2), 143–152. <https://doi.org/10.1163/156854000504219>
- New M. B. (2004). Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). In *Aquaculture* (Vol. 231, Issues 1–4).
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.004>

- New M. B. (2007). History and Global Status of Freshwater Prawn Farming. In Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii* (pp. 1–11). Wiley Blackwell.
- New M. B., Valenti W. C., Tidwell J. H., D'Abramo L. R., y Kutty M. N. (2010). Freshwater Prawns: Biology and Farming. In Freshwater Prawns: Biology and Farming.
<https://doi.org/10.1002/9781444314649>
- Odinetz Collart O., y Rabelo H. (1996). Variation in egg size of the fresh-water prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology, 16(4), 684–688. <https://doi.org/10.1163/193724096X00775>
- Ojanguren A. F., y Braña F. (2003). Thermal dependence of embryonic growth and development in brown trout. Journal of Fish Biology, 62(3), 580–590. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00049.x>
- Sandeman R., y Sandeman D. (1991). Stages in the development of the embryo of the fresh-water crayfish *Cherax destructor*. Roux's Archives of Developmental Biology, 200(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/BF02457638>
- Tan K., y Wang W. (2022a). The early life culture and gonadal development of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*: A review. In Aquaculture (Vol. 559, Issue April, p. 738357). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738357>
- Tan K., y Wang W. (2022b). The early life culture and gonadal development of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*: A review. In Aquaculture (Vol. 559). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738357>
- Tiboni Kaiut, R. K., Spencoski Kaiut, A. F., & Agrela Rodrigues, F. de A. (2024). Vida Longeva: Criando Hábitos para Envelhecer com Saúde. Emergentes - Revista Científica, 4(1), 368–380. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i1.116>
- Zaga Alarcón B. (2019). Análisis de la operación de dos sistemas de producción intensiva de postlarvas de camarón gigante de Malasia *Macrobrachium rosenbergii*. In Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4241>