



Biotempo (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

INTRA-ANNUAL VARIABILITY IN THE INFESTATION OF THE CARIDEAN *HIPPOLYTE ZOSTERICOLA* SMITH, 1873 (CARIDEA: HIPPOLYTIDAE) BY THE PARASITIC ISOPOD *BOPYRINA ABBREVIATA* RICHARDSON, 1904 (EPICARIDEA: BOPYRIDAE) IN AN ESTUARINE SYSTEM IN THE SOUTHERN GULF OF MEXICO

VARIABILIDAD INTRA-ANUAL EN LA INFESTACIÓN DEL CARIDEO *HIPPOLYTE ZOSTERICOLA* SMITH, 1873 (CARIDEA: HIPPOLYTIDAE) POR EL ISÓPODO PARÁSITO *BOPYRINA ABBREVIATA* RICHARDSON, 1904 (EPICARIDEA: BOPYRIDAE) EN UN SISTEMA ESTUARINO DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

María Rodríguez-Santiago^{1,2*}; Pablo Laffon-Leal²; Rolando Gelabert-Fernández²;
Mayra Grano-Maldonado³ & Sandra Laffon-Leal²

¹ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Ciudad de México, México.

^{2*} Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias Naturales, Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. C.P. 24155. Ciudad del Carmen, Campeche, México. Tel. +52-9383811018, Ext 1806. E-mail: arodriguez@pampano.unacar.mx

³ Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Occidente, Mazatlán, Sinaloa, México.

*Corresponding author: arodriguez@pampano.unacar.mx

ABSTRACT

The aims of this study were to determine whether the prevalence of the parasitic isopod *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 in the decapod *Hippolyte zostericola* Smith, 1873, varies intra-annually in the estuarine lagoon system of the Natural Protected Area Laguna de Terminos (Mexico) and whether this variability was related to changes in environmental conditions. *Hippolyte zostericola* collections were carried out (monthly during an annual cycle, 2011-2012) at three shallow sites of seagrass meadows (*Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805). The environmental factors measured were water temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, and rainfall. In general, the physicochemical data measured at the sampling sites were similar throughout the annual cycle (temperature: 30.6–25.8°C, salinity: 39.5–18.6 ups, dissolved oxygen: 9.6–5.4 mg L⁻¹, pH: 8.7–8.2, rainfall: 240–5.4 mm). Of the total *H. zostericola* individuals examined (n = 116,002 individuals), 4.85% were infested by *B. abbreviata*. It was also found that there was variability in the prevalence between sites (S₁ = 38% of the examined individuals; S₂ = 2% and S₃ = 7%). The greatest level of infestation by *B. abbreviata* occurred during the dry season (February –April), which was consistent with what was reported in a previous study. The results of a multiple regression analysis indicated that the environmental parameters that were significantly correlated with the total monthly prevalence data of *B. abbreviata* were temperature, rainfall, and dissolved

oxygen. The model resulting from this regression (prevalence = $-397.92 + 12.12 \text{ temperature} - 0.23 \text{ rainfall} + 14.33 \text{ dissolved oxygen}$) explains 68.1% of the variability in the prevalence of *B. abbreviata*. This study contributes to the knowledge of the factors that can affect the spatio-temporal dynamics of the host-parasite relationship *H. zostericola*-*B. abbreviata* in shallow environments of seagrass meadows of the ANP Laguna de Términos.

Key words: Campeche – crustaceans – epicarids parasitic – *Hippolyte zostericola* –Laguna de Términos – Mexico

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si la prevalencia de infestación del isópodo parásito *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 en el decápodo *Hippolyte zostericola* Smith, 1873, varía intra-anualmente en el sistema lagunar estuarino del Área Natural Protegida Laguna de Términos (México) y si esta variabilidad se relaciona con cambios en las condiciones ambientales. Las colectas de *H. zostericola* se llevaron a cabo (mensualmente durante un ciclo anual, 2011-2012) en tres sitios someros de praderas de pastos marinos (*Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805). Los factores ambientales que se midieron fueron la temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, pH y precipitación pluvial. En general, los datos de los parámetros fisicoquímicos medidos en los sitios de muestreo fueron similares durante todo el ciclo anual (temperatura: 30,6–25,8°C, salinidad: 39,5–18,6 ups, oxígeno disuelto: 9,6–5,4 mg L⁻¹, pH: 8,7–8,2, precipitación: 240–5,4 mm). Del total de individuos de *H. zostericola* examinados (n = 116.002 individuos), el 4,85% estuvieron infestados por *B. abbreviata*. También se detectó que hubo variabilidad en la prevalencia entre sitios (S₁ = 38% de los individuos examinados; S₂ = 2% y S₃ = 7%). La mayor infestación por *B. abbreviata* ocurrió en la época de secas (febrero–abril), lo cual fue consistente con lo reportado en un estudio previo. Los resultados de un análisis de regresión múltiple indicaron que los parámetros ambientales que se correlacionaron de manera significativa con los datos de prevalencia total mensual de *B. abbreviata* fueron la temperatura, precipitación pluvial y oxígeno disuelto. El modelo resultante de esta regresión (prevalencia = $-397,92 + 12,12 \text{ temperatura} + 0,23 \text{ precipitación} + 14,33 \text{ oxígeno disuelto}$) explica el 68,1% de la variabilidad en la prevalencia de *B. abbreviata*. Este estudio contribuye al conocimiento de los factores que pueden afectar la dinámica espacio-temporal de la relación hospedero-parásito *H. zostericola*-*B. abbreviata* en ambientes someros de praderas de pastos marinos de la ANP Laguna de Términos.

Palabras clave: Campeche – crustáceos – epicaridos parásitos – *Hippolyte zostericola* – Laguna de Términos – México

INTRODUCCIÓN

El sistema fluvio-lagunar de la región de la Laguna de Términos (un Área Natural Protegida ubicada en la región tropical del sur del Golfo de México), destaca por su diversidad de hábitats (manglares, fondos arenosos, bancos de ostras, praderas de pastos marinos) y elevada productividad, donde han sido registradas al menos 15 familias de crustáceos (entre las cuales existen siete especies de importancia comercial), los cuales encuentran refugio y alimento durante la mayor parte de su vida en este tipo de ecosistemas costeros (Sánchez, 2007).

En esta región, el crustáceo carideo *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873) (Hippolytidae) es una especie eurihalina que, por sus altas densidades, representa un importante componente de la cadena alimenticia en hábitats de praderas de pastos marinos como mesoherbívoro (Barba, 1999; Barba *et al.*, 2000). Esta especie ha sido

recientemente reportada como hospedero de parásitos isópodos epicaridos como es el caso de *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 (Román-Contreras & Romero-Rodríguez, 2005; Romero-Rodríguez & Román-Contreras, 2013).

Se tiene conocimiento que este tipo de relaciones hospedero-ectoparásito se desarrollan a través de un ciclo de vida indirecto, donde el parásito requiere a dos hospederos (un copépodo calanoideo como intermediario y un crustáceo decápodo como definitivo). Estos parásitos generalmente se unen a su hospedero definitivo en su estadio juvenil, alcanzando juntos el estadio adulto, período durante el cual el parásito modifica sus mandíbulas y maxilas para absorber la hemolinfa del crustáceo hospedero (Pérez, 1976; Astete-Espinoza & Cáceres, 2000). Cabe mencionar los miembros de esta familia de isópodos (Bopyridae) se caracterizan por ectoparásitos de crustáceos decápodos y generalmente se

alojan dentro de la cámara branquial de sus hospederos (Markham, 1986; Jay, 1989; Oliveira, & Masunari, 1998; Masunari *et al.*, 2000; Calado *et al.*, 2005, 2006; Jordá & Roccatagliata, 2002; Miranda & Mantelatto, 2010; Romero-Rodríguez & Román-Contreras, 2008, 2013).

De acuerdo con investigaciones recientes (Román-Contreras & Romero-Rodríguez 2005; Román-Contreras, & Martínez-Mayén, 2011; Romero-Rodríguez & Román-Contreras, 2013; Romero-Rodríguez *et al.*, 2016) sobre esta relación hospedero-parásito en el ANP Laguna de Términos, la prevalencia de *B. abbreviata* en el hospedero *H. zostericola* varía intra-anualmente, con valores máximos durante la época de sequía de esta región. No obstante, a pesar de los esfuerzos que se han hecho por conocer la dinámica temporal de la interacción *H. zostericola*-*B. abbreviata*, hasta el momento no se ha determinado si esta variabilidad intra-anual en la prevalencia del ectoparásito es influenciada por un cambio estacional en las condiciones ambientales locales. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue determinar si la variabilidad intra-anual en la prevalencia

de *B. abbreviata* en el decápodo *H. zostericola* en el sistema lagunar estuarino de la ANP Laguna de Términos se relaciona con uno o varios factores ambientales como la temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, pH y precipitación pluvial.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los tres sitios de colecta de *H. zostericola* en el Área Natural Protegida Laguna de Términos fueron elegidos con base a la presencia de vegetación acuática sumergida (principalmente con praderas del pasto marino *Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805), similitudes en flujo de agua, exposición al oleaje y profundidad. Los sitios seleccionados fueron; S_1 = Punta Gorda ($18^{\circ}43'34,5''N$, $91^{\circ}34'22,6''O$), S_2 = Matamoros ($18^{\circ}39'07,20''N$, $91^{\circ}39'41,2''O$) y S_3 = El Cayo ($18^{\circ}38'17,8''N$, $91^{\circ}42'0,83''O$). La distancia entre los sitios 1 y 2 fue de aproximadamente 12,8 km y entre los sitios 2 y 3 de 4,1 km (Fig. 1). La profundidad en el S_1 fue de 1,14 m, en el S_2 de 1,17 m y en el S_3 de 1,21 m.

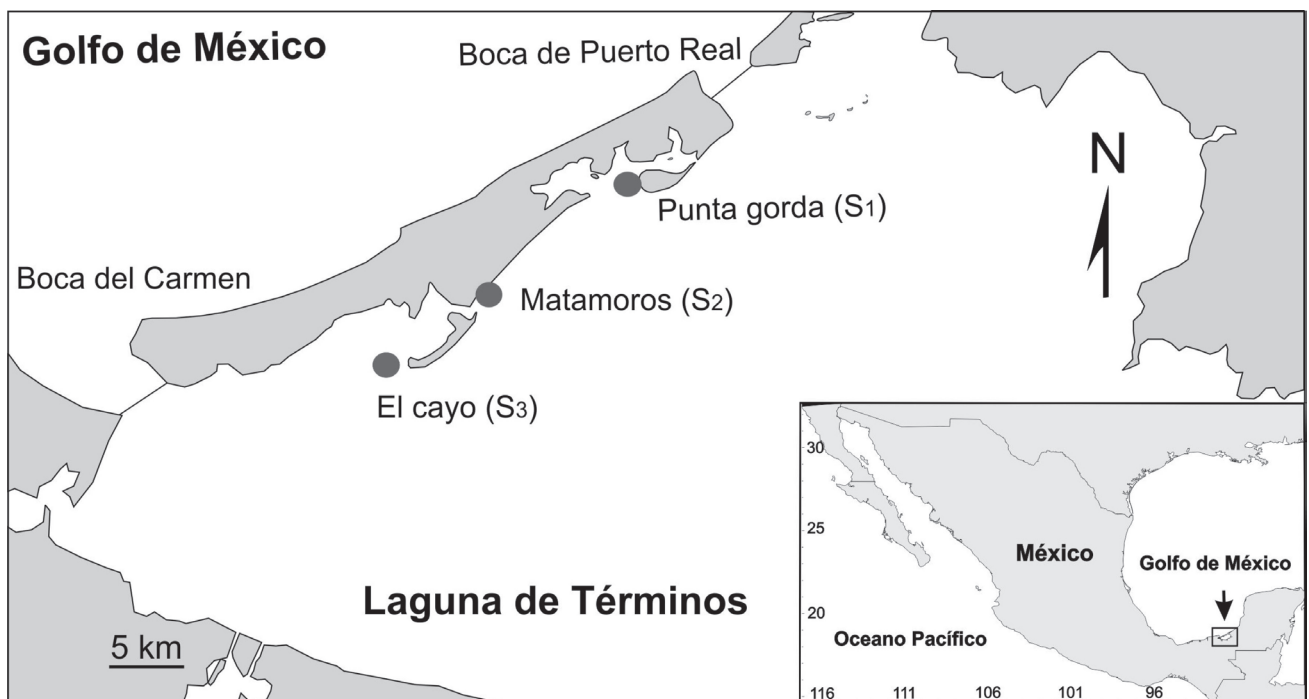


Figura 1. Localización de los sitios de estudio en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche, México.

Para la colecta de los individuos de *H. zostericola* se barrió un área de 50 m² con una red de arrastre manual tipo Renfro. Se efectuaron tres lances por sitio cada mes durante un año

(marzo 2011–marzo 2012). En los laboratorio de Zoología y Parasitología del Centro de Investigación de Ciencias Ambientales (CICA) de la Universidad Autónoma del

Carmen (UNACAR) se caracterizaron y se determinaron los porcentajes de individuos de *H. zostericola* infestados por *B. abbreviata*. Los especímenes estudiados fueron depositados en la colección de parásitos del Laboratorio de Parasitología del CICA-UNACAR.

De acuerdo con datos históricos (1951–2012) de precipitación pluvial en la Isla del Carmen, las épocas climáticas más marcadas en esta región son “secas” (febrero–mayo) y “lluvias” (junio-enero). En cada sitio se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) utilizando sondas multiparamétricas marca YSI (modelos 63 y 85). La temperatura se midió con un registrador de datos HOBO colocado en la boca de la red y programado para tomar lecturas cada un segundo. También se obtuvieron datos de precipitación pluvial mensual (mm) del periodo de estudio (CONAGUA, 2012). Para determinar si dos o más parámetros ambientales se relacionaron con la variabilidad intra-anual de la prevalencia del isópodo *B. abbreviata* en *H. zostericola* se llevaron a cabo análisis de correlación múltiple utilizando el software Statgraphics Centurion XVII.II-X64.

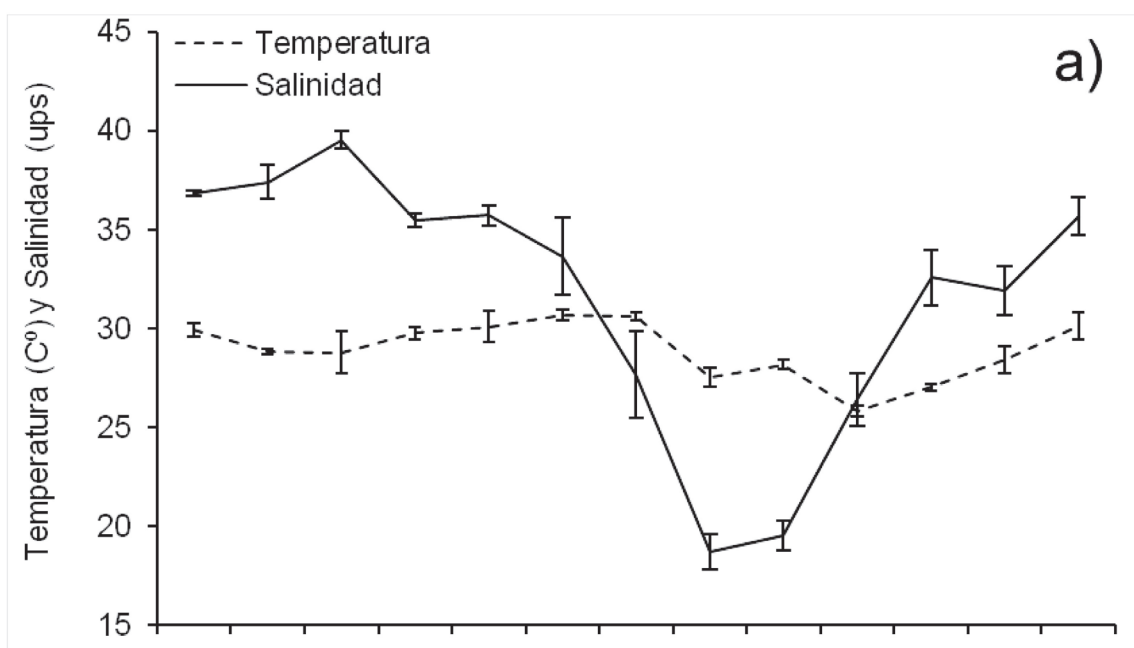
Aspectos éticos

Los autores indican que se siguieron todos los procedimientos éticos estándares del país.

RESULTADOS

Los tres sitios de estudio tuvieron características ambientales similares. En general, la mayor temperatura fue registrada en agosto (30,6°C) y la menor en diciembre (25,8°C) (Fig. 2a). La salinidad fue mayor entre los meses de enero y agosto (31,1–39,5 ups) y menor entre septiembre y diciembre (18,6–27,6 ups) (Fig. 2a). Los valores promedio de oxígeno disuelto tuvieron un mínimo en julio (5,4 mg·L⁻¹) y un subsecuente incremento a partir del mes de septiembre hasta alcanzar un máximo en enero (9,6 mg·L⁻¹). El pH no varió entre sitios ni entre meses durante el período de muestreo (promedio 8,5). En cuanto al régimen de precipitación pluvial, se determinó que la época de secas durante el año de estudio abarcó desde noviembre de 2011 hasta mayo de 2012 y la de lluvias desde junio hasta octubre de 2011 (Fig. 2b).

Con respecto a la densidad de *H. zostericola*, ésta fue mayor en los sitios S₂ (36,8 ind·m⁻²) durante la época de lluvias y S₃ (30,6 ind·m⁻²) en la época de secas. La menor densidad se registró en el sitio S₁ durante la época de secas (11,4 ind·m⁻²) y lluvias (4,6 ind·m⁻²). De un total de 116.002 individuos de *H. zostericola* colectados, el sitio S₂ aportó el 47,25% de individuos, el sitio S₃ el 37,89% y el sitio S₁ el 14,85% (Fig. 2c).



Continua Fig. 2

Continúa Fig. 2

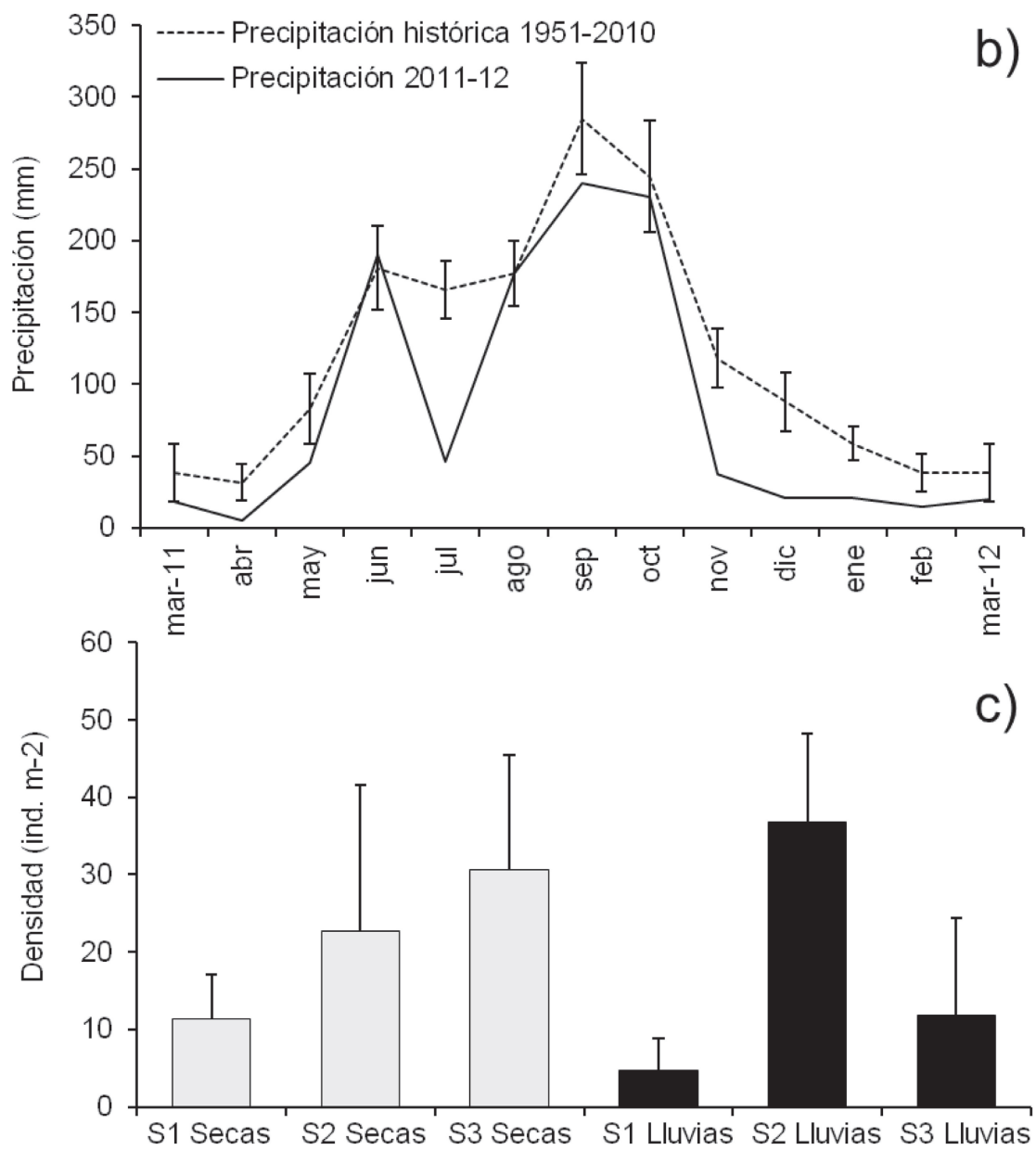


Figura 2. a) Variabilidad intra-anual en la temperatura y salinidad del agua, b) en la precipitación pluvial (durante el periodo de estudio e histórica). c) Densidad promedio (\pm desviación estándar) de *Hippolyte zostericola* en los tres sitios de muestreo (S_1 , S_2 y S_3).

En cuanto al grado de infestación por isópodos parásitos, se encontró que un 4,85% de los individuos de *H. zostericola* examinados estuvieron infestados ($n = 5626$ individuos) con *B. abbreviata*. La mayor incidencia de parasitismo ocurrió entre los meses de febrero y abril (época de secas), siendo mayor en el

sitio S_3 (11,8%) y menor en sitio S_1 (3,3%). El menor porcentaje de individuos infestados ocurrió en la época de lluvias y en el sitio S_1 (0%). En este estudio se encontraron machos y hembras de *B. abbreviata*, algunas de las cuales estaban ovígeras (Fig. 3a-d).

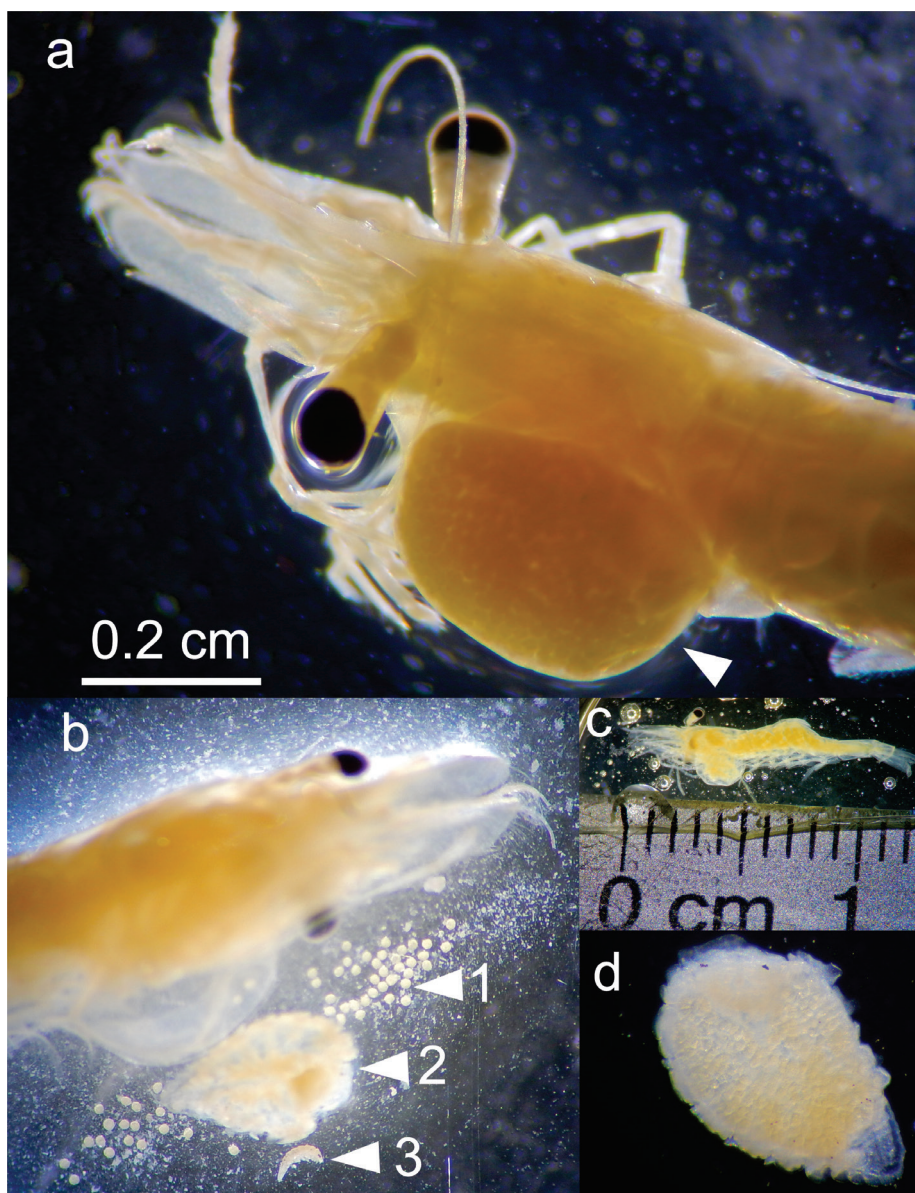


Figura 3. a) Isópodo parásito *Bopyrina abbreviata* en el cefalotórax del carideo *Hippolyte zostericola*. b) Huevos (1), hembra (2) y macho (3) de *B. abbreviata*. c) Individuo completo de *H. zostericola*. d) Hembra de *B. abbreviata*.

Los resultados del análisis de regresión múltiple indicaron que los parámetros que se relacionaron significativamente (Anova, $p < 0,05$) con la variabilidad intra-anual de la prevalencia de *B. abbreviata* fueron la temperatura ($p < 0,05$), precipitación pluvial ($p < 0,01$) y el oxígeno disuelto ($p < 0,05$). El modelo de esta regresión (prevalencia = $-397,92 + 12,12$ temperatura $- 0,23$ precipitación $+ 14,33$ oxígeno disuelto) explica el 68,1% de la variabilidad en la prevalencia de *B. abbreviata*. El estadístico Durbin-Watson (DW = 1,9) que examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos mostró un

valor-P mayor que 0,05, indicando que no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

DISCUSIÓN

En este estudio se identificó al isópodo epicárido parásito *B. abbreviata* en el cefalotórax del carideo *H. zostericola*. Se encontraron machos y hembras de este parásito, y algunas hembras que estaban en etapa reproductiva (con presencia de huevos), lo cual muestra evidencia de la

estrecha relación que establecen con su hospedero. La relación parasítica entre *H. zostericola* y *B. abbreviata* ha sido registrada previamente para esta misma área de estudio (Román-Contreras & Romero-Rodríguez, 2005) y se ajusta a las características descritas en otras relaciones entre isópodos y camarones carideos documentadas en diferentes regiones del mundo (Williams & Boyko, 2012; Briggs *et al.*, 2017).

Concretamente, en el presente trabajo se confirmó que la prevalencia de este parásito varía a lo largo del año, con mayores valores durante la estación seca y menores en la de lluvias. Este resultado fue consistente con lo reportado previamente por Romero-Rodríguez & Román-Contreras (2013), quienes también encontraron una variabilidad intra-anual y mayores prevalencias entre febrero y abril (pero de 2010), y lo atribuyen a un pico en el periodo de reclutamiento de este parásito, el cual también parece coincidir con el periodo de reclutamiento y un pico reproductivo de *H. zostericola* en la Laguna de Términos (febrero–junio). También se ha sugerido que el aumento en la prevalencia de esta especie de ectoparásito puede estar relacionada con un aumento en el tamaño de los hospederos como se ha documentado en relaciones similares (Romero-Rodríguez & Román-Contreras, 2013).

De acuerdo con Owens & Rothlisberg (1995), factores ecológicos como la estación del año, la profundidad, la temperatura y la salinidad han resultado ser predictores de la abundancia de bopiridos en etapas móviles (es decir, larvas de *Cryptoniscus* Müller, 1864). En otros estudios se ha sugerido que la composición de la comunidad de humedales (e.g. la cobertura de *Spartina* Scrb) también afecta a las comunidades de parásitos de ciertas especies de camarones de praderas de pastos marinos (Sheehan *et al.*, 2011). Más recientemente, Briggs *et al.* (2017), encontraron que las tasas de infección por isópodos bopiridos están asociadas por una combinación de factores como son la abundancia de los camarones hospederos, algas y pastos marinos, y un subconjunto limitado de variables ambientales, que incluyen temperatura y la profundidad. En el caso concreto de *B. abbreviata*, estos mismos autores realizaron un análisis multivariado y encontraron que su abundancia estuvo más influenciada por la abundancia de su huésped *Hippolyte* spp. y por la cobertura del alga *Penicillus* sp.

En este trabajo se encontró que este patrón de variabilidad intra-anual de la prevalencia de *B. abbreviata* puede estar asociado (entre otros factores no considerados en este estudio) a cambios estacionales en las condiciones

ambientales. Los resultados del análisis de regresión múltiple mostraron que entre el conjunto de factores que se consideraron en este estudio, los que se relacionaron significativamente con la variabilidad temporal de la prevalencia de *B. abbreviata* fueron la temperatura, la precipitación y el oxígeno disuelto.

En el caso de la temperatura, se ha mencionado que este puede ser uno de los factores más importantes para explicar este patrón de variación de estos parásitos, ya que se ha encontrado que a mayores temperaturas las infecciones por isópodos bopiridos se vuelven más patogénicas (Sherman & Curran, 2013). Sin embargo, esta información contrasta con la del presente estudio, ya que las temperaturas más altas fueron registradas entre julio y septiembre. Aquí encontramos que el régimen de precipitación pluvial fue el factor más correlacionado (de manera negativa) con la abundancia de *B. abbreviata*, lo cual podría explicarse por el hecho de que durante la época de lluvias en esta región se presenta una mayor frecuencia de tormentas y cuando los vientos dominantes (con dirección sur-sureste de mayo a septiembre y norte de octubre a enero) son de mayor intensidad. En consecuencia, las condiciones de alta turbidez y oleaje son más frecuentes durante este periodo, lo que podría afectar de manera negativa la abundancia de *B. abbreviata*. De hecho, en un estudio reciente realizado en la misma área de estudio también se encontró que la estructura de la comunidad (composición y abundancia de sus componentes) de macroinvertebrados bentónicos asociados a praderas de pastos marinos varía significativamente entre sitios con relación al grado de exposición al oleaje generado por los vientos dominantes (Ávila *et al.*, 2015). Por lo tanto, no se podría descartar la posibilidad de que la abundancia de *H. zostericola* y la prevalencia de *B. abbreviata* hayan sido variables entre los sitios de muestreo debido al diferente grado de exposición al oleaje que tenían los sitios de estudio.

Por otra parte, en el estudio realizado por Romero-Rodríguez & Román-Contreras (2013) mencionan que la variabilidad de la prevalencia de *B. abbreviata* también podría estar relacionada con la presencia de contaminantes (químicos y/o biológicos) de origen antrópico cercanas al área de estudio, tal como se ha documentado para otras especies de parásitos (p.ej. Guzmán & Román-Contreras, 1983; Siddal *et al.*, 1993; Penha-Lopes *et al.*, 2011). Durante el periodo de este estudio, no se detectaron evidencias de la presencia de algún contaminante en el área de estudio que haya podido influir en la variabilidad espacio-temporal observada en la prevalencia de *B. abbreviata* en los individuos de *H. zostericola*.

En resumen, este estudio muestra evidencias de que los cambios en las condiciones ambientales (además de factores biológicos) pueden afectar la dinámica espacio-temporal de las relaciones hospedero parásito. En este caso, los cambios intra-anales en la prevalencia del isópodo *B. abbreviata* en su hospedero el carideo *H. zostericola* fueron mayores durante la estación seca y los parámetros ambientales que influyeron en este patrón de variación fueron la temperatura del agua, la precipitación pluvial y el oxígeno disuelto. Se recomienda desarrollar más estudios (en condiciones de laboratorio) para determinar la posible influencia de otros parámetros biológicos y fisicoquímicos que ayuden a profundizar más el conocimiento de esta relación ecológica.

AGRADECIMIENTOS

JPLL agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT) por su beca de posgrado. Los autores desean expresar su gratitud a E. Ávila por su asesoría científica y revisión crítica del escrito. Este estudio fue apoyado por el Laboratorio de Parasitología Ambiental del Centro de Investigación de Ciencias Ambientales (CICA), UNACAR. Queremos agradecer a Roberto Brito Pérez, Enrique Amador-del Ángel y a Emma Guevara Carrió por proporcionarnos las muestras obtenidas a través del proyecto FORDECYT DSC-0015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astete-Espinoza, L.P. & Caceres, C.W. 2000. Efecto del parasitismo del isópodo bopírido *Ionella agassizi* (Isopoda: Epicaridea) (Bornnier, 1900) sobre la fisiología nutricional del nape *Neotrypaea uncinata* (M. Edwards, 1837) (Decapoda: Thalassinidea). *Revista Chilena de Historia Natural*, 73: 243–252.
- Ávila, E.; Yáñez, B. & Vázquez-Maldonado, L.E. 2015. Influence of habitat structure and environmental regime on spatial distribution patterns of macroinvertebrate assemblages associated with seagrass beds in a southern Gulf of Mexico coastal lagoon. *Marine Biology Research*, 11: 755–764.
- Barba, M.E. 1999. Variación de la diversidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibentónicos de la región central de la Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica*, 9: 103–116.
- Barba, E.; Sánchez, A.J.; Raz-Guzmán, A. & Gallegos, M. 2000. Dieta natural y tasa de forrajeo del camarón carideo *Hippolyte zostericola* Smith sobre epífitas de *Thalassia testudinum* Banks et Solander ex König. *Hidrobiológica*, 10: 139–146.
- Briggs, S.A.; Blonar, C.A.; Robblee, M.B.; Boyko, C.B. & Hirons, A.C. 2017. Host abundance, sea-grass cover, and temperature predict infection rates of parasitic isopods (Bopyridae) on caridean shrimp. *The Journal of Parasitology*, 103: 653–662.
- Calado, R.; Bartilotti, C. & Narciso, L. 2005. Short report on the effect of a parasitic isopod on the reproductive performance of a shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 321: 13–18.
- Calado, R.; Vitorino, A. & Dinis, M.T. 2006. Bopyrid isopods do not castrate the simultaneously hermaphroditic shrimp *Lysmata amboinensis* (Decapoda: Hippolytidae). *Diseases of Aquatic Organisms*, 73: 73–76.
- CONAGUA. 2012. *Comisión Nacional del Agua*. Consultado el 14 de abril de 2020, < <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL04007.TXT>>
- Guzmán, A.M. & Román-Contreras, R. 1983. *Parasitismo de Probopyrus pandalicola* (Isopoda, Bopyridae) sobre el langostino *Macrobrachium tenellum* en la Costa Pacífica de Guerrero y Michoacán, México. pp. 345–357. In: Arana, P. M. (ed.), *Proceedings of the International Conference on Marine Resources of the Pacific*, Viña del Mar, Chile.
- Jay, C.V. 1989. Prevalence, size and fecundity of the parasitic isopod *Argeia pugettensis* on its host *Crangon franciscorum*. *American Midland Naturalist*, 121: 68–77.
- Jordá, M.T. & Roccatagliata, D. 2002. Population dynamics of *Leidya distorta* (Isopoda: Bopyridae) infesting the fiddler crab *Uca uruguayensis* at the Río de la Plata Estuary, Argentina. *Journal of Crustacean Biology*, 22: 719–727.
- Markham, J.C. 1986. *Evolution and zoogeography of the Isopoda Bopyridae, parasites of Crustacea Decapoda*. In: *Crustacean biogeography*. Crustacean Issues 4, Gore, R.H. & Heck, K.L. (eds.). Balkema, Leiden. p. 143–164.

- Masunari, S.A.; Da Silva, C. & Oliveira, E. 2000. The population structure of *Probopyrus floridensis* (Isopoda, Bopyridae) a parasite of *Macrobrachium potiuna* (Decapoda, Palaemonidae) from the Perenquê River, Paranaguá Basin, Southern Brazil. *Crustaceana*, 73: 1095–1108.
- Miranda, I. & Mantelatto, F. 2010. Temporal dynamic of the relationship between the parasitic isopod *Aporobopyrus curtatus* (Crustacea: Isopoda: Bopyridae) and the anomuran crab *Petrolisthes armatus* (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) in southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38: 210–217.
- Oliveira, E. & Masunari, S. 1998. Population relationships between the parasite *Aporobopyrus curtatus* (Richardson, 1904) (Isopoda: Bopyridae) and one of its porcelain crab host *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) (Decapoda: Porcellanidae) from Farol Island, southern Brazil. *Journal of Natural History*, 32: 1707–1717.
- Owens, L. & Rothlisberg, P.C. 1995. Epidemiology of cryptonisci (Bopyridae: Isopoda) in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 122: 159–164.
- Penha-Lopes, G.; Torres, P.; Cannicci, S.; Narciso, L. & Paula, J. 2011. Monitoring anthropogenic sewage pollution on mangrove creeks in southern Mozambique: a test of *Palaemon concinnus* Dana, 1852 (Palaemonidae) as a biological indicator. *Environmental Pollution*, 159: 636–645.
- Pérez, C. 1976. *Parasitología*. Hermann Blume Ed., Madrid, España. 422 pp.
- Román-Contreras, R. & Martínez-Mayén, M. 2011. Registros nuevos de parásitos epicarideos (Crustacea: Isopoda) en México y suroeste del golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1145–1153.
- Román-Contreras, R. & Romero-Rodríguez, J. 2005. Incidence of infestation by *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 (Isopoda: Bopyridae) on *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873) (Decapoda: Hippolytidae) in Laguna de Términos, Gulf of Mexico. *Nauplius*, 13: 83–88.
- Romero-Rodríguez, J. & Román-Contreras R. 2008. Aspects of the reproduction of *Bopyrinella thorii* (Richardson, 1904) (Isopoda, Bopyridae), a branchial parasite of *Thor floridanus* Kingsley, 1878 (Decapoda, Hippolytidae) in Bahía de la Ascensión, Mexican Caribbean. *Crustaceana*, 81: 1201–1210.
- Romero-Rodríguez, J.; Román-Contreras, R.; Cházaro-Olvera, S. & Martínez-Muñoz, M. A. 2016. Growth of individuals within the parasite–host association *Bopyrina abbreviata* (Isopoda, Bopyridae) and *Hippolyte zostericola* (Decapoda, Caridea), and variations in parasite morphology. *Invertebrate Reproduction & Development*, 60: 39–48.
- Romero-Rodríguez, J. & Román-Contreras, R. 2013. Prevalence and Reproduction of *Bopyrina abbreviata* (Isopoda, Bopyridae) in Laguna de Términos, SW Gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 33: 641–650.
- Sánchez, O. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología, D. F., México, 293 pp.
- Sheehan, K.L.; Lafferty, K.D.; O'Brien, J. & Cebrian, J. 2011. Parasite distribution, prevalence, and assemblages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, in southwestern Alabama, USA. *Comparative Parasitology*, 78: 245–256.
- Sherman, M.B. & Curran, M.C. 2013. The effect of the bopyrid isopod *Probopyrus pandalicola* (Packard, 1879) (Isopoda, Bopyridae) on the survival time of the daggerblade grass shrimp *Palaemonetes pugio* Holthuis, 1949 (Decapoda, Palaemonidae) during starvation at two different temperatures. *Crustaceana*, 86: 1328–1342.
- Siddal, R.; Pike, A.W. & McVicar, A.H. 1993. Parasites of *Baccinum andatum* (Mollusca: Prosobranchia) as biological indicators of sewage-sludge dispersal. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73: 931–948.
- Williams, J. & Bokyo, C. 2012. The global diversity of parasitic isopods associated with crustacean hosts (Isopoda: Bopyroidea and Cryptoniscoidea). *PLoS One*, 7: 1–7.

Received, April 27, 2020.

Accepted May 25, 2020.