

Ecología

La cochinilla *Creaseriella anops* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) de las cuevas anquihalinas de Yucatán, México ¿Existen patrones de variación en la talla?

The pillbug Creaseriella anops (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) from the anchialine caves of Yucatán, Mexico. Are there size variation patterns?

Brenda Durán* y Fernando Álvarez

Colección Nacional de Crustáceos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercer Circuito s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: brendis1694@gmail.com (B. Durán)

Recibido: 17 febrero 2021; aceptado: 8 junio 2021

Resumen

Se presenta un estudio sobre los patrones de variación en talla del isópodo *Creaseriella anops*, una de las especies más abundante en las cuevas anquihalinas de la península de Yucatán (PY). A través del análisis de muestras de 22 cuevas anquihalinas distribuidas en la porción norte de la PY, describimos la composición de tallas, proporción sexual, variación geográfica entre las poblaciones de los estados de Yucatán y Quintana Roo, y distribución batimétrica. Los resultados muestran que tanto machos y hembras, como mancas, juveniles y hembras maduras, presentan intervalos de talla bien definidos. Se detectó una diferencia significativa entre las tallas que alcanzan los isópodos en Yucatán vs. Quintana Roo; la proporción de sexos considerando todas las localidades fue de 1M:1H. La distribución batimétrica muestra un patrón en donde los isópodos más grandes se encuentran en las partes someras, pero el promedio de talla no varía con la profundidad. Finalmente, no se encontró una relación entre la talla promedio y la distancia a la costa, pero sí se logró identificar diferencias significativas en la longitud total de los organismos pertenecientes a las cuencas que se han propuesto dentro del acuífero.

Palabras clave: Isópodo; Estigobítico; Cuevas inundadas; Península de Yucatán; Carroñero

Abstract

A study on the patterns of size variation of the isopod *Creaseriella anops*, one of the most abundant species in the anchialine caves of the Yucatán Peninsula (PY), is presented. We describe, through the analysis of samples from 22 anchialine caves distributed in the northern portion of the PY, the size composition, sex ratio, geographic variation between the Yucatán and Quintana Roo populations, and the bathymetric distribution. The results show that males, females, mancas, juveniles and mature females, all have well defined size ranges. A significant difference was found

between isopod size from Yucatán and Quintana Roo; sex ratio considering all localities was 1M:1F. The bathymetric distribution shows a pattern in which the biggest isopods are in the shallow areas, but average size does not vary with depth. Finally, there was no relationship between average size and distance from the coast, but it was possible to identify significant differences in the total length of the organisms belonging to the different basins that have been proposed within the aquifer.

Keywords: Isopod; Stygobitic; Flooded caves; Yucatán Peninsula; Scavenger

Introducción

La fauna anquihalina de la península de Yucatán (PY) se compone hasta ahora por 61 especies: 51 de crustáceos, 6 de esponjas, 2 de peces, 1 de moluscos y 1 de equinodermos (Álvarez e Iliffe, 2008; Álvarez et al., 2019; Gómez y Calderón-Gutiérrez, 2020; Rubio et al., 2016; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2010). Dentro de los crustáceos, se han registrado 7 especies de isópodos, todas endémicas de la PY: *Metacirolana mayana* (Bowman, 1987), *Cirolana yucatanana* Botosaneanu y Iliffe, 2000, *Cirolana yunca* (Botosaneanu y Iliffe, 2000), *Creaseriella anops* (Creaser, 1936), *Haptolana bowmani* Botosaneanu y Iliffe, 1997, *Yucatalana robutispina* Botosaneanu y Iliffe, 1999 y *Curassanthura yucatanensis* Álvarez, Benítez, Iliffe y Villalobos, 2019. De éstas, *C. anops* es la más abundante y la más ampliamente distribuida en la región central y norte de la PY (Álvarez e Iliffe, 2008; Álvarez et al., 2015).

Descrita originalmente como *Cirolana anops* (Creaser, 1936), este isópodo carece de ojos y pigmento, tiene la capacidad de doblarse formando una pequeña bola, presenta una lámina frontal pentagonal más larga que ancha, endito del maxilípodo con 4-5 ganchos de acoplamiento y pleotelson más ancho que largo. Presenta el margen posterior ampliamente redondeado y crenulado, pleópodo 2 del macho con estilete copulador insertado en la base del endópodo y los pleópodos 3-5 carecen de setas marginales (Kensley y Schotte, 1989). *Creaseriella anops* se encuentra clasificada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010).

Creaseriella anops se distribuye en la capa de agua dulce de las cuevas anquihalinas, aunque ocasionalmente se le encuentra en la haloclina o muy raramente en la capa de agua salada (Benítez et al., 2019); puede ser localmente muy abundante, sobre todo si hay algún animal muerto del que se estén alimentando. Las estructuras sensitivas del cefalón de *C. anops* fueron descritas por Escobar et al. (2002), quienes sugirieron que estos isópodos pueden detectar una variedad de estímulos en el agua aun viviendo en total oscuridad, por lo que se han distinguido por ser carroñeros muy eficientes. Por otra parte, Ruiz-Cancino et al. (2013) estudiando las poblaciones de *C. anops* en 3 cenotes del norte de Quintana Roo, encontraron que la

composición de tallas es estable a lo largo de un ciclo anual con los juveniles, machos y hembras, siempre mostrando intervalos bien definidos. Es interesante notar que estos son los 2 únicos estudios sobre aspectos biológicos de *C. anops*, aun cuando se podría catalogar como una especie clave en el ecosistema anquihalino por su papel en el reciclamiento de materia (Durán, 2020).

Considerando la extensión de las cuevas anquihalinas y la variedad de condiciones que en ellas se presentan (e.g., cantidad de materia orgánica, presencia de diferentes masas de agua, grado de conectividad, intervalo de profundidad), aunados a la amplia distribución de *C. anops* en la porción norte de la PY, es relevante examinar si existen diferencias morfológicas o en la distribución de tallas. En este estudio examinamos la distribución de tallas por sexo y estado de madurez de una muestra amplia de *C. anops* que abarca toda su área de distribución, se analiza si existe un patrón de distribución dentro de las cuevas inundadas con respecto a la profundidad y si hay alguna variación en las tallas promedio al alejarse de la línea de costa. Finalmente, discutimos si hay alguna característica poblacional o morfológica de *C. anops* que se pueda relacionar con las 2 grandes áreas de distribución en la PY, una en Yucatán (anillo de cenotes) y otra en Quintana Roo (zona de cuevas del Caribe) y si hay variación de acuerdo a las posibles cuencas existentes en el acuífero de estos estados.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda de todos los ejemplares de *C. anops* depositados en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR), del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma Nacional de México. Estas muestras se complementaron con ejemplares recolectados de 2014 a 2016, los cuales se obtuvieron manualmente mediante técnicas de espeleobuceo y con el uso de trampas cebadas. Las muestras de los años recientes se obtuvieron en 3 viajes al área de Tulúm, Quintana Roo, en donde se visitaron 4 cenotes y sus cuevas asociadas y 2 viajes al área de Mérida, Yucatán, en donde se muestrearon 2 cenotes (tabla 1); todos los organismos fueron conservados en EtOH al 70%. Durante los muestreos realizados en años recientes, se caracterizó la columna de agua a través de una

sonda multiparámetro (Hydrolab DS5X), registrándose la salinidad, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y profundidad, permitiendo conocer las condiciones en que cada organismo fue colectado.

Los ejemplares de *C. anops* fueron medidos con un objetivo graduado y sexados con ayuda de un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss 6DV4), las medidas tomadas en vista dorsal fueron 2: longitud total (LT), del margen anterior del cefalón hasta el borde posterior del pleotelson y ancho total (AT), tomada al nivel del cuarto pereionito, abarcando la distancia entre el borde lateral de las placas pleurales (fig. 1A).

El sexado y la identificación de la fase de desarrollo en la que se encontraban los ejemplares se realizó con base en la presencia/ausencia de estructuras genitales siguiendo el

criterio de Kittlein (1991). Las machos se identificaron por la presencia del séptimo par de pereiópodos rudimentarios y plegados ventralmente (fig. 1B) y los organismos juveniles por carecer de cualquier rasgo o diferenciación sexual. En el caso de los machos, éstos se caracterizan por la presencia de una papila genital en la superficie ventral del séptimo pereionito (fig. 1C), así como un estilete copulador inserto en la base del segundo pleópodo (fig. 1D). En el caso de las hembras, éstas se separaron en inmaduras y maduras. Para las primeras, únicamente se observó la presencia de una papila genital bilobulada a la altura del séptimo pereionito (fig. 1E). En el caso de las hembras maduras, éstas presentaron oosteguitos en la superficie ventral, así como una papila genital bilobulada (fig. 1F).

Tabla 1

Coordenadas geográficas de las localidades donde fueron recolectados los ejemplares de *Creaseriella anops*, número de organismos por localidad y distancia a la costa (km).

Localidades	Latitud	Longitud	Número de organismos	Distancia a la costa
Quintana Roo				
1. Cueva Carlos, Xel Ha	20.3144	-87.3581	11	0.36
2. Cenote Nohoch Nah Chich	20.2986	-87.4869	119	9.98
3. Cenote Maya Azul	20.4886	-87.2515	2	0.66
4. Cueva Nah Aktun	20.3933	-87.6250	1	28.34
5. Cenote Ruinas	19.6294	-88.5520	48	99.45
6. Cenote Muknal	20.1886	-87.4900	7	4.68
7. Cenote Odyssey	20.17388	-87.4707	3	2.15
8. Cenote Bang	20.2105	-87.5113	5	7.73
9. Poza km 129	19.7370	-88.9217	48	123.38
10. Cenote Vaca Ha	20.2105	-87.5011	329	6.67
11. Cenote Chan Hol	20.1580	-87.5691	3	11.34
Yucatán				
12. Cueva San Isidro	20.9677	-89.6216	11	35.87
13. Cenote Sambulá	20.6427	-89.9031	6	56.49
14. Cueva Chac Mool	20.6463	-88.4175	7	119.22
15. Cueva Actun Kaua	20.6180	-88.3525	15	105.54
16. Cenote Xkeken Dzitnup	20.6608	-88.2425	1	96.28
17. Cueva Xconsacab	21.1422	-88.1508	6	47.50
18. Cenote Cervera	21.3808	-88.8336	5	2.79
19. Cenote del Pochote	20.5600	-89.7500	138	72.90
20. Cenote Chacsinicché	20.6400	-89.4600	2	89.26
21. Cenote Chiuo Ho	20.6350	-89.6120	1	85.88
22. Cenote Chooj Ha	20.8085	-87.7221	1	86.49

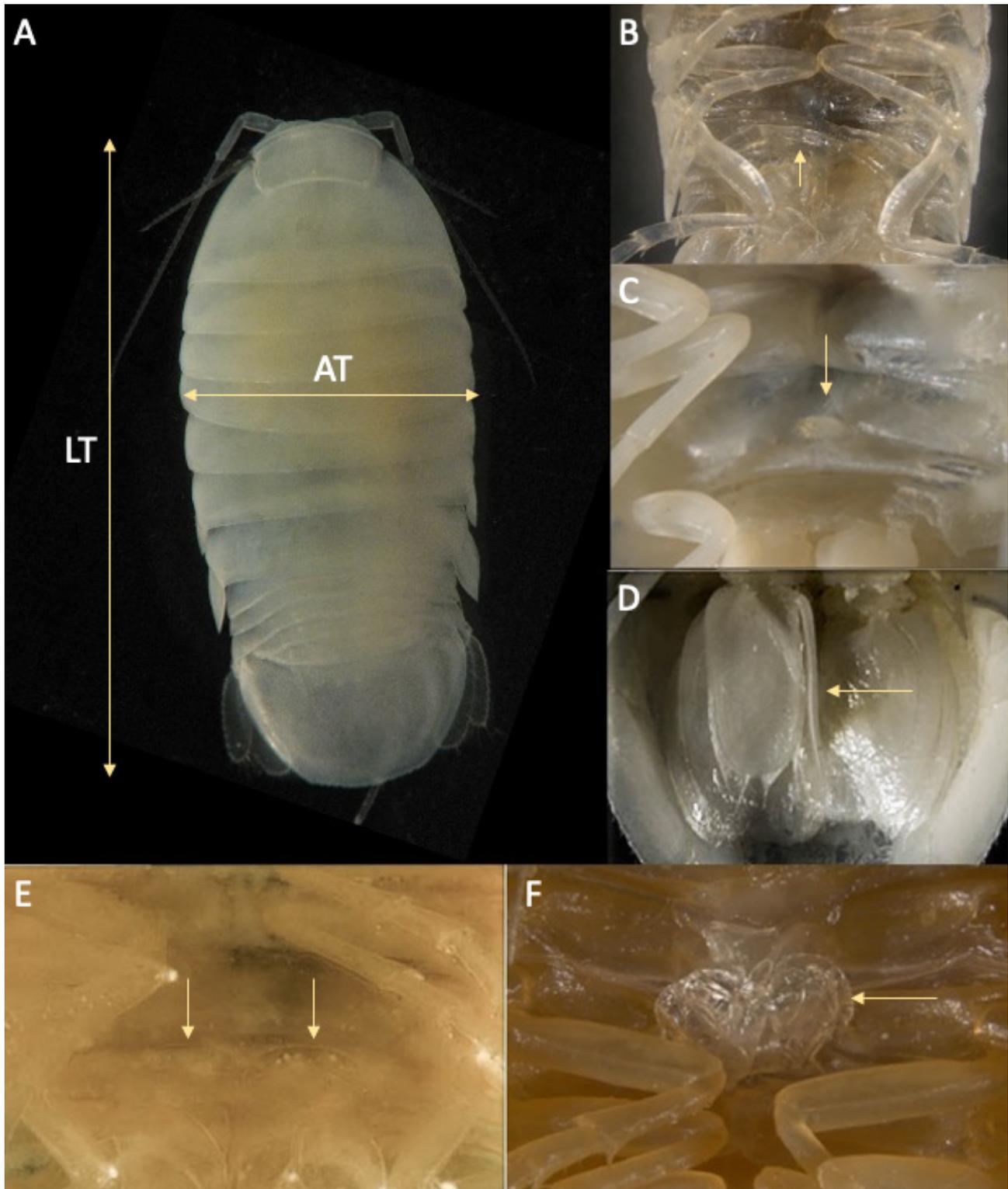


Figura 1. *Creaseriella anops*: A, vista dorsal con las medidas que se tomaron de AT, ancho total, y LT, longitud total; B, vista ventral de una manca; C, papila genital del macho en la superficie ventral del séptimo pereonito; D, segundo pleópodo del macho con estilete copulador; E, hembra inmadura con una papila genital bilobulada a la altura del séptimo pereonito; F, hembra madura con una ostegitos situados en la superficie ventral.

Los datos de LT y AT se analizaron en el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24 (IBM, 2016). Se realizaron regresiones lineales para analizar la relación entre el largo y ancho del cuerpo de la especie en las poblaciones de los estados de Yucatán y Quintana Roo para explorar la existencia de variación geográfica. Las poblaciones de ambos estados se pueden separar tomando como referencia la línea limítrofe entre ellos que corre en una dirección SO-NE, que también se puede asociar a diferentes cuencas subterráneas del acuífero (Bauer-Gottwein et al., 2011). Se realizó un análisis de covarianza (Ancova) para probar si existen diferencias significativas entre las pendientes estimadas para los individuos de todas la localidades. La proporción sexual entre hembras y machos se obtuvo para cada población por estado y en conjunto total, los resultados fueron comparados mediante una prueba de χ^2 .

Los datos de talla contra profundidad se analizaron agrupando las tallas por intervalos de profundidad de 3 m de los 2 hasta los 26 m. Se obtuvieron un total de 65 ejemplares: 18 machos, 17 hembras inmaduras, 16 mancas, 8 juveniles y 6 hembras maduras; los promedios de talla por intervalo se compararon con una Anova de una vía. Las coordenadas geográficas de todas las localidades en donde se registró a *C. anops* se obtuvieron en campo o por medios cartográficos y con el programa Google Earth. A través de un análisis de regresión, se exploró

la relación entre la distancia (km) entre cada una de las localidades a la línea de costa contra la talla promedio de los organismos. Finalmente, se obtuvo un mapa con las cuencas subterráneas que se han propuesto para la PY, en el cual se ubicaron las 22 localidades (Bauer-Gottwein et al., 2011). Posteriormente, se analizó por medio de un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) si existen diferencias en las tallas de los organismos dependiendo de la cuenca subterránea a la que pertenecen y al resultar que hay diferencias significativas, se realizó una prueba post hoc de Dunn Bonferroni para determinar cuáles cuencas difieren entre sí.

Resultados

Se revisó un total de 831 organismos de la especie *C. anops* provenientes de 22 localidades (fig. 2), 11 en Yucatán con 199 organismos (24%) y 11 en Quintana Roo con 632 (76%). Los machos fueron los más abundantes, seguidos por las hembras inmaduras, los juveniles, mancas y hembras maduras (fig. 3).

La talla más pequeña se presentó en la categoría de mancas mientras que la categoría de las hembras tanto inmaduras como maduras registraron las tallas más grandes (fig. 4). La LT máxima correspondió a una hembra del cenote del Pochote de 24.5 mm y la mínima a una manca de 5.7 mm del cenote Vaca Ha (fig. 5).

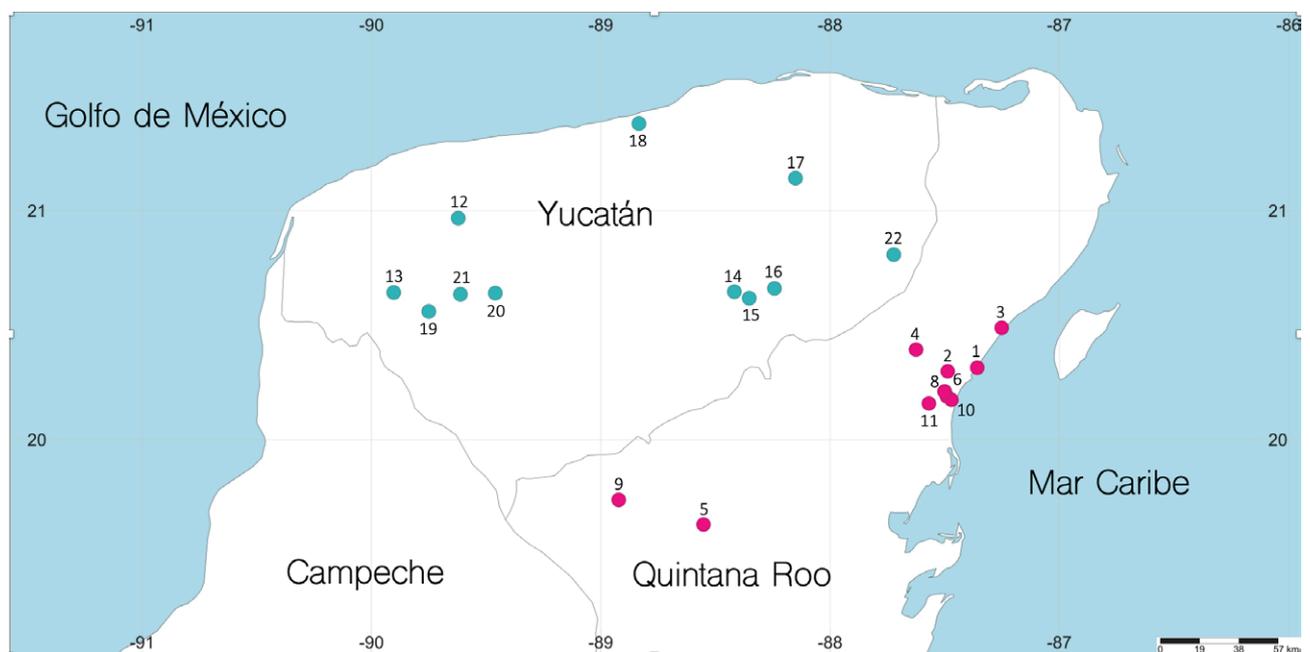


Figura 2. Península de Yucatán, México, con los 22 sitios de colecta de *Creaseriella anops*. Los nombres y localización de los cenotes aparecen en la tabla 1.

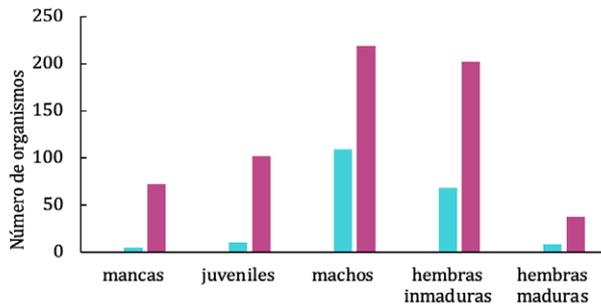


Figura 3. *Creaseriella anops*: número de organismos por sexo y estado de madurez analizados en este estudio, en los estados de Yucatán y Quintana Roo, México.

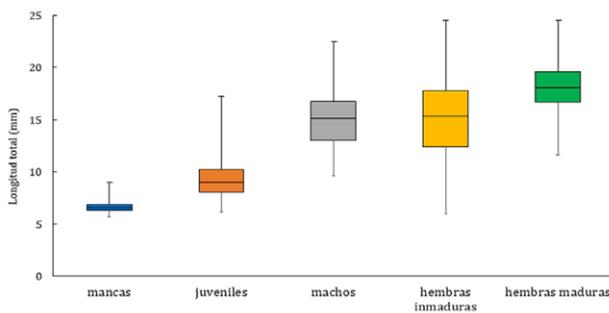


Figura 4. *Creaseriella anops*: mediana e intervalo de talla por sexo y estado de madurez.

Las 2 regresiones utilizadas para determinar las diferencias entre largo - ancho del cuerpo, en las poblaciones de Yucatán respecto de las de Quintana Roo (fig. 6), presentaron un valor de pendiente muy similar. Para compararlas, se realizó un análisis de covarianza cuyo resultado fue que la variable de estado sí tiene un efecto significativo sobre la talla ($F_{(1,830)} = 4.025$; $p = 0.045$), mientras que la interacción estado-longitud no lo es ($F_{(1,830)} = 0.10$; $p = 0.921$). La diferencia entre las 2 zonas geográficas es en realidad muy pequeña (fig. 6), lo cual se vuelve más evidente al graficar todos los valores clasificándolos solamente por sexo y estado de desarrollo (fig. 7).

La proporción sexual se obtuvo para cada población, por estado y en conjunto total, donde resultó una proporción global de 1M:1H ($\chi^2 = 0.262$, $p > 0.05$) mientras que por separado, en el estado de Yucatán fue de 1.43M:1H ($\chi^2 = 5.88$, $p < 0.025$) y en Quintana Roo de 0.91M:1H ($\chi^2 = 0.8733$, $p > 0.05$).

En cuanto a la distribución de *C. anops* en la columna de agua de los sitios muestreados, se observó que la abundancia disminuyó conforme aumentó la profundidad

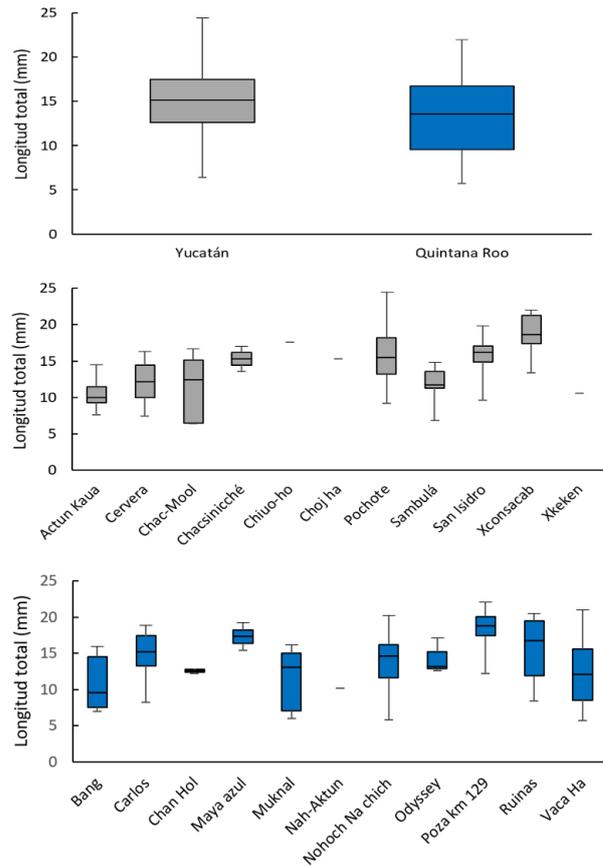


Figura 5. *Creaseriella anops*: A, mediana e intervalo de talla en Yucatán y Quintana Roo; B, mediana e intervalo de talla por población en Yucatán; C, mediana e intervalo de talla por población en Quintana Roo.

(fig. 8A) y que aun cuando las tallas más grandes están en las zonas someras, la talla promedio no cambia con respecto a la profundidad (Anova, $F_{(5,64)} = 0.8204$, $p > 0.05$; fig. 8B).

Para Yucatán, la localidad más cercana a la costa es el cenote Cervera (2.79 km) y la más lejana es la cueva Chac-Mool (119.22 km). Para el estado de Quintana Roo, la cueva Carlos es la localidad más cercana a la línea de costa (0.36 km) y la Poza, en el km 129, es la más alejada (123.38 km) (tabla 1). El análisis de estos datos muestra que no existe un efecto de la lejanía a la costa sobre la talla promedio de los isópodos en las cuevas estudiadas (fig. 9).

Buscando observar si las distintas cuencas subterráneas que se han propuesto para la circulación del acuífero de la PY afectan la distribución de tallas de *C. anops*, se organizaron los datos en 4 grupos: la cuenca noroeste, que corresponde al área del anillo de cenotes (AC); la cuenca noreste, cuyo punto central estaría en el poblado

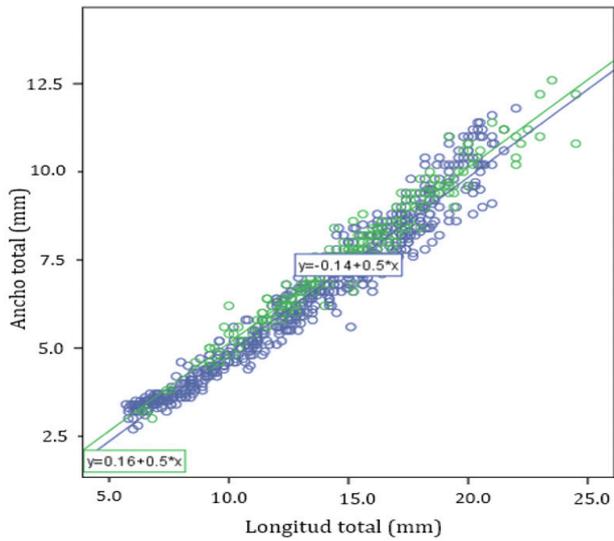


Figura 6. *Creaseriella anops*: relación ancho total vs. largo total; en verde, población de Yucatán; en azul, población de Quintana Roo.

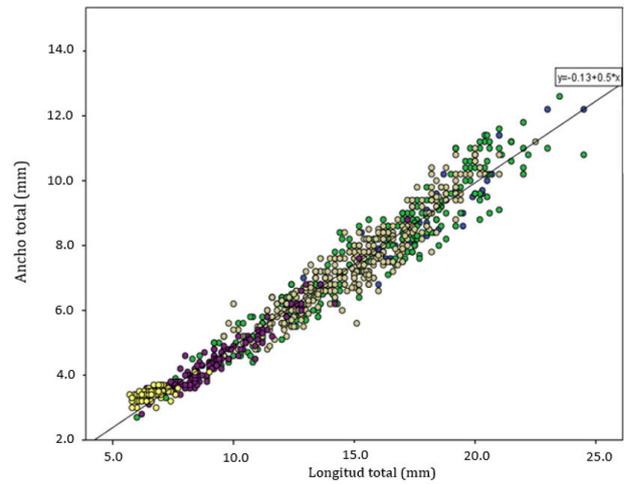


Figura 7. *Creaseriella anops*: relación ancho total vs. largo total de todos los organismos estudiados por sexo y estado de madurez; círculos amarillos, mancás; círculos morados, juveniles; círculos grises, machos; círculos verdes, hembras; círculos azules, hembras maduras.

de Tizimín, Yucatán (NE); la cuenca de la Riviera Maya, entre Cancún y Tulum, Quintana Roo (RM), y la cuenca del centro de la península de Yucatán, en la región centro-occidental de Quintana Roo (CP) (fig. 10). Todos los cenotes estudiados se ubicaron en alguna de las 4 cuencas

y los promedios de talla se compararon, encontrándose que existen diferencias significativas entre las cuencas (Kruskal-Wallis, $H = 132.69$, $p < 0.001$). La prueba post-hoc de Dunn Bonferroni mostró que las cuencas NE y RM no presentan diferencias significativas entre ellas ($p >$

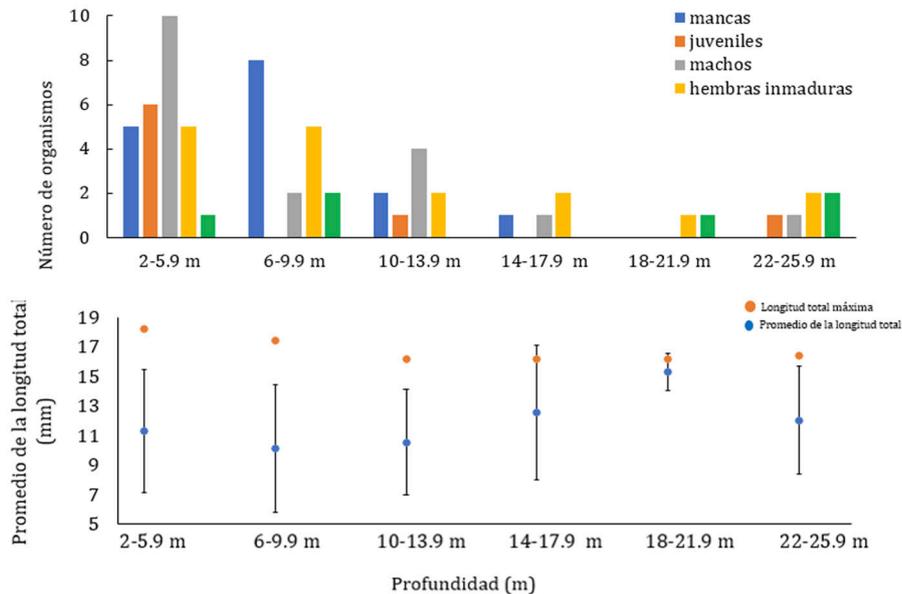


Figura 8. *Creaseriella anops*: A, distribución batimétrica por sexo y estado de madurez; B, longitud total máxima y promedio con desviación estándar de la longitud total por intervalo de profundidad.

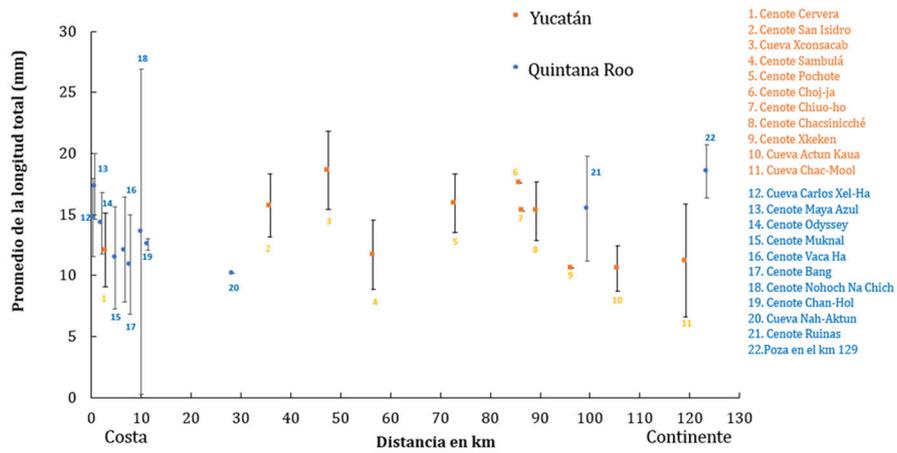


Figura 9. *Creaseriella anops*: promedio con desviación estándar de la longitud total de cada una de las 22 poblaciones consideradas con relación de la distancia a la costa.

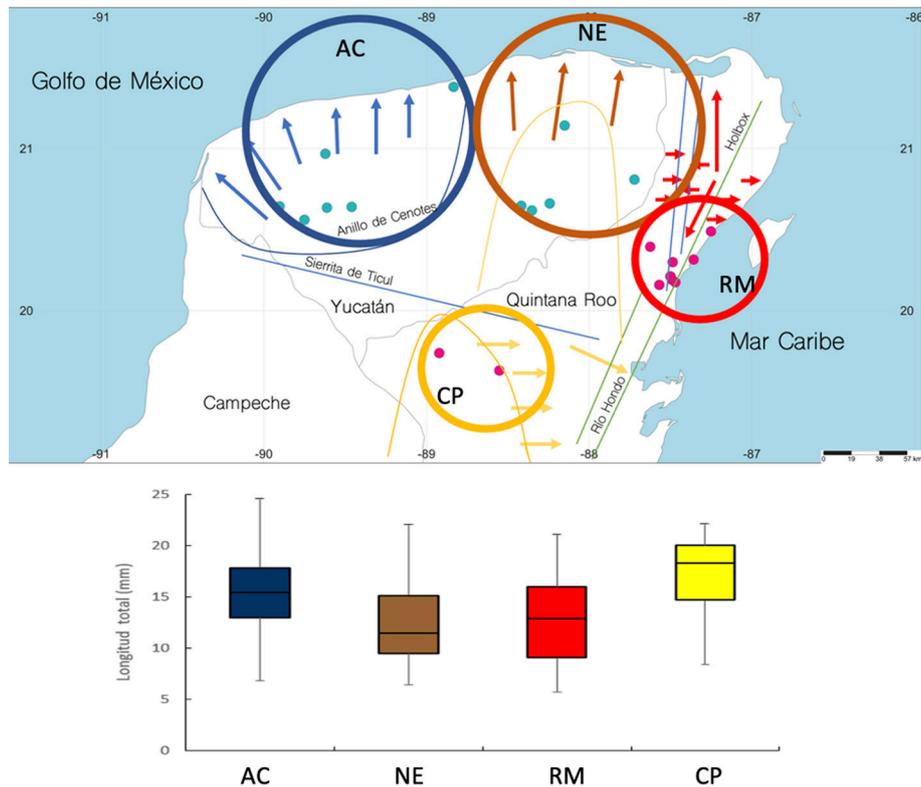


Figura 10. A, Mapa de la península de Yucatán mostrando los principales flujos de agua subterráneos, los círculos denotan 4 cuencas diferentes: azul marino, anillo de cenotes (AC); café, cuenca noreste, cuyo punto central estaría en el poblado de Tizimín, Yucatán (NE); rojo, cuenca de la Riviera Maya, entre Cancún y Tulúm, Quintana Roo (RM); amarillo, cuenca del centro de la PY, en la región centro-occidental de Quintana Roo (CP). B, Mediana e intervalo de talla por cuenca.

0.05), mientras que todos los demás posibles arreglos entre parejas presentaron diferencias significativas (NE-AC, $p = 0.001$; NE-CP, $p < 0.001$; RM-AC, $p < 0.001$; RM-CP, $p < 0.001$; AC-CP, $p = 0.016$).

Discusión

Las cuevas anquihalinas de la PY, incluyendo en esta denominación a la isla de Cozumel, son sin duda las de mayor extensión en el mundo y en ellas se ha desarrollado una fauna casi totalmente endémica y dominada por especies de crustáceos (Iliffe y Álvarez, 2018). De las 61 especies que se han descrito hasta ahora, *C. anops* es una de las más abundantes y con más amplia distribución en la PY (Álvarez e Iliffe, 2008; Álvarez et al., 2015). Su papel como carroñero lo hace un organismo de gran importancia en las tramas tróficas y en el reciclamiento de nutrientes dentro de las cuevas anquihalinas (Durán, 2020).

Con solamente 2 estudios previos sobre diferentes aspectos de la biología de *C. anops* (Escobar et al., 2002; Ruiz-Cancino et al., 2013), en este estudio se analizó si hay diferencias en la talla a través de su intervalo de distribución en la PY, considerando que podría haber procesos de diferenciación que se reflejaran en la talla, debido a lo heterogéneo del hábitat anquihalino. Aun cuando hay diferencias hidrológicas importantes entre las cuevas anquihalinas del anillo de cenotes —no presentan haloclina o que se tiene muy profunda (> 60 -80 m), no tienen corrientes, no tienen mucho desarrollo horizontal y se presentan aisladas unas de otras— en comparación con las de la Riviera Maya, entre Puerto Morelos y Tulum —que tienen haloclina a partir de los 18 m, corrientes considerables, un gran desarrollo horizontal, y por lo tanto, un alto grado de conectividad—, las poblaciones de *C. anops* conservan la misma relación largo-ancho y, en general, las mismas tallas promedio. También es interesante ver que a través de su intervalo de distribución, las tallas y la proporción de manca, juveniles, machos, hembras inmaduras y maduras, se mantienen dentro de límites bien definidos. El único efecto detectado fue en las cuencas subterráneas NE y RM, donde las tallas mayores podrían sugerir una mayor cantidad de alimento disponible derivado del transporte de materia orgánica hacia el interior de las cuevas o de una creciente contaminación orgánica antropogénica.

Botello y Álvarez (2010) analizaron la variación genética en los genes mitocondriales 16S y COI del camarón *Creaseria morleyi* (Creaser, 1936), que tiene casi por completo la misma distribución de *C. anops*, encontrando en ambos casos un haplotipo ampliamente distribuido y otros con distribuciones muy restringidas. Este patrón es congruente con la presencia periódica de

cuellos de botella poblacionales, ocasionados por los cambios en el nivel del mar. Es decir, que durante el último millón de años, el abatimiento periódico del nivel del mar hasta -120 m (Carnero-Bravo et al., 2016) produjo que las cuevas anquihalinas desaparecieran, en lo que ahora es la parte emergente de la PY. Los ambientes anquihalinos posiblemente se redujeron a algunas zonas profundas dentro de la plataforma calcárea o se movieron hacia la plataforma continental al oeste y al norte de la PY (Botello y Álvarez, 2010). Considerando esta hipótesis, al recobrase el nivel mar, las poblaciones se redistribuyeron a partir de unas cuantas, generando una composición homogénea en el nuevo intervalo de distribución. Aunque todavía es especulativo, *C. anops* podría haber pasado por cambios similares lo que tendría un efecto homogeneizador de las tallas y proporciones corporales como ahora se observa. En contraste, es interesante notar que el bagre *Rhamdia guatemalensis* (Günther, 1864), ampliamente distribuido en las zonas abiertas de los cenotes de la PY, muestra cierto grado de estructura genética dentro de las 2 grandes áreas de cenotes, anillo de cenotes y Riviera Maya, y también variantes morfológicas, pero sin ningún patrón espacial (Arroyave et al., 2020).

Tomando en cuenta que la cantidad de nutrientes en las cuevas anquihalinas aumentaría hacia las porciones cercanas a la costa, ya fuese por efecto del arrastre y entrada de agua meteórica al acuífero o por las mareas que impulsan agua marina tierra adentro (Sánchez et al., 2002; McNeill-Jewer et al., 2019), se esperaba que la talla promedio de *C. anops* disminuyera conforme la distancia a la costa aumentara. Sin embargo, las tallas promedio no fueron significativamente diferentes desde las cuevas más próximas al mar hasta cuevas 129 km tierra adentro.

Al ser considerada una especie principalmente carroñera, *C. anops* quizá no depende de manera directa de la disponibilidad de nutrientes o de microalgas, por lo que su talla tampoco se ve afectada por la distancia a la costa. Utilizando los valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en el sistema Vaca-Ha en el estado de Quintana Roo, se identificó a *C. anops* como parte de la posición trófica número 3 junto con otras especies de consumidores secundarios como el anfípodo *Tuluweckelia cernua* Holsinger, 1990 (Durán, 2020). Esto corresponde con los hábitos alimenticios de la especie, ya que si bien no es considerada como un depredador activo, sí aprovecha los restos de otras especies para alimentarse, como del camarón mysido *Antromysis cenotensis* Creaser, 1936 y del camarón carideo *Typhlatya mitchelli* Hobbs y Hobbs, 1976 (Durán, 2020).

La distribución batimétrica de *C. anops* dentro de las cuevas no mostró un patrón definido, esto es, no hay una segregación por talla de acuerdo con la profundidad.

Benítez et al. (2019) encontraron en el sistema Ox Bel Ha, un transecto de 10.2 km en el que no había ninguna estratificación horizontal y en el que *C. anops* se encontró entre los 8 y 18 m de profundidad. Su hábito carroñero, seguramente, produce que los organismos se muevan constantemente dentro de las cuevas en busca de alimento sin un patrón definido, produciendo también una mezcla de tallas.

Al no haber otros estudios sobre aspectos básicos de la ecología de isópodos de cuevas anquihalinas, no se pueden derivar comparaciones que muestren el grado de adaptación a cada sistema anquihalino en particular. La rareza de la mayoría de estas especies de isópodos previene que se puedan llevar a cabo estudios sistemáticos. Siendo así, *C. anops* es una especie única, que por su abundancia y amplia distribución puede ser el modelo para entender mejor la estructura de la comunidad de especies anquihalinas de la PY.

Agradecimientos

Los fondos para llevar a cabo este estudio provinieron de los proyectos 2013-10655 y 2018-044-1 del programa Texas A&M - CONACYT Collaborative Research Grant Program otorgados a Thomas M. Iliffe y Fernando Álvarez; y a los proyectos PAPIIT IN208519 (DGAPA-UNAM) y Conacyt Ciencia Básica A1-S-32846, otorgados a Fernando Álvarez. La primera autora agradece al Conacyt la beca para realizar la maestría en el Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM.

Referencias

Álvarez, F. e Iliffe, T. M. (2008). Fauna anquihalina de Yucatán. En F. Álvarez y G. Rodríguez-Almaraz (Eds.), *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento* (pp. 379–418). Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León/PROMEP.

Álvarez, F., Iliffe, T. M., Benítez, S., Brankovits, D. y Villalobos, J. L. (2015). New records of anchialine fauna from the Yucatán Peninsula, Mexico. *CheckList*, 11, 1505. <https://dx.doi.org/10.15560/11.1.1505>

Álvarez, F., Benítez, S., Iliffe, T. M. y Villalobos, J. L. (2019). A new species of isopod of the genus *Curassanthura* (Cymothoidea, Anthuroidea, Leptanthuridae) from anchialine caves of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Crustaceana*, 92, 545–553. <http://dx.doi.org/10.1163/15685403-00003892>

Arroyave, J., Martínez, C. M., Martínez-Oriol, F. H., Sosa, E. y Alter, S. E. (2020). Regional-scale aquifer hydrogeology as a driver of phylogeographic structure in the Neotropical catfish *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Heptapteridae) from cenotes of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Freshwater Biology*, 66, 332–348. <http://doi.org/10.1111/fwb.13641>

Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. R. N., Charvet, G., Marín, L. E., Reboyedo-Vieyra, M. y Merediz-Alonso, G. (2011). The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 19, 507–524. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0699-5>

Benítez, S., Iliffe, T. M., Quiroz, B. y Álvarez, F. (2019). How is the anchialine fauna distributed within a cave? A study of the Ox Bel Ha System, Yucatán Peninsula, Mexico. *Subterranean Biology*, 31, 15–28. <http://doi.org/10.3897/subtbiol.31.34347>

Botello, A. y Álvarez, F. (2010). Genetic variation in the stygobitic shrimp *Creaseria morleyi* (Decapoda: Palaemonidae), evidence of bottlenecks and re-invasions in the Yucatán Peninsula. *Biological Journal of the Linnean Society*, 99, 315–325. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01355.x>

Carnero-Bravo, V., Sánchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Merino-Ibarra, M., Hillaire-Marcel, C., Corcho-Alvarado, J. A. et al. (2016). Sedimentary records of recent sea level rise and acceleration in the Yucatán Peninsula. *Science of the Total Environment*, 573, 1063–1069. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.142>

Durán, B. (2020). *Redes tróficas en los ecosistemas anquihalinos: un estudio de isotopía estable (Tesis de maestría)*. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Escobar, E., Oseguera, L., Vázquez-Nin, G. H. y Alcocer, J. (2002). The external micro-anatomy of the cephalon of the asellotan isopod *Creaseriella anops*. *Hydrobiologia*, 467, 57–62. <https://doi.org/10.1023/A:1014976329076>

Gómez, P. y Calderón-Gutiérrez, F. (2020). Anchialine cave-dwelling sponge fauna (Porifera) from la Quebrada, Mexico, with the description of the first Mexican stygobiont sponges. *Zootaxa*, 4803, 125–151. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4803.1.7>

IBM. (2016). IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Iliffe, T. M. y Álvarez, F. (2018). Research in anchialine caves, Chapter 18. En O. T., Moldovan, L. Kováč y S. Halse (Eds.), *Cave Ecology*. Ecological Studies. Cham, Switzerland: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98852-8_18

Kensley, B. y Schotte, M. (1989). *Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Kittlein, M. J. (1991). Population biology of *Sphaeroma serratum* Fabricius (Isopoda, Flabellifera) at the Port of Mar del Plata, Argentina. *Journal of Natural History*, 25, 1449–1459.

McNeill-Jewer, C. A., Reinhardt, E. G., Collins, S., Kovacs, S., Chan, W. M., Devos, F. et al. (2019). The effect of seasonal rainfall on nutrient input and biological productivity in the Yax Chen cave system (Ox Bel Ha), Mexico, and implications for μ XRF core studies of paleohydrology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 534, 109289. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109289>

Rubio, F., Rolán, E., Worsaae, K., Martínez, A. y Gonzalez, B. C. (2016). Description of the first anchialine gastropod

- from a Yucatán cenote, *Teinostoma brankovitsi* n. sp. (Caenogastropoda: Tornidae), including an emended generic diagnosis. *Journal of Molluscan Studies*, 82, 169–177. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyv049>
- Ruiz-Cancino, G., Mejía-Ortiz, L. M. y Lozano-Álvarez, E. (2013). Dinámica poblacional de *Creaseriella anops* (Crustacea: Isopoda) en cenotes dulceacuícolas de Quintana Roo. En M. López y L. M. Mejía (Eds.), *La carcinología en México: el legado del Dr. Alejandro Villalobos 30 años después*. Cozumel: Universidad de Quintana Roo.
- Sánchez, M., Alcocer, J., Escobar, E. y Lugo, A. (2002). Phytoplankton of cenotes and anchialine caves along a distance gradient from the northeastern coast of Quintana Roo, Yucatán Peninsula. *Hydrobiologia*, 467, 79–89. <https://doi.org/10.1023/A:1014936714964>
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación.
- Solís-Marín, F. A. y Laguarda-Figueras, A. (2010). A new species of starfish (Echinodermata: Asteroidea) from an anchialine cave in the Mexican Caribbean. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 663–668. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.003.638>