



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Estructura poblacional y distribución de *Creaseriella anops*
(Creaser, 1936) (Isopoda: Cirolanidae) en la Península de
Yucatán, México

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A:

BRENDA PAOLA DURAN HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., , 2017





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno

Durán
Hernández
Brenda Paola
0445539819760
Universidad Nacional Autónoma de México, CD. MX
Facultad de Ciencias
Biología
310228947

2. Datos del tutor

Dr.
Fernando
Alvarez
Noguera

3. Datos sinodal 1

Dr.
Adolfo
Gracia
Gasca

4. Datos sinodal 2

M. en C.
José Luis
Bortolini
Rosales

5. Datos sinodal 3

Dra.
Guillermina
Alcaraz
Zubeldia

6. Datos sinodal 4

M. en C.
Gema Yolanda
Armendariz
Ortega

7. Datos del trabajo escrito

Estructura poblacional y distribución de *Creaseriella anops* (Creaser, 1936) (Isopoda: Cirolanidae) en la Península de Yucatán, México
44 pp
2017



“Toda Luna, todo día, todo año, todo viento... camina y pasa también. También toda sangre llega al lugar de su quietud, como llega a su poder y a su trono ...

Medido estaba el tiempo en que pudieran encontrar el bien del Sol. Medido estaba el tiempo en que miraran sobre ellos la reja de las estrellas, desde donde, velando por ellos, los contemplaban los dioses, los dioses que están aprisionados en las estrella...”

Fragmento del libro Chilam Balam De Chumayel (1985)



AGRADECIMIENTOS

Al financiamiento para llevar a cabo este estudio a través de los proyectos CONACYT Ciencia Básica, 155644-546, "Procesos que generan y mantienen la biodiversidad en un ambiente extremo: los sistemas anquihalinos de Yucatán", Texas A&M- CONACYT Collaborative Research Grant Program "What promotes species diversification in anchialine habitats? y DGAPA-PAPIIT UNAM IN205314, ¿Puede la criptofauna de crustáceos indicar el estado de conservación de un arrecife?" otorgados al Dr. Fernando Álvarez.

Durante toda mi vida y en especial desde que la biología me atrapo existe una cantidad innumerable de personas con las cuales estoy agradecida por haberme brindado su cariño y apoyo, probablemente no todos esos nombres estén aquí escritos pero de todo corazón les doy las GRACIAS.

En primer lugar quisiera agradecerle a mis padres y mi hermana por ser el pilar mas importante de mi vida por siempre apoyarme y creer en mi nunca voy a terminar de agradecerle a la vida por ponerme en esta familia. Papas los admiro como a nadie en el universo y sin ustedes no seria lo que soy hoy LOS AMO.

Hermana eres la persona que mas amo en el mundo siempre voy a estar orgullosa de ti, gracias por siempre darme la fuerza y el amor para seguir adelante, te amo Andy.

A mis abuelos y tias por que sin su apoyo y cariño no estaría aquí, por siempre quererme y cuidarme no existen palabras para decirles los que siento por ustedes. Mimi y Edith GRACIAS.

A toda mi familia muchísimas gracias por confiar en mi los quiero.

Mi agradecimiento a mi tutor el Dr. Fernando Alvarez por darme esta gran oportunidad, por su guía y apoyo durante este proceso. Mil gracias.

A mis profesores del Taller de invertebrados de la zona constera y arrecifal del Golfo de México el Dr. Villalobos, y el M. en C. Eduardo Torres, gracias por todo el conocimiento y los comentarios que aportaron a este trabajo.

A mi profesora y sinodal la M. en C. Gema Armendáriz por el conocimiento, el apoyo, los regaños y los consejos que me brindo los cuales me hicieron crecer, confiar y dar lo mejor de mí todos los días. Por la paciencia y el tiempo que dedico a este trabajo siempre estaré agradecida Gema.

A mis sinodales el Dr. Gracia, Dra. Alcaraz, y el M. en C. Bortolini gracias por su apoyo, sugerencias y comentarios que hicieron crecer mi trabajo, les agradezco el tiempo y el esfuerzo invertido.



A mis amigos y compañeros del Taller y de la colección de Crustáceos: Olinka, Viri, Alma, Sergio, Oscar, Aarón, Magda, Angélica, Adriana, Uziel, Alejandro, Jorge y todos los que me faltan muchas gracias por sus comentarios y aportaciones que fueron parte muy importante de este trabajo.

A mi mejor amigo, compañero de clases, novio y sobre todo mi compañero de aventuras gracias Oscar por siempre estar a mi lado, cuidarme y descubrir conmigo lo bonito de la vida. TE AMO.

Y por ultimo y no por eso menos importante gracias a los mejores amigos del mundo: Oscar, Liliana, Olinka, Lariza, Alma, Jorge, Jozimar, Joshua, Dessire, Ricardo, Axel, Chino, Ilse, Lalo, Ñiut y todos los que me faltaron mencionar muchísimas gracias por que es difícil encontrar verdaderos amigos y yo ya los tengo, los quiero y gracias por compartir tanto conmigo.



Índice

Resumen	I
Abstract	II
Introducción	1
Justificación	6
Antecedentes	7
Objetivos.....	10
Área de estudio.....	11
Material y Método.....	14
Resultados	18
Discusión.....	39
Conclusiones	43
Literatura Citada	44

Resumen

Los estudios de estructura poblacional describen cómo está compuesta la población mediante sus características como número de individuos, proporción sexual, tallas y estadios. La estructura poblacional se determina mediante censos poblacionales. Los sistemas anquihalinos de la península de Yucatán son un hábitat dominado por una gran variedad de crustáceos (45 especies). El isópodo *Creaseriella anops* perteneciente a la familia Cirolanidae es una especie endémica y dominante en los cenotes de Yucatán y Quintana Roo. A pesar de la abundancia de esta especie se encuentra clasificada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido al riesgo asociado a la desaparición de su hábitat como resultado de la contaminación, la urbanización, el cambio de uso de suelo y la pérdida de la cobertura vegetal. El objetivo principal del estudio es conocer la estructura poblacional de una de las especies de crustáceos más abundante en los sistemas anquihalinos de la península de Yucatán y describir su distribución en el sistema. Con base en el análisis de los ejemplares de *C. anops* depositados en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) del Instituto de Biología (IB), UNAM colectados mediante buceo espeleológico y muestreos con trampas cebada. Los resultados de esta investigación arrojan un total de 831 individuos divididos en cinco categorías: mancas, juveniles, machos, hembras inmaduras y hembras maduras. En Quintana Roo se obtuvieron ejemplares procedentes de 11 localidades, donde se encontró al 76% de los organismos y el 24% proviene del estado de Yucatán de un total de 11 localidades. Los machos siempre fueron más numerosos en ambos estados y representaron el 40% de la muestra, seguido de las hembras inmaduras con el 33%, juveniles con el 14%, mancas 8% y las hembras maduras fue la categoría con menor número de organismos con solo el 5%. Las hembras maduras no presentaron huevos o mancas dentro de los osteguitos. Los resultados de la correlación entre el ancho total y la longitud total del cuerpo en ambos estados muestran una pendiente muy similar sin embargo la prueba de ANCOVA muestra que existen diferencias significativas entre ambos estados. En cuanto a los resultados obtenidos de las regresiones lineales para las cinco categorías se puede observar que estos organismos conservan el mismo patrón de crecimiento desde la categoría de mancas hasta la de hembras maduras. La distribución de acuerdo a la profundidad, tanto en número de organismos como en la longitud total del cuerpo mostró una relación negativa con la profundidad, lo cual sugiere que la especie se distribuye principalmente en profundidades bajas probablemente por una mayor abundancia de recursos alimenticios a dichas profundidades.

Abstract

Studies of population structure describe how the population is composed by its characteristics as number of individuals, sexual proportion, sizes and stages. The population structure is determined by population censuses. The anchialine systems of Yucatan peninsula are a habitat dominated by a great variety of crustaceans (45 species). The isopod *Creaseriella anops* belonging to the family Cirolanidae is an endemic and dominant species in the cenotes of Yucatan and Quintana Roo. Despite the abundance of this species is classified as threatened in the norm NOM-059SEMARNAT-2010 due to the risk associated with loss of habitat because of pollution, the urbanization, land-use change and the loss of vegetation cover. The main objective of this study is to know the population structure of one of the most abundant species of crustaceans in the anchialine systems of Yucatan peninsula and describe its distribution in the system. Based on the analysis of the copies of *C. anops* deposited in the National Collection of Crustaceans of the Biology Institute, UNAM collected by speleological diving and sampling with barley traps. The results of this research yield a total of 831 individuals divided into 5 categories: manca, juveniles, males, immature females and mature females. In Quintana Roo were sampled 11 locations, were 76% of the organisms were found and 24% were found in Yucatan sampling 11 locations. Males were always more numerous in bought states and represent 40% of the sample, followed by immature females with 33%, juveniles with the 14%, manca 8% and mature females which were the least abundant with 5%. The mature females did not present any eggs or manca in the oosteguite. Results of the correlation between total width and total longitude of the body in bought states shows a very similar slope nevertheless ANCOVA test shows that there are significant differences between the two states. As for the results obtained from linear regressions for the five categories we can observe that these organisms preserve the same pattern of growth from the category of manca to that of mature females. The distribution according to the depth, both in number of organisms and total body length showed a negative relation with depth, that suggest that the species is mainly distributed in low depths probably due to an increased abundance of food resources at these depths.



Introducción

Se denomina estructura poblacional a la forma en cómo se compone una población estableciendo cuáles son las principales características de ésta. Para analizar la estructura de una población hay que estudiar cómo está integrada tomando en cuenta diversos aspectos como el número de individuos, el sexo y la edad. La estructura poblacional se explora a partir de censos los cuales describen las características de la población y se pueden aplicar sobre el total de individuos de una población si ésta es pequeña y se encuentra en un área no muy extensa, o sobre parte de la misma, en el caso de que la población tenga muchos individuos y éstos ocupen áreas extensas, es decir se considera solo una muestra de la población total (Ricklefs, 1990).

El superorden Peracarida comprende un diverso grupo de organismos contenidos dentro de 14 órdenes; generalmente pequeños que van de aproximadamente 1 mm hasta algunos centímetros de longitud corporal (existiendo algunas excepciones). El grupo de los peracaridos presenta una gran diversidad morfológica, pero sigue el patrón general de los crustáceos, su cuerpo consta de: cefalón (cabeza), pereión (tórax) y pléon (abdomen) (McLaughlin, 1989). El orden Isopoda es uno de los grupos de crustáceos peracáridos más abundante y diverso, con más de 10,300 especies, las cuales podemos encontrar desde las profundidades de los océanos hasta las altas montañas (Wilson, 2008).

En cuanto a la morfología de los isópodos, presentan un cuerpo deprimido, el cual carece de un caparazón, presentan un cefalón o cabeza, que porta un par de ojos sésiles y compuestos, (ausentes en algunas ocasiones), dos pares de antenas, un par de mandíbulas, un par de maxílulas, y un par de maxílas. Una de las características comunes del superorden Peracarida es la presencia de *lacinia mobilis*, proceso articulado y móvil en la mandíbula. Los isópodos presentan la fusión entre el cefalón y el primer segmento del tórax formando un cefalotórax, el tórax consta de un par de



maxilípedos y siete segmentos o pereionitos, los cuales portan un par de pereiópodos utilizados para la locomoción (Brusca y Brusca, 2003).

Otra característica común en todos los peracáridos es la presencia de un “marsupio” o bolsa incubadora presente en las hembras, la cual es un indicador del dimorfismo sexual. Esta es una bolsa ventral ubicada en el tórax, esta formada por los osteguitos, que son estructuras laminares procedentes de las coxas de los pereiópodos. Aquí las hembras incuban a los embriones hasta sus fases tardías o juveniles tempranas, ya que presentan un desarrollo de tipo directo sin contar con estadios larvales (Kensley y Schotte, 1989). El abdomen o pleón consta de seis segmentos, los primeros cinco se encuentran libres, cada uno de estos porta un par de pleópodos que generalmente tiene una función natatoria y en algunos taxones también respiratoria, el sexto segmento se encuentra fusionado con el telson formando el pleotelson, el cual contiene los urópodos (Fig. 1) (Brusca y Brusca, 2003).

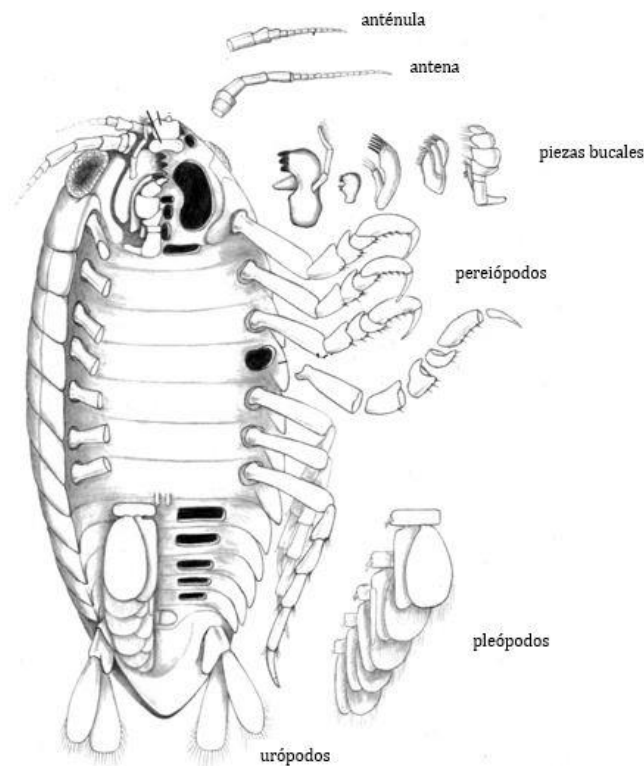


Figura 1. Morfología del orden Isopoda. Tomado y modificado de Kensley y Schotte, 1989.



Los isópodos presentan diferentes adaptaciones anatómicas y fisiológicas que les han permitido ocupar gran diversidad de hábitats. Las adaptaciones que llaman más la atención son las que exhiben las especies estigobias por las condiciones de vida cavernícola. Entre las adaptaciones anatómicas destacan la reducción y atrofia del aparato ocular, el adelgazamiento de tegumentos, la pérdida de pigmentación, la elongación del cuerpo y apéndices, así como la multiplicación y optimización de la dotación sensorial no óptica (en quimiorreceptores, higrorreceptores, termorreceptores y mecanorreceptores). Entre las adaptaciones fisiológicas presentes en las especies estigobias, encontramos reducción de su tasa metabólica, hábitos alimentarios heterotrofos, resistencia al ayuno, número reducido de huevos los cuales presentan un mayor tamaño, desarrollo embrionario lento y mayor longevidad (Galán y Herrera, 1998; Rocha-Ramírez *et al.*, 2009).

Uno de los ambientes donde se desarrollan organismos estigobios son los sistemas anquihalinos, la mayor parte de especies estigobias de isópodos pertenecen a las familias Cirolanidae y Asellidae. La familia Cirolanidae cuenta con más de 100 especies estigobias descritas para la cuenca del Caribe y Australia, la otra familia Asellidae cuenta con representantes en el Atlántico Oriental y el Mediterráneo. Otras familias con representantes en los ambientes anquihalinos son Anthuridae, Leptanthuridae y Microcerberidae, sobre todo los géneros *Cyathura* y *Curassanthura*. El origen de las especies estigobias del orden isopoda ha sido relacionado con cambios en el nivel del mar durante el Cenozoico (55 Ma) o el Cretácico (135 Ma) según los grupos (Martínez *et al.*, 2016).

El término anquihalino fue acuñado por el carcinólogo Holthuis (1973), para describir "cuerpos de agua sin conexión superficial con el mar, que contienen aguas saladas o salobres, cuyo nivel fluctúa con las mareas". Los sistemas Anquihalinos se encuentran en muchos lugares alrededor del mundo incluyendo islas y regiones costeras continentales del Caribe, entre ellos los más extensos se encuentran en la península de Yucatán donde se tiene registrado un total de 159 sistemas. Los ambientes anquihalinos son pozas abiertas en tierra firme, dentro de cuevas y pasajes completamente inmersos, muchos cenotes y cuevas cercanos al litoral contienen este tipo de ambiente (Alvarez e Iliffe, 2008).



La península de Yucatán es una gran plataforma caliza de origen marino formada por karst una forma de relieve la cual tiene su origen por la meteorización química de algunas rocas, y por el efecto que tiene la disolución del agua sobre ellas. La topografía de la península de Yucatán presenta como rasgo más importante a los cenotes y cuevas inundadas. Para la costa en el sector norte del Caribe han sido cartografiados mediante técnicas de espeleobuceo 600 km de túneles y galerías inundadas por parte de exploradores tanto mexicanos como extranjeros.

La zona de Mérida y la costa norte no presentan un desarrollo tan extenso de flujos subterráneos, aunque cuentan con el mayor número de cenotes de la península, en el llamado anillo de cenotes, el cual coincide con el diámetro externo del cráter de Chicxulub. No se tiene un número exacto de la cantidad de cenotes presentes en la península de Yucatán, esto debido a su proceso de formación. Sin embargo, se tienen considerados entre 7, 000 y 8, 000 solo para el estado de Yucatán, debido a la cobertura de la vegetación, el cálculo de cenotes se ha dificultado para los estados de Campeche y Quintana Roo (Beddows *et al.*, 2007).

La fauna anquihalina de la península de Yucatán se compone principalmente por especies de crustáceos, hasta el momento se tienen registradas 45 especies, una de estas especies es *Creaseriella anops* isópodo perteneciente a la familia Cirolanidae (Fig. 2), el cual es usualmente abundante a lo largo de la región central y norte de la península de Yucatán (Alvarez e Iliffe, 2008; Alvarez *et al.*, 2012; Neiber *et al.*, 2012; Boxshall *et al.*, 2014).



Figura 2. *Creaseriella anops* isópodo anquihalino perteneciente a la familia Cirolanidae.

Descrita originalmente como *Cirolana anops* (Creaser, 1936), éste 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 maxilípedo con cuatro o cinco ganchos de acoplamiento, pleotelson más ancho que largo. Presenta el margen posterior ampliamente redondeado y crenulado, pleópodo dos del macho con estilete copulador insertado en la base del endópodo, los pleópodos tres al cinco carecen de setas marginales (Kensley y Schotte, 1989). *Creaseriella anops* se encuentra clasificada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Justificación

Los ecosistemas anquihalinos se encuentran expuestos a diversos factores que alteran su composición biológica y físico-química, algunos de ellos son: el turismo, el cual ha incrementado considerablemente en la última década, la creciente urbanización, el manejo inadecuado de los residuos, el cambio del uso de suelo y la pérdida de la cobertura vegetal. Todos estos factores provocan un grado de estrés en estos ecosistemas teniendo como resultado la pérdida del hábitat y a su vez de las especies que ahí habitan. Conocer los patrones de distribución y la forma en que se compone la población de *Creaseriella anops* en algunas localidades de la península de Yucatán resulta importante para identificar el estado de conservación de la especie a lo largo del territorio de la península de Yucatán, ya que ésta es una de las especies dominantes y considerada como amenazada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Antecedentes

Los primeros estudios relacionados con la biología de los sistemas anquihalinos provienen del siglo pasado, estos fueron realizados por Cope (1865) y Baker (1895) los cuales se limitaron a listados de flora y fauna encontrada alrededor de los cenotes de Yucatán. Sin embargo, estudios más extensos sobre las condiciones fisicoquímicas y fauna presente en estos ambientes en la península de Yucatán, fueron realizados en 1932 y 1936 por la Carnegie Institution de Washington (Pearse *et al.*, 1936). Para 1973 y 1975, se realizaron estudios sistemáticos de la fauna cavernícola de la península de Yucatán por parte de la Texas Tech University (Redell, 1977), registrando un total de 565 especies de las cuales 11 eran acuáticas y 23 terrestres (Ilfie, 1993).

Cirolanidae y Sphaeromatidae son las dos familias del orden Isopoda que incluyen miembros estigobios (Botosaneanu *et al.*, 1984). Hasta el momento se tienen registradas seis especies de cirolanidos subterráneos que habitan los sistemas anquihalinos en la península de Yucatán, una de estas especies es *Creaseriella anops* (Alvarez e Ilfif, 2008).

Anteriormente los trabajos realizados sobre *Creaseriella anops* eran escasos y se limitaron a su descripción realizada por Creaser (1936) y a la revisión de ésta hecha por Rioja (1953). En la década de 1980, la implementación de técnicas de espeleobuceo resultó de gran ayuda para documentar la fauna presente en los sistemas de cuevas anquihalinas (Ilfif, 1993). En esta época, la Universidad Autónoma de Yucatán inició estudios biológicos en los cenotes, realizando redescrpciones de peces y crustáceos y descripción de algunos grupos del fitoplancton. Simultáneamente investigadores de universidades extranjeras realizaron estudios de peces y crustáceos dulceacuícolas de la región, incluyendo a los presentes en los sistemas anquihalinos (Medina-González, SEDUMA, 2016).



Escobar *et al.* (2002), realizaron un estudio sobre las estructuras sensoriales presentes en el cefalón de *Creaseriella anops*, encontrando que el cefalón se encuentra cubierto de escamas microscópicas y setas con socket, las cuales pudieran actuar como mecanoreceptores dando mayor sensibilidad direccional, ante la turbulencia y cambios en la presión hidrostática.

Otros aportes sobre ecología y biología de *C. anops* fueron realizados por Sánchez (2008), quien describe la distribución, abundancia, talla y proporción sexual de este organismo en dos sistemas: Nohoch Na Chich y Naranjal al noreste de Quintana Roo; concluye que la estructura poblacional de *C. anops* es variable dependiendo del sistema al que pertenezcan los individuos, así como de su ubicación dentro de la cueva. Ruíz (2010), revisó aspectos de la biología y ecología de *C. anops* en tres cenotes al norte de Quintana Roo, describió la talla, fase de vida y estructura de la población, encontrando que la proporción entre las cinco fases de vida no difiere entre los distintos muestreos ni en distintos cenotes; intentó realizar una estimación del tamaño poblacional mediante la técnica de captura-recaptura, en la cual obtuvo un error estándar muy alto debido a las bajas tasas de recaptura.

Alvarez *et al.* (2015), presentaron 17 nuevos registros de especies de crustáceos procedentes de siete cenotes ubicados en la península de Yucatán. El número de organismos de cada especie y su presencia en cada uno de los siete cenotes fue registrado así como si estos eran encontrados en agua dulce o salina, adicionalmente se obtuvieron datos de temperatura, salinidad, pH, concentración de oxígeno disuelto y profundidad a la que se recolectó cada espécimen. Cinco de las 17 especies encontradas representan el segundo registro después de sus descripciones originales.

Aguilar (2016), modeló la red trófica del sistema Ox Bel Ha en Quintana Roo, obteniendo diferentes topologías de las redes tróficas de este sistema, con el fin de poder evaluar la respuesta de las redes ante disturbios y poder identificar las especies claves. Encontró a *C. anops* como una de



las especies con los valores más altos de centralidad esto significa que muchas otras especies dependen de ella o la utilizan como recurso, por lo cual es catalogada como una de las especies claves de este sistema; las especies claves funcionan como cuellos de botella en el proceso por el cual se da el traslado de energía desde los niveles basales hasta los niveles superiores o tope.



Objetivos

Objetivo General

Conocer la estructura poblacional de *Creaseriella anops* y su distribución en la península de Yucatán.

Objetivos Particulares

- Analizar los lotes de *C. anops* depositados en la CNCR, los cuales provienen de las cuevas inundadas de la península de Yucatán.
- Describir la composición poblacional (mancas, machos, hembras inmaduras y hembras maduras) a través de la distribución de tallas y la proporción sexual.
- Determinar la talla mínima y la talla máxima de la especie.
- Analizar la correlación entre el largo y el ancho total del cuerpo de *C. anops*.
- Comparar las tallas de los individuos entre los estados de Yucatán y Quintana Roo.
- Analizar la relación entre el tamaño de los individuos y la distancia de los cenotes a la costa.
- Comparar el número de organismos y el tamaño de estos contra la profundidad a la que fueron encontrados.
- Comparar las tallas de los individuos de acuerdo a la fase de vida a la que pertenecen.
- Comparar el tamaño de los organismos con respecto a la cuenca subterránea de la que provienen en la península de Yucatán.



Área de estudio

La península de Yucatán se localiza entre los 18° y los 21° 30' de latitud norte. Separa al mar Caribe del Golfo de México abarcando una extensión de 300, 000 km², lo cual representa el 2% del territorio nacional (Vidal, 2005). Como unidad fisiográfica/geológica, esta zona abarca el territorio mexicano, el Petén guatemalteco y el norte de Belice. En cuanto a la superficie presente en territorio nacional, la península de Yucatán abarca tres estados del país: Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Beddows *et al.*, 2007).

Presenta temperaturas medias anuales entre 25 y 28 °C con precipitaciones por debajo de los 1 500 mm y que no exceden los 2, 200 mm al año. El clima es cálido-subhúmedo con lluvias en verano, presencia de nortes en invierno y huracanes en verano (Beddows *et al.*, 2007). En cuanto a la geología de esta región, la península de Yucatán se originó por movimientos tectónicos de levantamiento, ocurridos en el Mioceno (23 millones de años) y Plio-Pleistoceno (5-2.5 millones de años) consta de una gran plataforma caliza de origen marino. Estas rocas son más antiguas hacia el sur, las cuales datan del Cretácico, donde están también más expuestas, y son más recientes hacia el norte, datando del Pleistoceno- Holoceno (Fernández *et al.*, 2012).

Esta región carece de rasgos orogénicos, aproximadamente el 90% de su superficie está a menos de 200 msnm. En cuanto a la hidrografía de la región esta es escasa, carece de red fluvial y el escurrimiento es en su mayoría subterráneo, lo cual ha dado origen a un gran sistema de formas kársticas que incluye a los cenotes y sistemas de cuevas, que pueden llegar a tener cientos de metros de profundidad y decenas de kilómetros de longitud (Lugo-Hubp *et al.*, 1992).



Los cenotes (cuerpos de agua superficial), se concentran en la parte norte de Yucatán y a lo largo de una línea imaginaria situada entre Tulum, Quintana Roo y Campeche. Estos disminuyen tierra adentro y hacia el sur de la península. Estos cuerpos de agua son solo las entradas a los sistemas de cuevas inundadas, formadas a lo largo de millones de años por el fenómeno denominado karst, que consiste en la disolución de la roca mediante tres principales procesos, químico, mecánico y biológico los cuales continúan ampliando estos pasajes subterráneos (Lugo- Hubp *et al.*, 1992, Beddows *et al.*, 2007). El agua proveniente de la precipitación se infiltra y acumula en el subsuelo, formando una lente de agua dulce delgada que flota sobre una masa de agua salina, más densa, cuyo origen es la intrusión marina natural influenciada por las mareas. El contacto entre ambas masas de agua, dulce y marina, forma una zona de mezcla o haloclina (Fig. 3) (Beddows *et al.*, 2007).

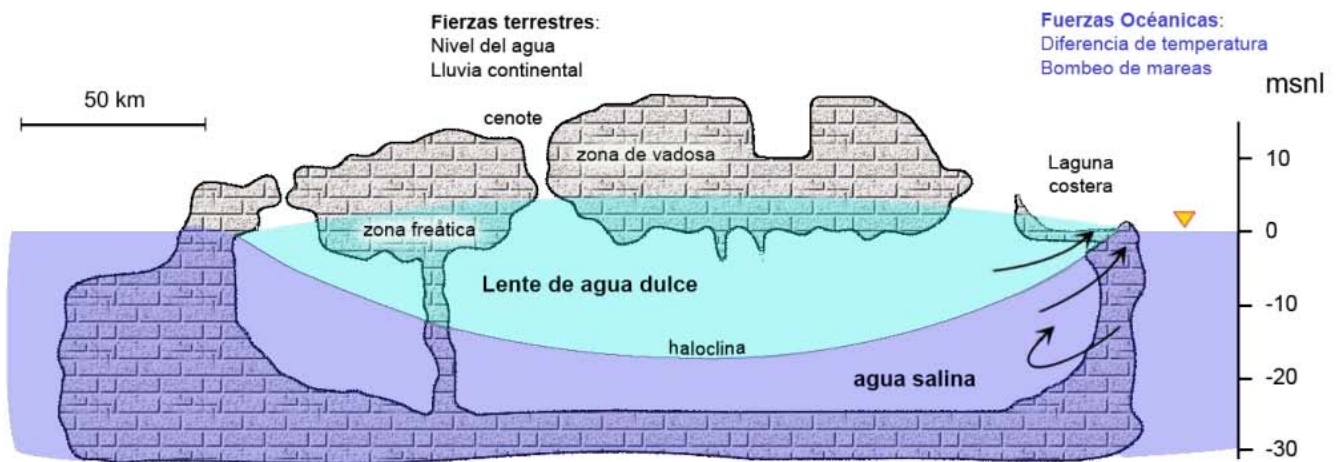


Figura 3. Estructura típica de un sistema anquihalino. Tomado de Monroy-Ríos, 2016.



El sistema Ox Bel Ha se considera la cueva sumergida más larga del mundo, éste sistema inicia al sur de Tulum, Quintana Roo, cuenta con al menos tres conexiones al mar y se extiende tierra adentro más de 15 km con un total de 270 km topografiados hasta ahora (QRSS, 2017). Incluye 143 cenotes algunos de los cuales se han podido estudiar gracias al uso de técnicas especializadas de buceo, logrando acceder hasta profundidades considerables y conociendo varios microhábitats a los cuales se restringe la presencia de especies troglóbias (Iliffe, 2000; QRSS, 2017).

Hasta el momento no se tiene registro exacto del número de cenotes existentes en la península de Yucatán (Fig. 4). Sin embargo, ya está en curso la realización de censos por parte de instituciones del gobierno que pretenden dar un número real de la cantidad de estos cuerpos de agua (SEDUMA).

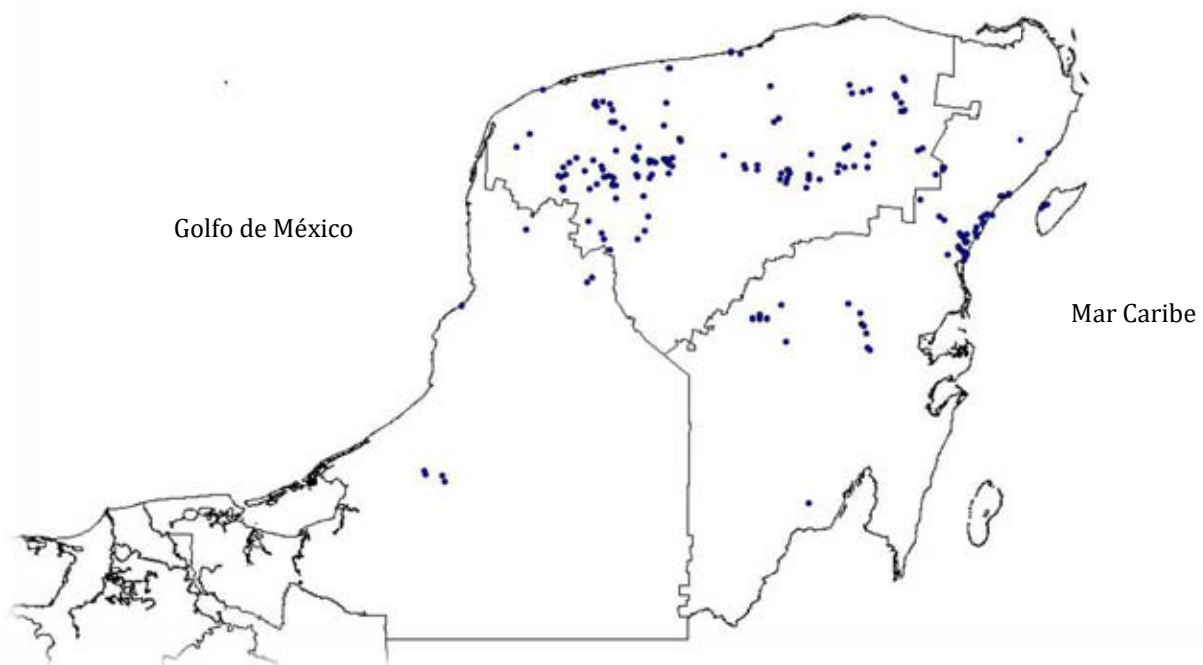


Figura 4. Mapa con la ubicación de algunos de los cenotes en los que se ha muestreado fauna anquihalina en la península de Yucatán.



Material y Método

1. Trabajo de campo

Se realizó una búsqueda de todos los ejemplares de *Creaseriella anops* depositados en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR), del Instituto de Biología (IB) de la Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM). Estas muestras se complementaron con ejemplares colectados en 2014, 2015 y 2016, los cuales se obtuvieron mediante técnicas de espeleobuceo, de forma manual y con el uso de trampas cebadas. Las muestras de los años recientes se obtuvieron en tres viajes al área de Tulum, Quintana Roo, en donde se visitaron cuatro cenotes y sus cuevas asociadas y dos viajes al área de Mérida, Yucatán en donde se muestrearon dos cenotes. Todos los organismos fueron conservados en alcohol al 70% y etiquetados con los datos de colecta que incluyeron: fecha, localidad, colector y profundidad. Ya que en estos muestreos se caracterizó la columna de agua en términos de salinidad, temperatura y concentración de oxígeno disuelto utilizando una sonda multiparámetro (Hydrolab DS5X), también fue posible conocer la profundidad exacta a la que cada organismo fue colectado.

2. Trabajo de laboratorio

Una vez que se obtuvieron todas las muestras de *C. anops* los ejemplares fueron medidos y sexados con ayuda de un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss 6DV4). Para la medición de los ejemplares se utilizó objetivo graduado, las medidas tomadas en vista dorsal fueron dos: longitud total (LT) y ancho total (AT). La longitud total se midió desde el margen anterior del cefalón hasta el borde posterior del pleotelson, el ancho total se registró al nivel del cuarto pereionito abarcando la distancia entre el borde lateral de las placas pleurales (Fig. 5).

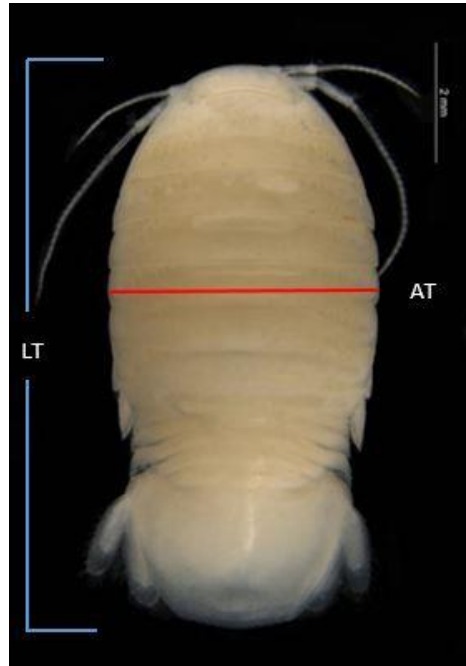


Figura 5. Medidas tomadas en los ejemplares de *Creaseriella anops*.

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's (1991) (Fig. 6). Las manchas se identificaron por la presencia del séptimo par de pereiópodos rudimentarios y plegados ventralmente (Fig. 7A), los organismos juveniles fueron identificados ya que carecen de cualquier rasgo o diferenciación sexual. En el caso de los machos estos se caracterizan por la presencia de una papila genital en la superficie ventral del séptimo pereionito (Fig. 7B), así como un estilete copulador inserto en la base del segundo pleópodo (Fig. 7C).

En el caso de las hembras éstas se separaron en inmaduras y maduras. Para las hembras inmaduras únicamente se observó la presencia de una papila genital bilobulada a la altura del séptimo pereionito (Fig. 7D). En el caso de las hembras maduras, éstas presentan osteguitos en la superficie ventral (Fig. 7E), así como una papila genital bilobulada.



Figura 6. Fotografía de las cinco categoría de desarrollo en *Creaseriella anops* de izquierda a derecha: manca, juvenil, macho, hembra inmadura, hembra madura.

Los datos de longitud total y ancho total se analizaron en el programa estadístico IBM SPSS Statistics 24. Se realizaron regresiones lineales para observar la correlación entre el largo y ancho del cuerpo de la especie en las poblaciones de los estados de Yucatán y Quintana Roo. Además de un análisis de covarianza (ANCOVA) para probar si existen diferencias significativas en las pendientes estimadas para los estados de Yucatán y Quintana Roo. La proporción sexual entre hembras y machos se obtuvo para cada población por estado y en conjunto total, los resultados fueron probados mediante una prueba de χ^2 .

Teniendo las coordenadas de cada una de las localidades de colecta y con ayuda del programa Google Earth se midió la distancia existente entre cada una de ellas y la línea de costa, con la finalidad de analizar si existe alguna relación entre la talla de los organismos y la distancia a la que se encuentran de la costa. Finalmente se obtuvo un mapa con las cuencas subterráneas conocidas en la Península de Yucatán en el cual se ubicaron las 22 localidades y se dividieron dependiendo de la cuenca a la que pertenecían, para posteriormente analizar si existen diferencias en la tallas de los organismos dependiendo de la cuenca subterránea a la que pertenecen.

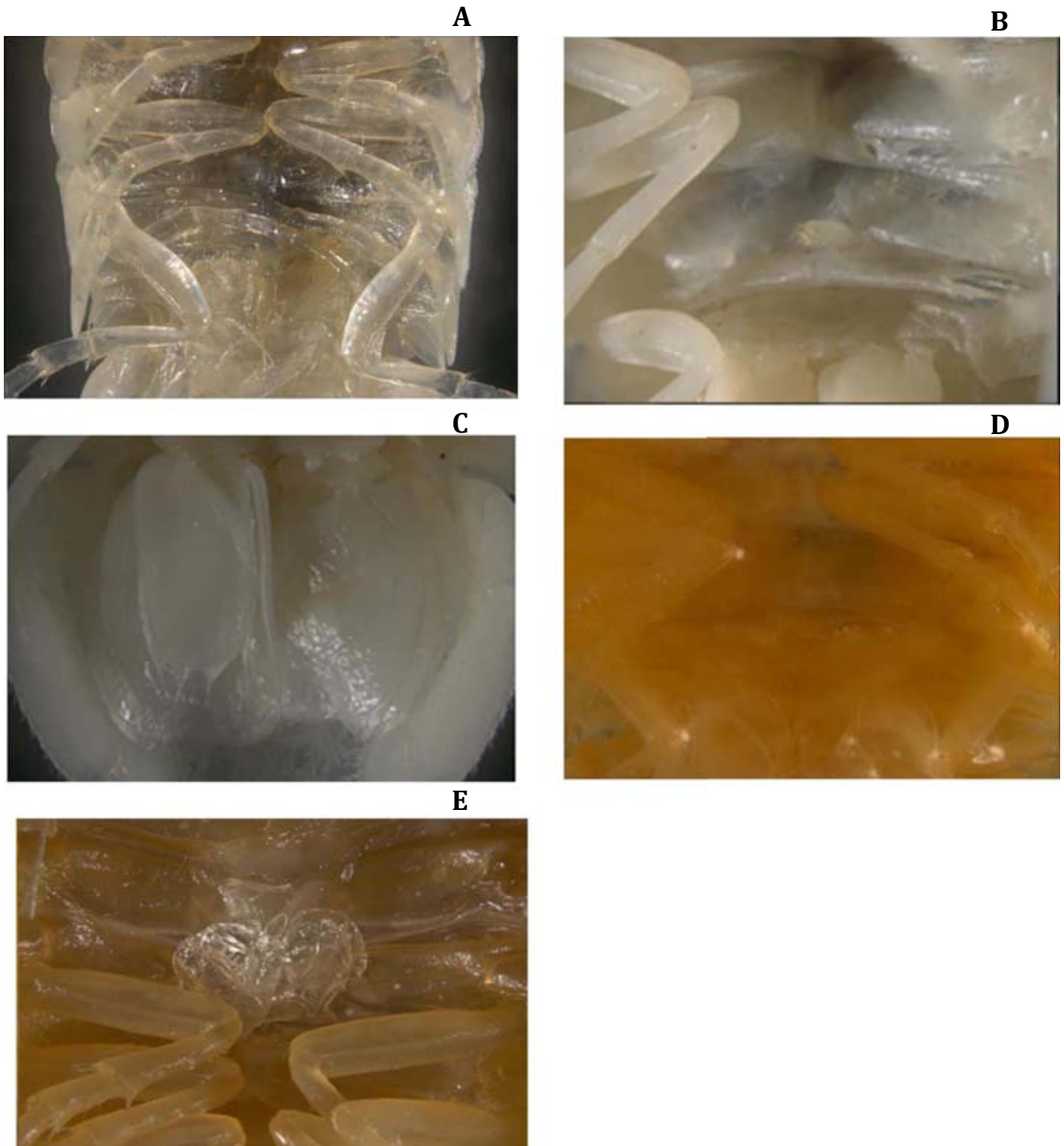


Figura 7. Estructuras genitales presentes en *Creaseriella anops*, utilizadas para la identificación de la fase de desarrollo. A) séptimo par de pereiópodos ventralmente plegados presentes en el estadio de manca, B) papila genital en machos, C) estilete copulador en machos, D) papila genital bilobulada presente en hembras inmaduras y maduras, E) ostegitos presentes en hembras maduras.



Resultados

Se obtuvo un total de 831 organismos de la especie *Creaseriella anops*, los cuales pertenecen a un total de 22 localidades, 11 localizadas en el estado de Yucatán y 11 en el estado de Quintana Roo (Tabla 1; Fig. 8). La clasificación taxonómica de la especie se presenta a continuación:

Phylum Arthropoda Latreille	1829
Clase Malacostraca Latreille	1829
Superorden Peracarida Calman	1904
Orden Isopoda Latreille	1817
Familia Cirolanidae Dana	1852
Género <i>Creaseriella</i> Rioja	1953
<i>Creaseriella anops</i> (Creaser)	1936

Tabla 1. Localidades con coordenadas geográficas donde fueron colectados los ejemplares de *Creaseriella anops*, así como el número de organismos presentes en cada una.

Localidad	Coordenadas		Número de organismos
Quintana Roo	Latitud	Longitud	
1. Cueva Carlos, Xel-ha	20.3144028	-87.35811389	11
2. Cenote Nohoch Nah Chich	20.2986111	-87.48694444	119
3. Cenote Maya Azul	20.4886389	-87.251525	2
4. Cueva Nah-Aktun	20.3933333	-87.625	1
5. Cenote Ruinas	19.6294444	-88.55208333	48
6. Cenote Muknal	20.1886111	-87.49008333	7
7. Cenote Odyssey	20.1738889	-87.47072222	3
8. Cenote Bang	20.2105556	-87.51138889	5
9. Poza km129	19.737	-88.9217722	48
10. Cenote Vaca ha	20.2105556	-87.50113889	329
11. Cenote Chan Hol	20.1580556	-87.56916666	3



Yucatán	Latitud	Longitud	Número de organismos
12. Cueva San Isidro	20.9677778	-89.62166667	11
13. Cenote Sambulá	20.6427778	-89.90313889	6
14. Cueva Chac-Mool	20.6463889	-88.4175	7
15. Cueva Actun Kaua	20.6180556	-88.3525	15
16. Cenote Xkeken, Dzinup	20.6608333	-88.2425	1
17. Cueva Xconsacab	21.1422222	-88.15083333	6
18. Cenote Cervera	21.3808333	-88.83363889	5
19. Cenote del Pochote	20.56	-89.75	138
20. Cenote Chacsinicché	20.64	-89.46	2
21. Cenote Chiuo-ho, Mucuyché	20.635	-89.612	1
22. Cenote Chooj ha	20.635	-89.612	1

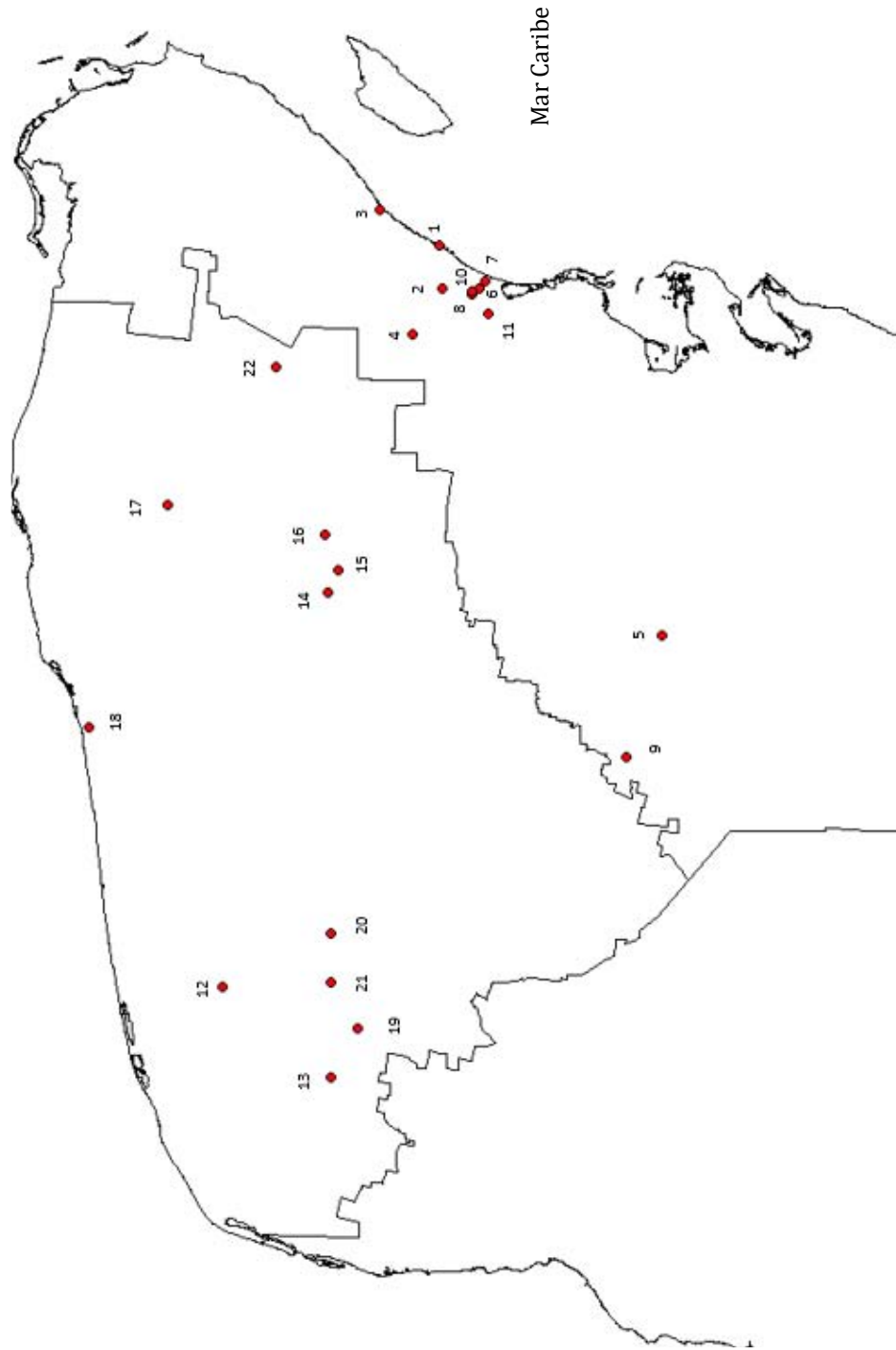


Figura 8. Localización de los puntos de colecta de *Creaseriella anops* en los estados de Yucatán y Quintana Roo.



De los 831 ejemplares de *C. anops* que fueron contabilizados, 199 ejemplares (24%) correspondieron a las localidades ubicadas en el estado de Yucatán y 632 (76%) pertenecientes al estado de Quintana Roo.

Aunque no se realizaron muestreos cuantitativos ya que las muestras proceden de la CNCR, es relevante que ciertas localidades presentaron un mayor número de organismos, como se puede ver a continuación. Para el estado de Yucatán, el cenote Hacienda del Pochote corresponde a la localidad con mayor número de organismos con 138 organismos (69%), superando por mucho el número de organismos de las otras 10 localidades presentes en el estado. De las 11 localidades ubicadas en el estado de Quintana Roo, el cenote Vaca-ha presentó el mayor número de organismos con un total de 329 (52%), seguido del cenote Nohoch Nah Chich con un total de 121 organismos (19%), contrastando con la cueva Nah-Aktun en la cual solo se tiene registro de un solo ejemplar (Fig. 9).

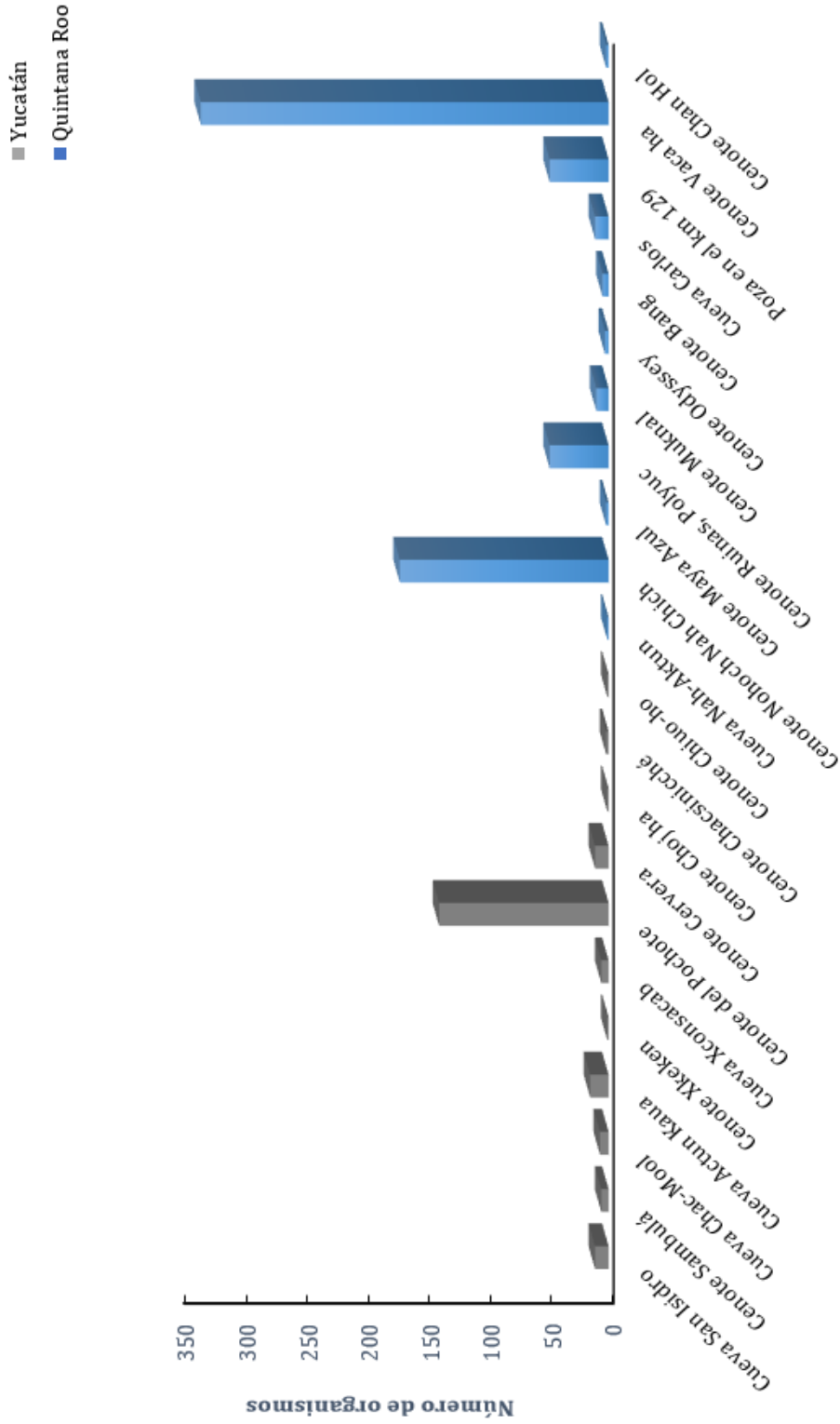


Figura 9. Total de organismos de *C. anops* procedentes de la CNCR para los estados de Yucatán y Quintana Roo.



Los organismos de *C. anops* fueron catalogados en cinco categorías o fases de su ciclo de vida para su análisis. Tanto para las localidades de Yucatán como para las de Quintana Roo los machos corresponden a la categoría con mayor número de organismos con 328 ejemplares, seguidos por las hembras inmaduras con 270 organismos. En menor cantidad los organismos en etapa juvenil con 112 y seguido de estos las mancás con 76. Finalmente, las hembras maduras corresponden a la categoría con la menor número de organismos con solo 45 ejemplares (Fig. 10).

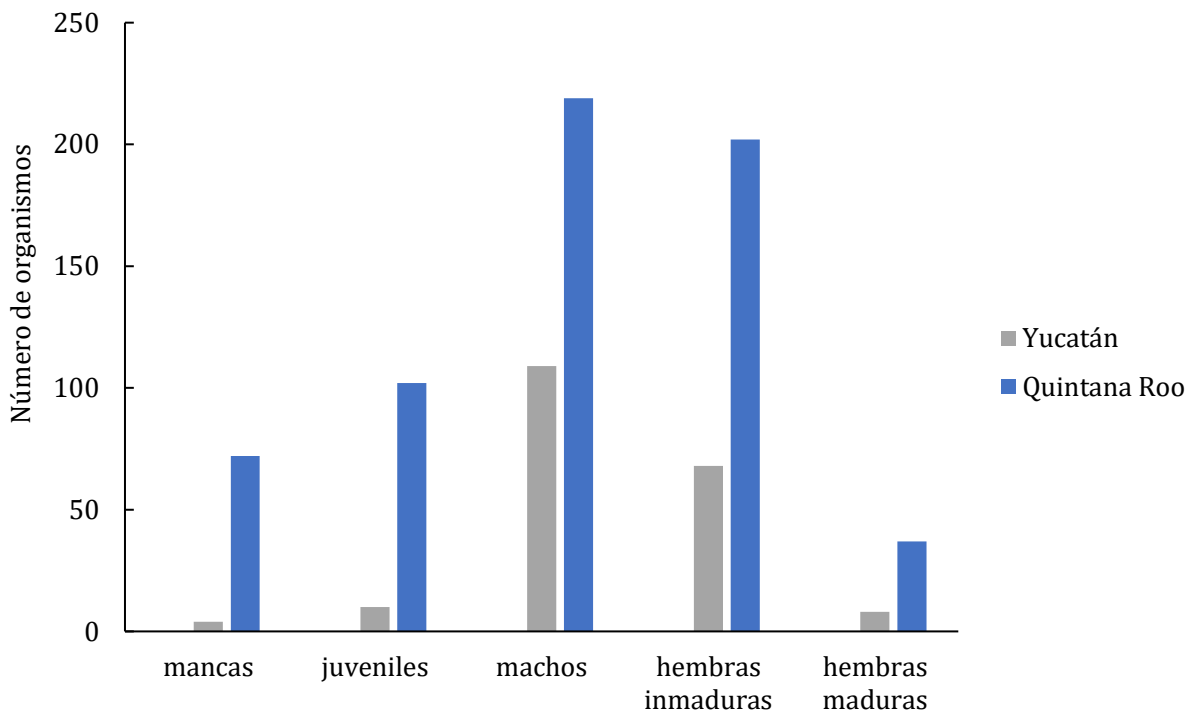


Figura 10. Total de organismos catalogados por categoría de vida para los estados de Yucatán y Quintana Roo.



Se utilizaron las muestras con el mayor número de organismos tanto de Yucatán como de Quintana Roo para examinar la composición de tallas y sexos en la población. El cenote Pochote es la localidad con mayor número de organismos en el estado de Yucatán, teniendo a la categoría de machos con la mayor cantidad de organismos seguido por las hembras inmaduras (Fig. 11B). Para el estado de Quintana Roo, el cenote Vaca-ha es la localidad con el mayor número de ejemplares en el cual la cantidad de machos y hembras se presentan en cantidades muy similares, en segundo lugar encontramos el cenote Nohoch Nah Chich y tercero al cenote Ruinas. Para el cenote Nohoch Na Chich la categoría de los machos fue aquella con mayor número de organismos y para el cenote Ruinas las hembras inmaduras son aquellas que se presentan en mayor número (Fig. 11C).

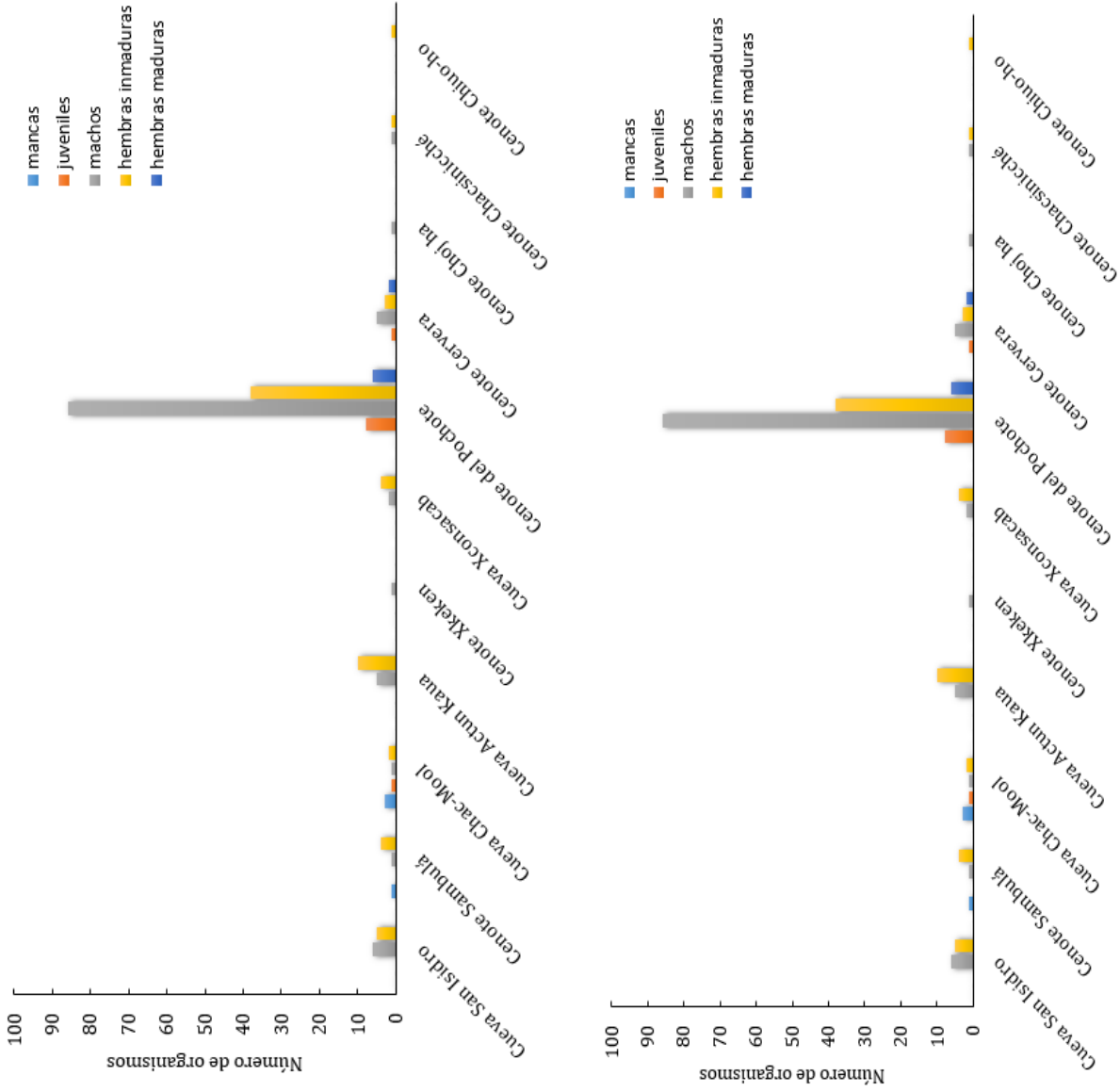


Figura 11. Total de organismos catalogados por categoría de vida. A) cenotes del estado de Yucatán, B) cenotes del estado de Quintana Roo.



Para determinar si había diferencias en cuanto a la proporción largo - ancho del cuerpo entre las poblaciones de Yucatán respecto de las de Quintana Roo, se calcularon regresiones lineales simples (Fig. 12). Las dos regresiones presentaron un valor de pendiente muy similar, para corroborar esta relación se realizó un análisis de covarianza, con la finalidad de conocer las diferencias entre las pendientes de los estados de Yucatán y Quintana Roo, éste análisis arrojó para la variable de estado ($p=0.045$) que sí existen diferencias significativas entre el estado de Yucatán y Quintana Roo (Tabla 2). Finalmente la interacción entre las variables estado-longitud no poseen un efecto significativo sobre el ancho ($p=0.0921$), sugiriendo que las proporciones corporales son muy similares entre las dos poblaciones.

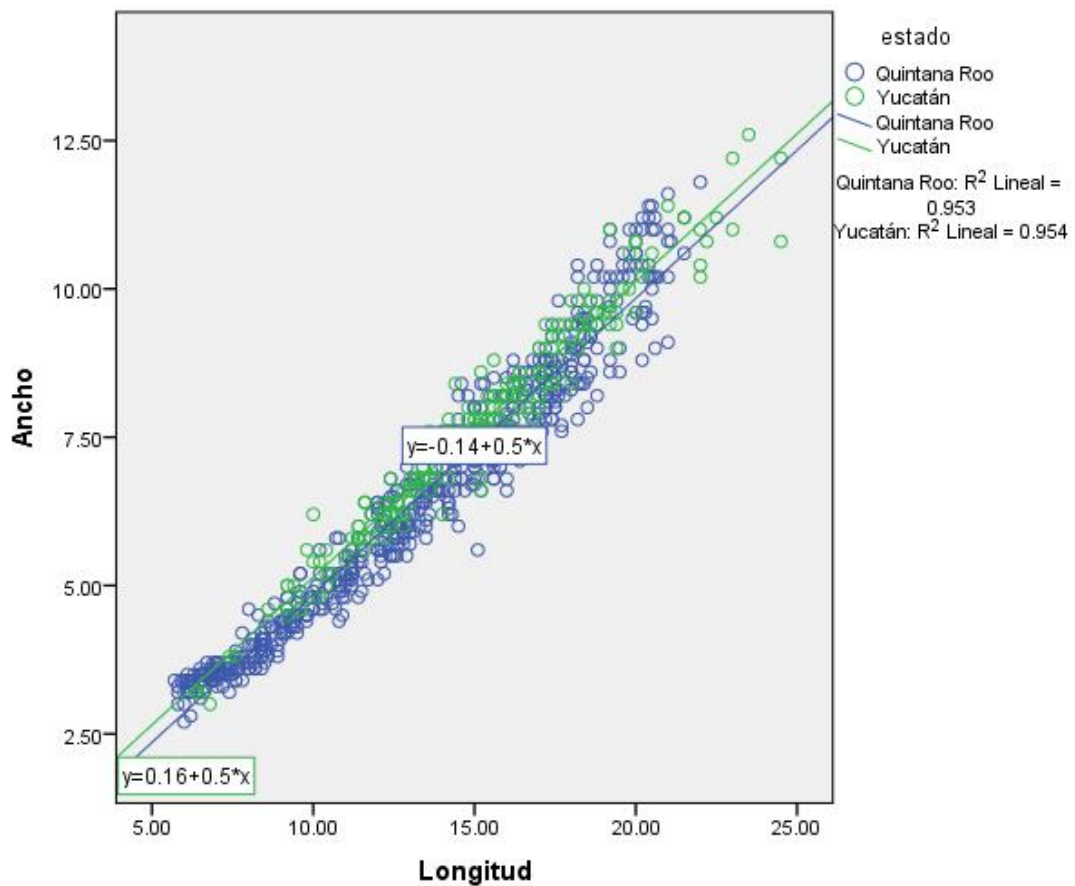


Figura 12. Relación entre la longitud total y el ancho de *Creaseriella anops* colectados en los estados de Yucatán y Quintana Roo.



Tabla 2. Resultados de la prueba de ANCOVA. SPSS 24.

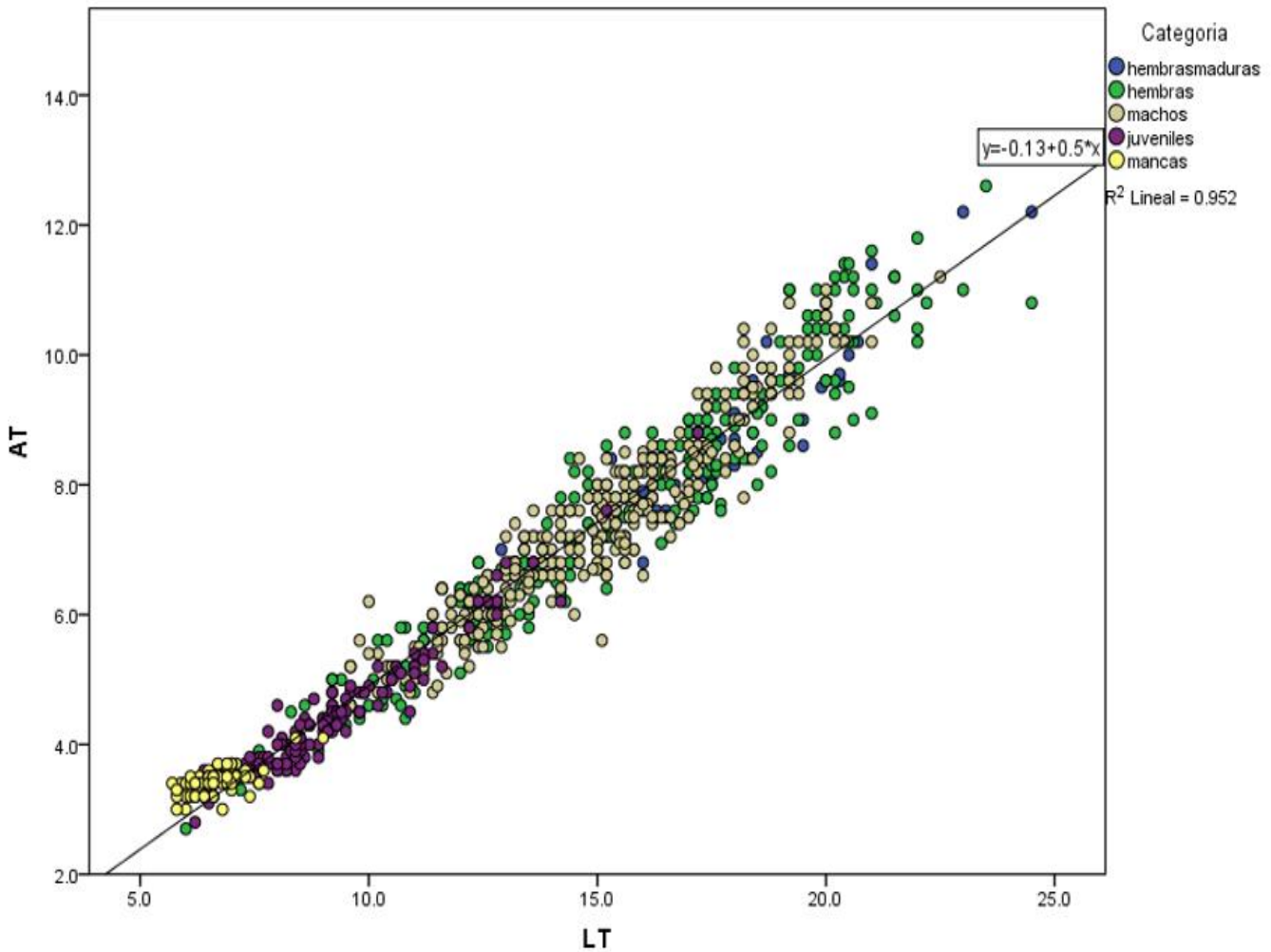
Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Ancho

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	.004	1	.004	.018	.893
Yucatán Vs Quintana Roo	.843	1	.843	4.025	.045
Longitud	2166.588	1	2166.588	10340.496	.000
Interacción estado * Longitud	.002	1	.002	.010	.921
Error	172.858	825	.210		
Total	42008.540	831			
Total corregido	3873.883	830			

a. R al cuadrado = .955 (R al cuadrado ajustada = .955)

Las regresiones lineales con los datos de largo y ancho del cuerpo para cada una de las categorías de desarrollo, se realizaron con la finalidad de observar si hay diferencias en el crecimiento de las distintas etapas. Sin embargo podemos observar que no hay diferencias evidentes en el crecimiento de las etapas y en todas ellas se sigue un mismo patrón de crecimiento (Fig. 13).



La proporción sexual se obtuvo para cada población por estado y en conjunto total, donde resultó una proporción global de 1M:1H ($\chi^2 = 0.2628$) mientras que para el estado de Yucatán la proporción sexual fue de 1.43M: 1H ($\chi^2 = 5.88$), y para el estado de Quintana Roo de 0.91M: 1H ($\chi^2 = 0.8733$).



Se registró la longitud total mínima y máxima de los organismos para las cinco categorías de desarrollo (Fig. 14), y en cada una de las localidades de ambos estados (Fig. 15). La talla más pequeña se presenta en la categoría de mancas mientras que la categoría de las hembras tanto inmaduras como maduras son aquellas que alcanzan las tallas más grandes (Fig. 14).

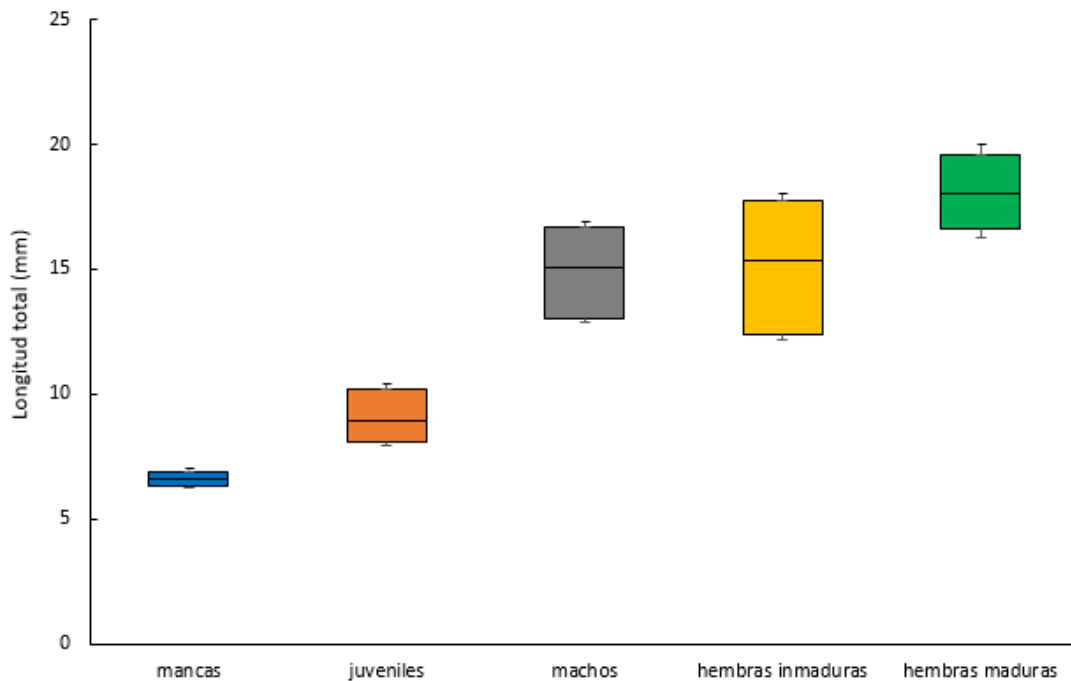


Fig 14. Diagrama de caja de las etapas de desarrollo de *Creaseriella anops*. Se incluyen el error estándar y la mediana

En el estado de Yucatán, el cenote del Pochote presenta el individuo con la mayor longitud total con 24.5 mm, mientras que el organismo con la longitud total mas pequeña se presenta en la cueva Chaac-Mool con 6.4 mm (Fig. 15B). Para el estado de Quintana Roo, el organismo con la longitud total mínima se presenta en el cenote Vaca Ha con 5.7 mm y aquel con la longitud total mas grande se registró en la Poza en el km 129 con 22 mm (Fig. 15C).

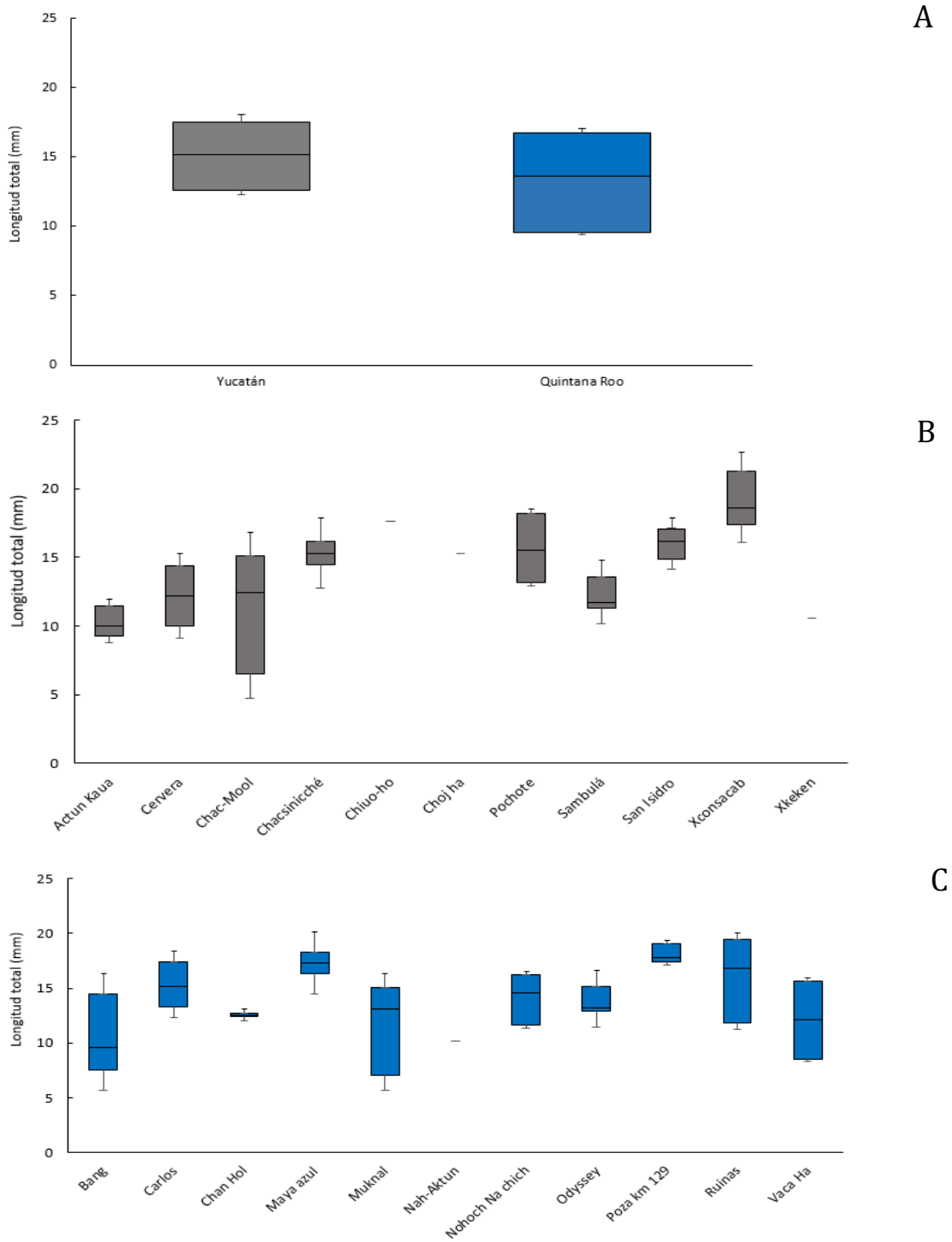


Fig 15. Diagrama de caja A) Yucatán y Quintana Roo, B) Cada uno de los cenotes del estado de Yucatán, C) cada uno de los cenotes del estado de Quintana Roo. En cada diagrama se incluyen el error estándar y la mediana.



El intervalo de tallas inicia en 5.7 mm (talla mínima) y finaliza con 24.5 mm (talla máxima). Con 241 organismos, el intervalo que abarca las tallas de 15.2- 15.5 mm es aquel con mayor frecuencia de aparición, contrastando con el intervalo que va de 22- 25.3 mm en el cual solo encontramos un total de 11 organismos (Fig. 16).

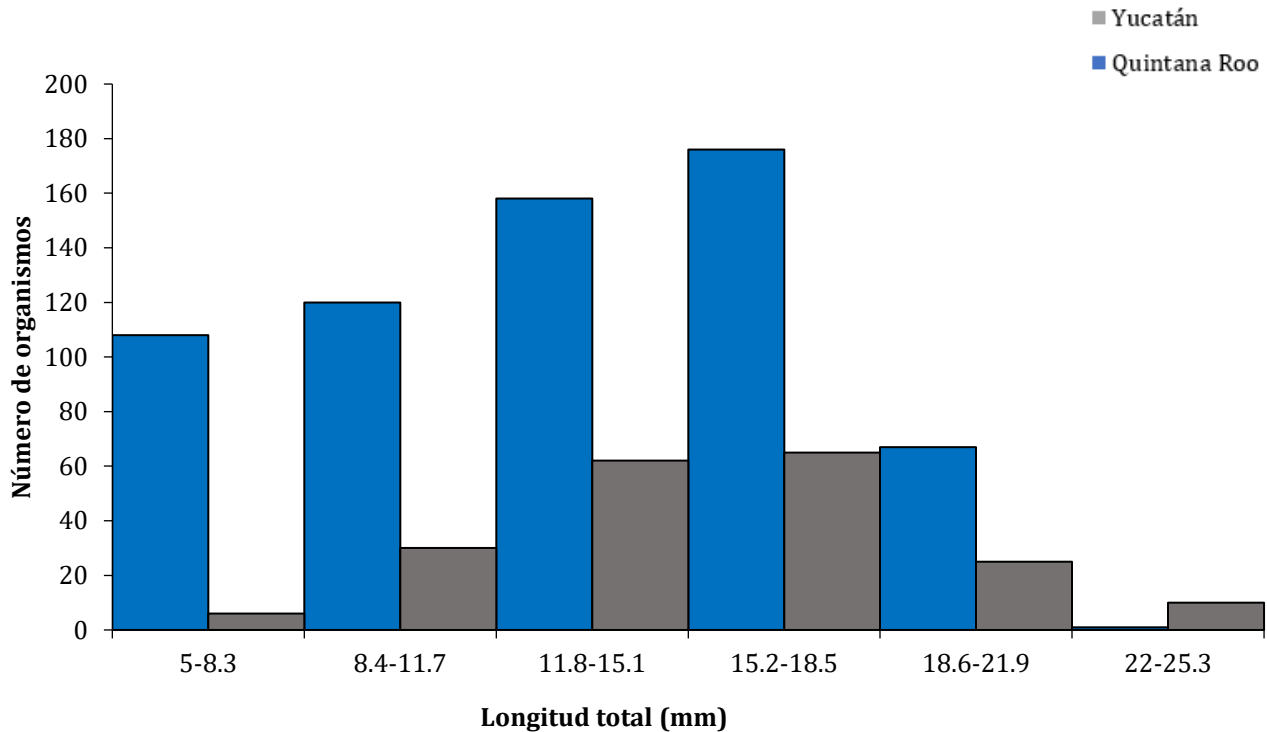


Figura 16. Histograma de frecuencia de tallas del total de organismos de *Creaseriella anops*.

En cuanto a la distribución de *Creaseriella anops* en la columna de agua dentro de los sistemas anquihalinos únicamente se tiene registro de la profundidad a la que fueron encontrados 65 ejemplares: machos 28%, hembras inmaduras 26%, mancas 25%, juveniles 12% y hembras maduras con 9%.



Los organismos fueron agrupados en intervalos de profundidad de tres metros. Se puede observar que la abundancia de *Creaseriella anops* disminuye conforme aumenta la profundidad (Fig. 17A), en cuanto a la talla se observa algo muy similar, los organismos encontrados a mayor profundidad presentan una disminución en la longitud total del cuerpo (Fig. 17B).

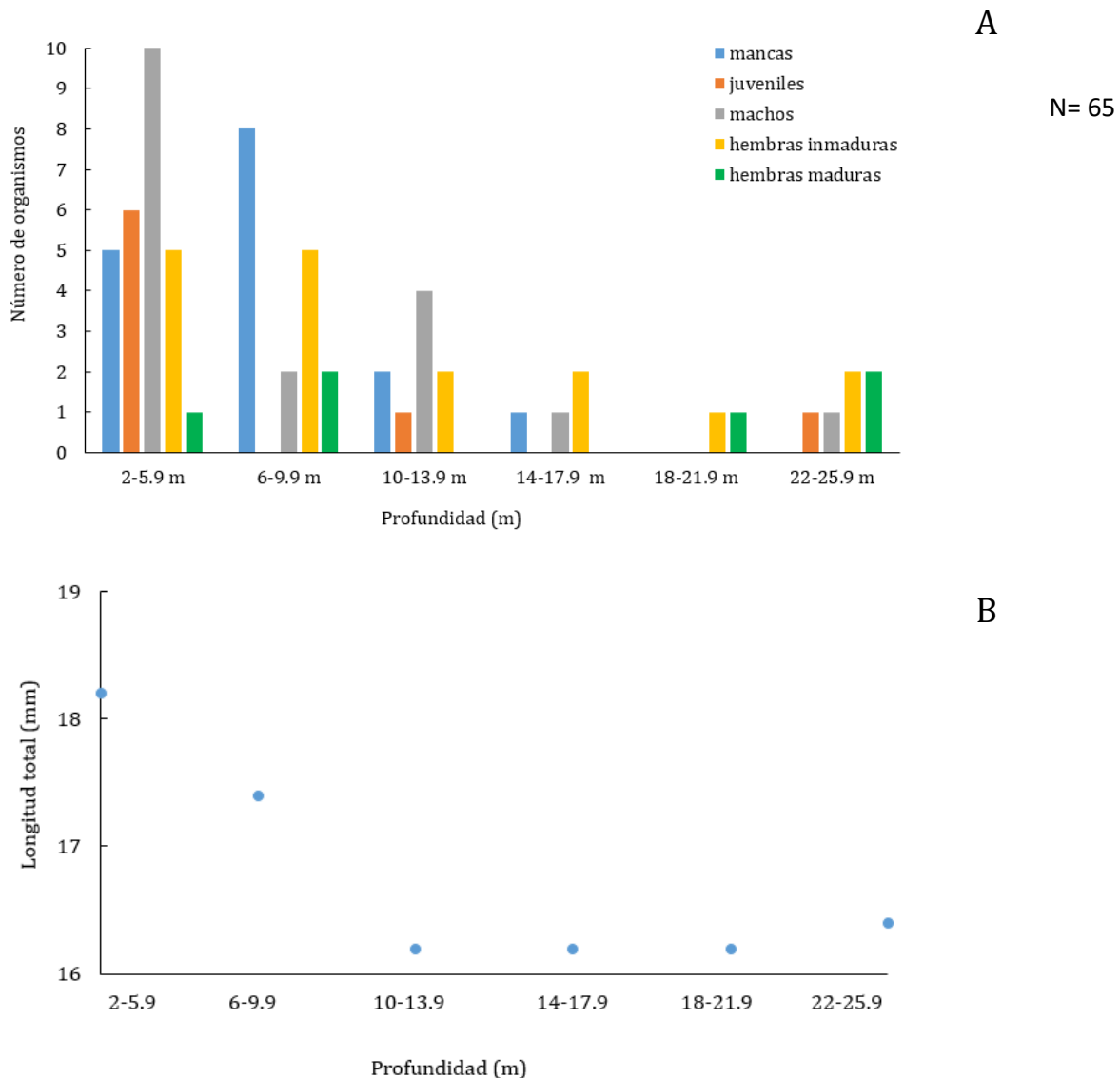


Figura 17. Abundancia y longitud total máxima de *C. anops* a diferentes profundidades. A) número de organismos por profundidad en cada fase de vida de *C. anops*, B) longitud total máxima encontrada en los diferentes rangos de profundidad.



Se registró la distancia (km) que existe entre cada una de las localidades a la línea de costa. Para el estado de Yucatán la localidad con más cercanía a la costa es el cenote Cervera (2.79 km), y la localidad más lejana a la costa es la cueva Chac-Mool (119.22 km) (Tabla 3). 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 localidad más alejada a la línea de costa (123.38 km) (Tabla 4).

Tabla 3. Distancia existente entre cada una de las localidades y la línea de costa en el estado de Yucatán.

Localidad	Número de organismos	Promedio de la longitud total (mm)	Distancia en km
Cenote Cervera	11	12.10	2.79
Cueva San Isidro	11	15.74	35.87
Cueva Xconsacab	6	18.63	47.50
Cenote Sambula	6	11.73	56.49
Cenote del Pochote	138	15.93	72.90
Cenote Chiuo-ho	1	17.6	85.88
Cenote Choj- Ha	1	15.3	86.49
Cenote Chacsinicché	2	15.3	89.26
Cenote Xkeken	1	10.6	96.28
Cueva Aktun Kaua	15	10.58	105.54
Cenote Chac-Mool	7	11.22	119.22



Tabla 4. Distancia existente entre cada una de las localidades y la línea de costa en el estado de Quintana Roo.

Localidad	Número de organismos	Promedio de la longitud total (mm)	Distancia en km
Cueva Carlos Xel-Ha	11	14.78	0.36
Cenote Maya Azul	2	17.3	0.66
Cenote Odyssey	3	14.33	2.15
Cenote Muknal	10	11.46	4.68
Cenote Vaca Ha	332	12.11	6.67
Cenote Bang	5	10.9	7.73
Cenote Nohoch Na Chich	170	13.60	9.98
Cenote Chan Hol	2	12.55	11.34
Cueva Nah-Aktun	1	10.2	28.34
Cenote Ruinas	48	15.48	99.45
Poza en el km 129	48	18.52	123.38

El promedio mas alto de la longitud total en el estado de Yucatán corresponde para los organismos de la Cueva Xconsacab con 18.63 mm, mientras que el cenote Actun Kaua presenta el promedio más pequeño con 10.58 mm (Fig. 18A). Para el estado de Quintana Roo el promedio mas alto de la longitud total se presenta en la Poza en el km 129 con 18.52 mm, mientras que el cenote Bang presenta el promedio más pequeño con 10.9 mm (Fig. 18B). En el caso de las localidades que presentaron un solo organismo no fue posible incluirlos en la figura pues no se pudo obtener el error estándar.

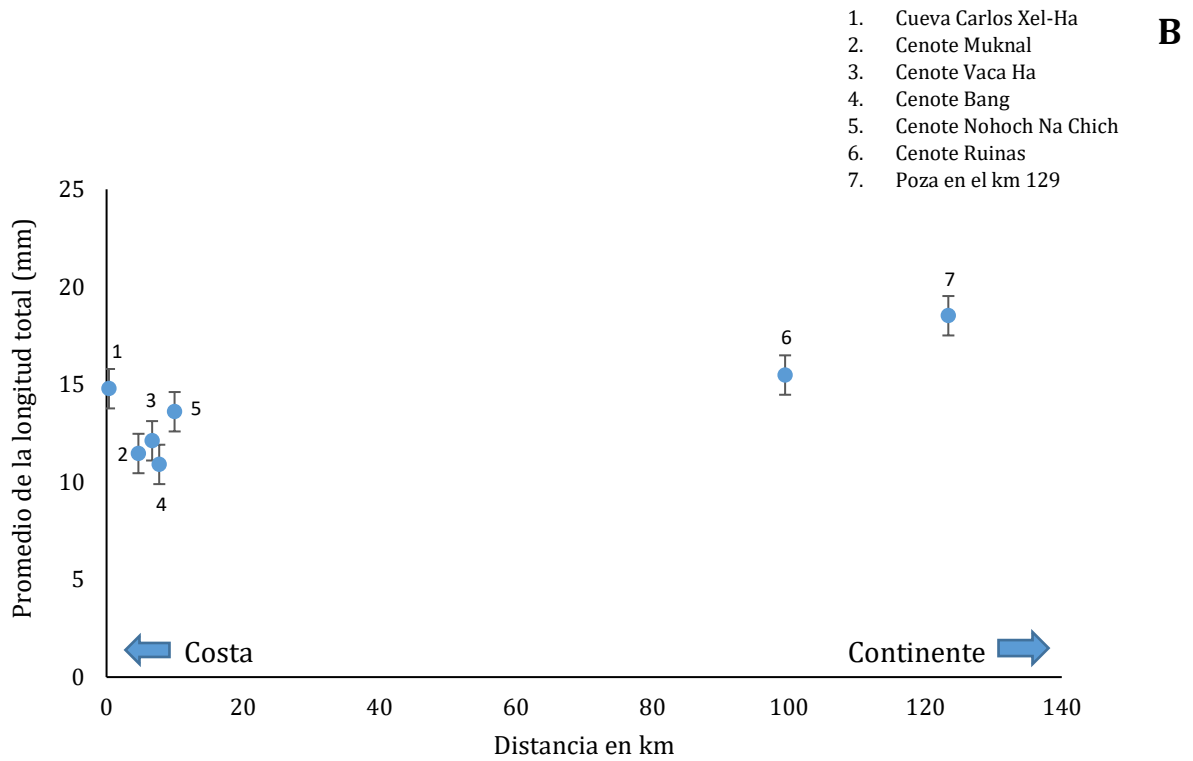
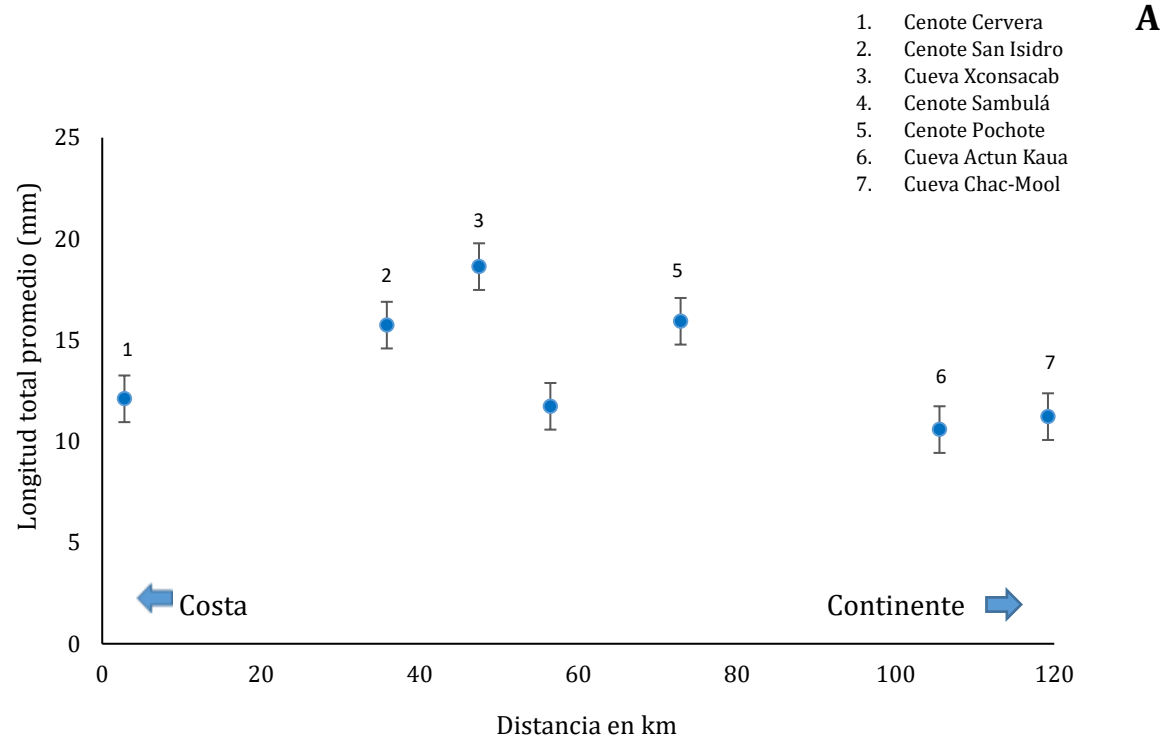


Figura 18. Promedio de la longitud total en los cenotes de ambos estados. A) Yucatán, B) Quintana Roo.



En la Figura 19, los círculos en color azul, café, rojo y amarillo, representan la ubicación de las cuencas subterráneas y los cenotes incluidos en cada cuenca. El círculo azul contiene seis de los cenotes (Cervera, Chacsinicché, Chiuo-ho, Pochote, Sambulá y San Isidro), el círculo café contiene cinco cenotes (Actun Kaua, Chac-Mool, Choj ja, Xconsacab y Xkeken), el círculo rojo contiene nueve cenotes (Bang, Carlos, Chan Hol, Maya Azul, Muknal, Nah- Aktun, Nohoch Na Chich, Odissey y Vaca Ha). Y finalmente el círculo amarillo contiene únicamente dos cenotes (Ruinas y a la Poza en el km 129).

Podemos observar las tallas mínima y máxima que alcanzan los individuos en cada uno de las cuatro diferentes cuencas (Fig. 19, B) y en cada uno de los cenotes (Fig. 19, C). En el caso de la cuenca 1 (círculo azul) localizado al noroeste del estado de Yucatán este presenta la talla más grande de las cuatro cuencas alcanzando 24.5 mm, la cual corresponde a la talla máxima y pertenece a un individuo del cenote Pochote perteneciente a la categoría de hembras maduras, esto contrasta con la talla mínima de 5.7 mm, la cual se presenta en la cuenca 3 (círculo rojo) ubicado al norte del estado de Quintana Roo y pertenece a un individuo de la categoría de mancas del cenote Vaca Ha .

En la Figura 20 podemos observar que para la cuenca de color azul, el intervalo de tallas con mayor frecuencia de organismos se presenta entre 15.2 a 18.5 mm. Para la cuenca delimitada en color café la talla con mayor frecuencia de organismos es aquella que va de los 8.4 a los 11.7 mm. En el caso de la cuenca en color rojo notamos que no se presentan organismos de las tallas mas grandes, siendo el intervalo de 15.2 a 18.5 mm aquel con mayor número de organismos y finalmente la cuenca en color amarillo la cual contiene únicamente dos cenotes presenta el intervalo de 18.6 a 21.9 mm como aquel con mayor frecuencia.

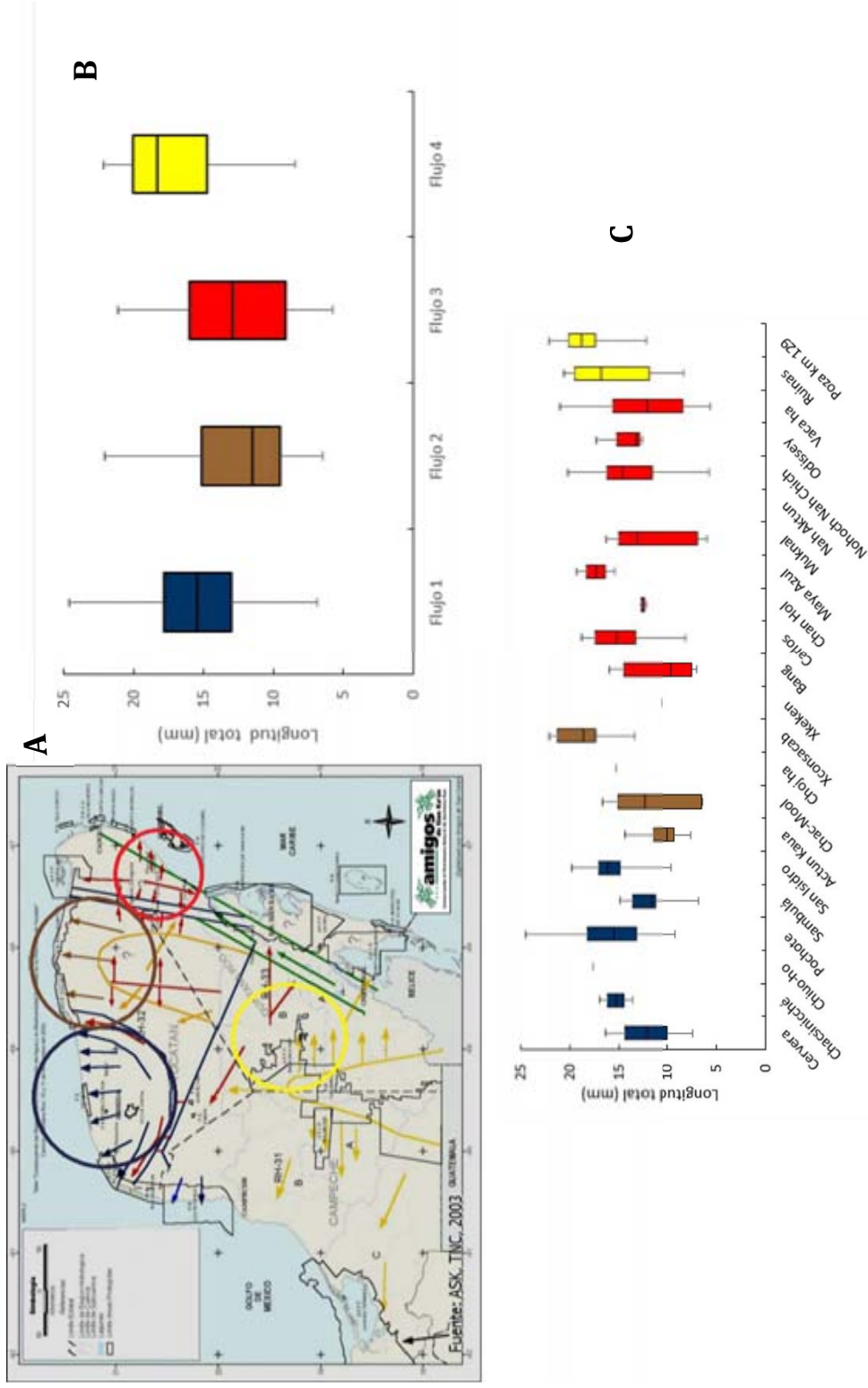


Figura 19. A) Mapa de las cuencas subterráneas presentes en la península de Yucatán, B) Diagrama de caja de los cuatro flujos presentes en este estudio, C) Diagrama de caja para cada uno de los cenotes en las cuatro cuencas subterráneas. En cada diagrama se incluyen el error estándar y la mediana.

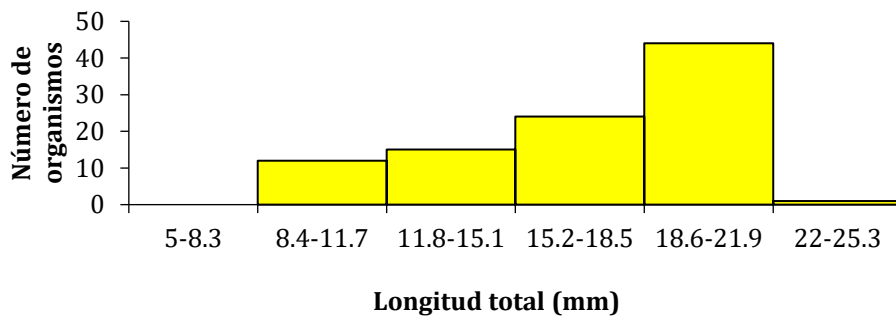
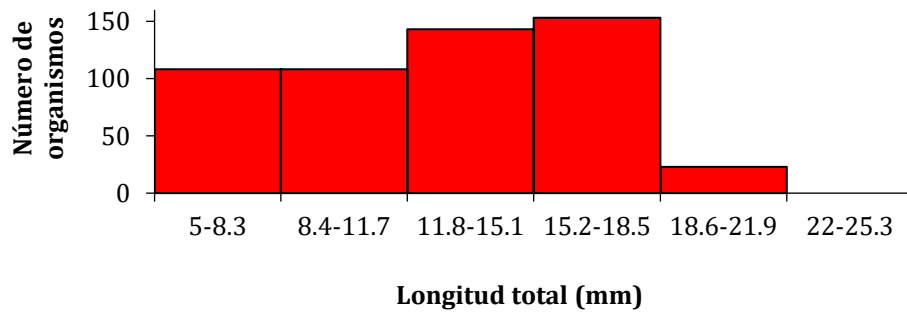
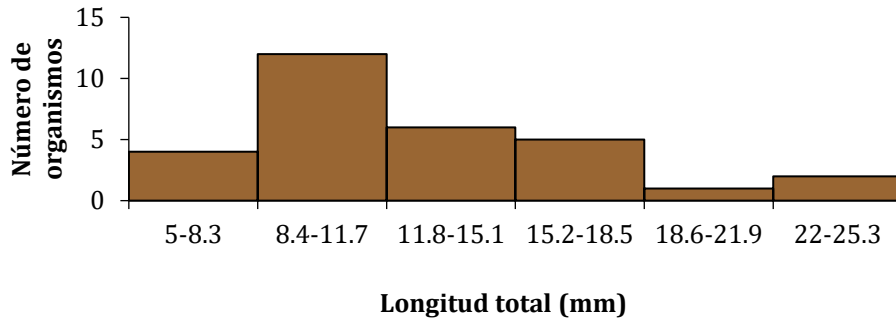
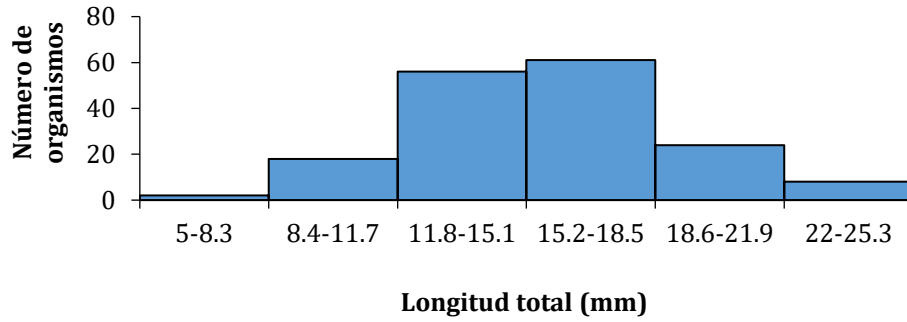


Figura 20. Histogramas de frecuencia de tallas en las cuatro cuencas donde fue encontrada *Creaseriella anops*.



Discusión

Número de organismos

Estudios realizados con otra especie de isópodo cirolanido (Dexter, 1977) muestran que las poblaciones de juveniles representan al menos el 70% de la población en todo momento, lo cual no coincide con nuestros resultados ya que del total de nuestros organismos solo el 13.5 % pertenecen a la categoría de juveniles. Por otro lado, también se observó en dicho estudio que las hembras inmaduras se encuentran presentes en cualquier momento a lo largo del año, mientras que las hembras con osteguitos o grávidas nunca son muy abundantes, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

La categoría de mancas presentó un bajo número de organismos, esto se podría deber a que muchos isópodos presentan altas tasas de mortalidad durante sus primeras etapas de desarrollo dentro del marsupio (Rocha- Ramírez *et al.*, 2002). En el caso de las hembras maduras, las cuales presentan osteguitos para la incubación de las crías, Johnson (1976), encontró en otra especie de la familia Cirolanidae que éstas hembras tienden a permanecer bajo rocas con el fin de encontrar protección, disminuyen sus hábitos alimenticios y en ocasiones la alimentación queda suprimida por completo durante los tres o cuatro meses que dura la incubación de las crías.

Ya que en ninguna de las colectas estaba dirigida a la toma de muestras de sedimentos o a la búsqueda de organismos asociados a las rocas, el número de organismos de la categoría hembras maduras se ve reflejado en los resultados obtenidos, al presentar sólo un 5% de organismos en esta categoría. Sin embargo, es importante mencionar que las mayores tasas de mortalidad en el ciclo de vida de estos isópodos se encuentran entre los juveniles y hembras que recién tuvieron crías en el marsupio. En el caso de los juveniles esto se debe a su tamaño, por lo cual deben salir en busca de alimento frecuentemente, en el caso de las hembras que recién tuvieron crías estas se encuentran



débiles tras pasar meses sin alimento, debido a esto, ambos son el principal objetivo de depredadores (Johnson, 1976).

En cuanto a la cantidad de organismos colectados en cada una de las localidades, el cenote con mayor número de muestras es el cenote Vaca Ha con 332 organismos, seguido por el cenote Nohoch Na Chich con 170 organismos; ambos localizados en el estado de Quintana Roo. La gran cantidad de organismos procedentes de estas dos localidades puede ser explicado tanto por factores intrínsecos como extrínsecos. Dentro de los intrínsecos tenemos el tamaño de la apertura del cenote, el cual determina cuánta materia orgánica puede introducirse desde terrenos adyacentes del suelo de la selva en épocas de lluvia. La cantidad de materia orgánica presente en cada cenote influye de manera importante en el tipo y cantidad de vida que en ellos se encuentra. Dentro de los factores extrínsecos tenemos la presencia de luz, la cual influye en la producción de materia orgánica dentro de los cenotes. Cenotes tipo cántaro están menos expuestos a la luz solar a diferencia de cenotes completamente expuestos como los cilíndricos y aguadas los cuales presentan una cantidad mayor de materia orgánica tanto alóctona como autóctona (Beddows *et al.*, 2007).

Otro factor que determina la cantidad de organismos es el tipo y esfuerzo de colecta realizado en las localidades, ya que las muestras proviene de la CNCR corresponden a diferentes muestreos a lo largo de los años, los métodos de colecta han sido variados (uso de trampas cebadas y colecta manual mediante espeleobuceo) y en muchas ocasiones el método de colecta se desconoce. Debido a esto resulta difícil hacer comparaciones entre las localidades. Se han realizado otros estudios sobre estructura y densidad poblacional con otros isópodos cirolánidos (Rocha-Ramírez *et al.*, 2002; Newman *et al.*, 2007; Petracco *et al.*, 2010). Sin embargo este trabajo toma en cuenta organismos que provienen de un amplio periodo que va desde el año 1936 hasta el 2016.



Tallas

La relación entre la longitud total y el ancho total del cuerpo de *C. anops* en ambos estados de la península de Yucatán (Yucatán y Quintana Roo) es de tipo lineal con un índice de correlación (r^2) cercano a uno, lo cual nos indica una relación lineal positiva, donde nuestras variables están estrechamente relacionadas y observamos que al aumentar una de nuestras variables la otra aumentará también, es decir que de forma general el cuerpo de *Creaseriella anops* presenta el mismo patrón de crecimiento sin importar a que estado pertenezca la población.

En cuanto a la talla mínima y máxima de los organismos, la categoría de mancás es aquella que presenta las tallas más pequeñas lo cual es esperado ya que esta es la primer etapa de crecimiento, contrastando con la categoría de hembras tanto maduras como inmaduras las cuales presentan las tallas más grandes. Esto se relaciona con el potencial reproductivo, es decir la cantidad de individuos que se puedan producir depende directamente de la talla que presente la hembra, a mayor espacio disponible mayor cantidad de huevos se podran alojar.

Las distancias existentes entre cada uno de los cenotes respecto a la costa, no muestran una relación con la longitud total del organismo, es decir entre más cercanía con la costa los organismos no presentan una mayor talla. Sin embargo, pudimos observar que la longitud promedio del cuerpo que alcanzan los organismos del estado de Yucatán es mayor que la que presentan los organismos del estado de Quintana Roo.



Distribución

El presente trabajo incluye 22 localidades, 11 localizadas en el estado de Quintana Roo y 11 en el estado de Yucatán. A pesar de contar con el mismo número de localidades en ambos estados la abundancia de organismos resultó mayor para el estado de Quintana Roo (76%), a comparación del estado de Yucatán (24%), ésto se debe a que las colectas realizadas en el estado de Quintana Roo han sido más frecuentes, lo cual se traduce en un mayor número de lotes de *Creaseriella anops* depositados en la Colección Nacional de Crustáceos. Sin embargo, el número de organismos para el estado de Yucatán podría aumentar si se realizaran futuras colectas tomando en cuenta que la zona de Mérida y la costa norte cuentan con el mayor número de cenotes de la península, en lo que se denomina el anillo de cenotes (Beddows, 2007).

En cuanto a la distribución de *Creaseriella anops* con respecto a la profundidad en la que los organismos fueron capturados, se observó que tanto el número de organismos como la longitud total del cuerpo decrecen conforme la profundidad aumenta. De forma general las zonas más someras son las más cercanas a las albercas de los cenotes donde hay una mayor posibilidad de entrada de materia orgánica esta puede introducirse desde terrenos adyacentes o puede producirse *in situ* en forma de plantas acuáticas o algas, y convertirse en una fuente de alimento. A mayor profundidad este recurso se vuelve menos abundante lo cual influye tanto en el número de organismos como el crecimiento de estos (Beddows *et al.*, 2007). Otra explicación para el menor número de organismos encontrados a mayor profundidad recae en la depredación, Aguilar (2016), dió a conocer las diferentes topologías de las redes tróficas que se presentan en un sistema anquihalino, observando que *Creaseriella anops* funge como una especie clave en este ecosistema ya que se encarga de trasladar energía desde la parte superficial hasta las partes profundas de las cuevas inundadas, gracias a la capacidad que presenta para ocupar ambas capas de agua.



En cuanto a las cuencas subterráneas de la península de Yucatán, es importante mencionar que el estado de Yucatán (zona norte y el estado de Mérida) a pesar de contar con la mayor cantidad de cenotes de la península, no presentan un desarrollo tan extenso de flujos subterráneos. La talla máxima encontrada pertenece a uno de los organismos presentes en la cuenca en color azul localizada al norte del estado de Yucatán a pesar de contar con un flujo menos extenso en esta región. Mientras que la talla más pequeña fue localizada en la cuenca delimitada en color rojo ubicada al norte del estado de Quintana Roo. Esto podría señalar una posible relación entre la talla y la extensión o tipo de flujo.



Conclusiones

- La proporción sexual entre machos y hembras es 1:1 para ambos estados.
- Las hembras maduras de *Creaseriella anops* (con presencia de osteguitos en los apéndices torácicos) no presentaron huevos o estadios larvales en ningún grado de desarrollo.
- De los 831 organismos revisados, sólo se encontraron 45 hembras maduras, representando el 5 % de la población total.
- Las correlaciones de largo contra ancho para cada una de las categorías muestran que las cinco categorías siguen el mismo patrón de crecimiento.
- Las categorías de hembras inmaduras y hembras maduras fueron aquellas donde se alcanza la mayor talla.
- La abundancia y la talla de los organismos presentan un patrón decreciente con respecto al aumento de la profundidad
- La mayor abundancia de los organismos se concentra en zonas someras debido a una mayor cantidad de recursos procedentes de terrenos adyacentes o producidos *in situ*.
- Las cuencas subterráneas delimitadas en color azul y amarillo son aquellas que presentan las tallas promedio de longitud total más grandes, mientras que las cuencas delimitadas en color café y rojo presentan los promedios de talla de longitud total menores.



Literatura Citada

- Aguilar, J.F. 2016. Modelación de la red trófica del sistema Ox Bel Ha, Península de Yucatán México: Un enfoque topológico. Tesis de Licenciatura. México: Facultad de Ciencias, UNAM. 56 pág.
- Álvarez, F. y T.M. Iliffe. 2008. Fauna Anquihalina de Yucatán. Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento. Dirección de Publicaciones, UANL, p. 379-414.
- Álvarez, F., T.M. Iliffe, B. Gonzalez y J.L. Villalobos. 2012. *Triacanthoneus akumalensis*, a new species of alpheid shrimp (Crustacea: Caridea: Alpheidae) from an anchialine cave in Quitana Roo, Mexico. *Zootaxa* **3154**: 61–68.
- Álvarez, F., T. M. Iliffe, S. Benitez, D. Brankovits y J. L. Villalobos. 2015. New records of anchialine fauna from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Check List Journal of species list and distribution*, **11**(1): 1505.
- Baker, F.C. 1895. A naturalist in México doing a visit to Cuba, northern Yucatán and México. David Oliphant, Chicago. 145 p.
- Beddows, P., P. Blanchon, E. Escobar y O. Torres-Talamante. 2007. Los cenotes de la Península de Yucatán. *Arqueología Mexicana*, (**14-83**): 32- 35.
- Botosaneanu, L., N. Bruce y J. Notenboom. 1984. Isopoda: Cirolanidae. 412-422 pp. In: L. Botosaneanu (ed.) *Stygofauna Mundi*, a faunistic, distributional and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters, including the marine interstitial. *Brill academic pub. Netherland*.
- Boxshall, G.A., S. Zylinski, D. Jaume, T.M. Iliffe and Eduardo Suárez-Morales. 2014. A new genus of speleophriid copepod (Copepoda: Misophrioida) from a cenote in the Yucatan, Mexico with a phylogenetic analysis at the species level. *Zootaxa* **3821**(3): 321–336.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2005. *Invertebrates*. 2da edición. Sanuer, Sunderland, Massachusetts, 936 pp.



- Cope, E. D. 1865. Third contribution to the herpetology of tropical America. *Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia*. pp. 185-198.
- Creaser, E.P. 1936. Crustaceans from Yucatan. Carnegie Institute of Washington Publication **457**: 117-132.
- Dexter, D. M. 1977. Natural history of the Pan-American beach isopod *Exocirolana braziliensis*. *Journal of Zoology*, **183**:103-9.
- Escobar, E., L. Oseguera, G.H. Vázquez-Nin y J. Alcocer. 2002. The external micro-anatomy of the cephalon of the asellotan isopod *Craseriella anops*. *Hydrobiologia*, **467**: 57-62.
- Fernández Carnevali, G. C., J. L. Tapia Muñoz, R. Duno de Stefano, I. M. Ramírez Morillo, L. Can Itzá, S. Hernández Aguilar y A. Castillo. 2012. La flora de la Península de Yucatán Mexicana: 250 años de conocimiento florístico. CONABIO. *Biodiversitas*, **101**:6-10.
- Galán, C. y F. F. Herrera. 1998. Cave fauna: environment, speciation and evolution. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, **32**:13-43.
- Holthuis, L. B. 1973. Caridean shrimps found in land-locked saltwater pools at four Indo-West Pacific localities (Sinai Peninsula, Funafuti Atoll, Maui and Hawaii Islands), with the description of the one new genus and four new species. *Zool. Verhand.*, **128**: 1-48.
- Huber, M. E. 1985. Allometric growth of the caparace in *Trapezia* (Brachyura, Xanthidae). *Journal of Crustacean Biology*, **5 (1)**: 79-83.
- Iliffe, T. M. 1993. Fauna Troglobia Acuática de la Península de Yucatán. pp 673-686 . *In*: Biodiversidad Marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Comisión Nacional de Biodiversidad y Centro de investigaciones de Quintana Roo, México, 865 pp.
- Iliffe, T. M. 2000. Anchialine cave ecology. *In*: Ecosystems of the World. 30. Subterranean Ecosystems, Chapter: Anchialine cave ecology. H. Wilkens, D.C. Culver, W.F. Humphreys (eds.). Elsevier Science pp.59-76.



- Johnson, W. S. 1976. Biology and population dynamics of the intertidal isopod *Cirolana harfordi*. *Marine Biology*. **36**: 343-350.
- Kensley, B. y M. Schotte. 1989. Guide to the Marine isopod crustaceans of the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C, p.137.
- 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.
- Lugo-Hubp, J., J. F. Aceves-Quesada y R. Espinasa-Pereña. 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geografía Revista*, 10 (2)143-150.
- McLaughlin, P. A. 1989. Comparative Morphology of Recent Crustacea. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 177 pp.
- Martínez, A., B. C. Gonzalez, J. Nuñez, H. Wilkens, P. Oromi, T. M. Illife y K. Worsaae. 2016. Guía interpretativa de los ecosistemas anquialinos de Los Jameos del Agua y Túnel de la Atlántida. Gobierno de Canarias. 312 pp.
- Medina-González, R.M. Aspectos biológicos de los cenotes de Yucatán. Secretaria de desarrollo urbano y medio ambiente. Recuperado el 25 de Febrero del 2017, de <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/BiologiaCenotes.pdf>.
- Monroy-Ríos E. (2016) ¿Cómo se formaron cuevas y cenotes? Espeleogénesis. *Environmental Biogeochemistry – Blog personal*. Publicado el 20 de mayo, 2016. Fecha de consulta: 19 de marzo del 2017. Recuperado de <http://sites.northwestern.edu/monroyrios/2016/05/20/espeleogenesis/>.
- Boxshall, G.A., S. Zylinski, D. Jaume, T.M. Illife and Eduardo Suárez-Morales. 2014. A new genus of speleophriid copepod (Copepoda: Misophrioida) from a cenote in the Yucatan, Mexico with a phylogenetic analysis at the species level. *Zootaxa* 3821(3): 321–336.



- Newman, B. K., T. Wooldridge y A. Crockcroft. 2007. Aspects of the biology and ecology of the estuarine cirolanid isopod, *Cirolana fluviatilis*. *African Zoology*, **42**(1): 12-22.
- Pearse, A.S., E. P. Creaser y F. G. Hall (eds.). 1936. The Cenotes of Yucatan: A zoological and hydrographic survey. Carnegie Institution of Washington, **47**:117-132.
- Perez-Aranda, L. 1984b. Cirolanidae: *Cirolana anops*. Fauna de los cenotes de Yucatán, No. 7. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, 13 pp.
- Petracco, M., R. Cardoso y T. Corbisier. 2010. Population biology of *Exocirolana armata* (Dana, 1853) (Isopoda, Cirolanidae) on an exposed sandy beach in Southeastern Brazil. *Marine Ecology* **31**: 330–340.
- QRSS (2017) [Quintana Roo Speleological Survey](#). Actualizada el 08 Diciembre, 2016. Consultada el 14 marzo 2017.
- Redell, J.A. 1977. A preliminary survey of the caves of the Yucatán Peninsula. Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies. **6**: 215-296.
- Rioja, E. 1953. Estudios carcinológicos. XXX. Observaciones sobre los cirolanidos cavernícolas de México. *Ciencia*, **10**: 211-218.
- Rocha-Ramírez, A., F. Álvarez, J. Alcocer, R. Chávez-López y E. Escobar-Briones. 2009. Lista anotada de los isópodos acuáticos epicontinentales de México (Crustacea: Isopoda). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **80**(3): 615-631.
- Rocha- Ramírez, A., R. Román y S. Chazaro. 2002. Population structure and fecundity of *Anopsilana oaxaca* Carvacho & Hassmann, 1984 (Isopoda, Cirolanidae) of the Pacific coast of Mexico. *Crustaceana*, **75** (2): 97-109.
- Ruiz-Cancino, G. 2010. Aspectos de la biología y ecología poblacional de *Creaseriella anops* (Creaser, 1936) (Isopoda: Cirolanidae) en cenotes del norte de Quintana Roo. Tesis de maestría. México: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 50 pág.
- Rickfiels, R. E. 1990. *Ecology*. 3er edición. New York, W.H. Freeman and Company, pág. 273.



- Sánchez-Rodríguez, G. 2008. Distribución de la abundancia del isópodo *Creaseriella anops* (Creaser, 1936) en sistemas anquihalinos de Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 pág.
- SEMARNAT. 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.
- Vidal, R. 2005. Las regiones climáticas de México, Instituto de Geografía, UNAM, México, *Colección. Temas Selectos de Geografía de México* (1.2.2), 213 p.
- Wilson, G.D.F. 2008. Global diversity of isopod crustaceans (Crustacea: Isopoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**:231–240.