



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable

**Filogeografía de *Procambarus*
(*Austrocambarus*) Hobbs, 1972 (Crustacea:
Decapoda: Cambaridae) en la región sur de la
península de Yucatán**

Tesis

**Que para obtener el grado de
LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES**

Presenta

Juan José Chi Chiclin

Directora de Tesis

Dra. Marilú López Mejía

Cozumel, Q. Roo, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE QUINTAÑA ROO



División de Desarrollo Sustentable

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de tesis del programa de licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de

LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

Directora:

Dra. Mariú López Mejía

Asesor:

Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz

Asesor:

Dr. Alejandro L. Coliantes Chávez-Costa

Cozumel, Q. Roo, septiembre de 2013

“La educación es una segunda existencia dada al hombre, es la vida moral tan apreciable como la vida física”
Saint Simon

“El científico que no sabe lo que está buscando, no comprenderá lo que encontrará”
Claude Bernad

“Cuanto más se ensancha el campo de la ciencia, más numerosa e irrefutable vienen a ser la demostración de la existencia eterna, de una inteligencia creadora y omnipotente. Geólogos, matemáticos, astrónomos, naturalistas, todos han llevado su piedra a este gran templo elevado al mismo Dios”
Herschel

|

DEDICADO

A mis padres

y

A mi amada esposa

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme estar en este mundo y por brindarme en el transcurso de mi vida momentos gratos. Gracias por todas las bendiciones.

A mis padres Juan de Dios Chi Nájera y María Guadalupe Chiclin Can, por enseñarme valores y principios, por ser mis guías, por apoyarme y escucharme. Me han dado el mejor regalo que un hijo puede tener: educación. Gracias por confiar y creer que lograría esta meta.

A la Dra. Marilú López Mejía y al Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz, por ser las primeras personas en darme la oportunidad en este mundo de la investigación. Gracias por sus consejos, apoyo y paciencia. Ustedes son mis modelos a seguir. Gracias doctora por apoyarme en todas mis ideas y proyectos, sobre todo gracias por su amistad.

Al Departamento de Control de Calidad de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, al Ing. Gerardo Téllez, Soledad Quiñones, Ary Vivas, Don Víctor Chacón y Don Susano, por permitirme realizar mis estancias y servicio social y demostrarme lo gracioso que el ámbito laboral, gracias por apoyarme en todo mis proyectos. Gracias por su linda amistad.

A Yanecsi Paredes Barradas por todas su oraciones. Fuiste una excelente compañera de clases y sobre todo una gran amiga. Cuando todos me dieron la espalda, tú siempre estuviste para apoyarme.

A Seidy Aracely Crespo Catzin, a pesar del poco tiempo de conocerte y tratar contigo, has demostrado ser una grandiosa amiga. Te agradezco por todo los momentos gratos que me has brindado.

A Don Victor Barrondo y A Doña Alina por ser unas maravillosas personas y apoyarme cuando más lo necesitaba.

A las maestras Raquel Perez Mac y Ana lilia por ser las primeras impulsadoras de mi educación, les agradezco en no darse por vencidas conmigo.

Quiero agradecer a Mi AMADA ESPOSA por apoyarme, por estar conmigo en todos los buenos y malos momentos, por todo tu amor y cariño. Gracias por demostrarme lo maravilloso que es el mundo. Gracias mi amor por todo, TE AMO CON TODAS LAS FUERZAS DE MI CORAZON.

CONTENIDO

RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
·	
ANTECEDENTES.....	14
JUSTIFICACIÓN.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
OBJETIVOS.....	18
ÁREA DE ESTUDIO.....	19
MATERIAL Y MÉTODO.....	21
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN.....	43
CONCLUSIÓN.....	46
LITERATURA CITADA.....	48

RESUMEN

RESUMEN

La clasificación taxonómica más reciente ubica al subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) en el infraorden Astacidea, perteneciendo a la familia Cambaridae y subfamilia Cambarinae. Una de las características que presenta el subgénero son los distintivos ganchos en los isquiópodos del tercer par de pereiópodos del macho, un primer pleópodo con la porción distal fuertemente doblada y la porción distal del conducto espermático abierto sobre uno de los tres elementos terminales (proceso mesial, caudal y la proyección central); la hembra posee un *annulus ventralis*. Para la península de Yucatán se tiene registro de tres especies de acociles: *Procambarus* (*Austrocambarus*) *pilosimanus*, *Procambarus* (*Austrocambarus*) *maya* y *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi*, siendo este último el que tiene una mayor distribución en todo el sureste mexicano. Dada las características geológicas de la zona y el aislamiento de los cuerpos de agua, se estima que haya presencia de nuevas formas y diferencias a nivel genético que sustenten nuevas especies. Por consiguiente, se realizaron mediciones morfométricas y se estimaron las siguientes proporciones biométricas: longitud de la areola/ancho de la areola, longitud de la areola/longitud de la postorbital, longitud de la palma/ancho de la palma, longitud del dactilo/longitud del propodio, longitud del pereiópodo derecho/longitud del pereiópodo izquierdo, longitud del pereiópodo derecho/longitud del cefalotórax, longitud del merus/longitud del carpus, longitud de la escama antenal/ancho de la escama antenal y longitud del rostro/ancho del rostro. Se realizaron pruebas de “t” de Student para determinar qué proporciones son diferentes entre machos y hembras de una población, así como pruebas de ANOVA para determinar qué poblaciones son similares y diferentes. Se realizó un análisis filogenético y se determinaron los tipos de hábitats mediante el análisis de agrupamiento usando el protocolo de distancia máxima así como el ordenamiento por escalamiento multidimensional no métrico (MDS). Se discute el estatus taxonómico de los organismos y el parentesco entre las diferentes poblaciones de acociles colectadas en la península de Yucatán.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La filogeografía es un campo que se desarrolló a finales de la década de 1980; se puede definir como el estudio de la distribución de las especies mediante la construcción de la genealogía de las poblaciones. Esta área emplea elementos teóricos y metodológicos provenientes de la biogeografía histórica y la sistemática molecular y generalmente se utilizan secuencias a partir de una filogenia de los haplotipos (Bermingham y Moritz, 1998; Botello, 2008; Avise, 2000 y 2009).

El género *Procambarus* alberga una gran cantidad de especies de acociles que se distribuyen desde América del Norte, la parte noreste de América Central y Cuba (Hobbs, 1972; Hobbs, 1984; López-Mejía, 2008a). Los cambáridos se han diversificado considerablemente desde el Mioceno, cuando formas ancestrales migraron hacia el sur proveniente del sureste de los Estados Unidos. La ocupación paulatina de una gran extensión del continente Americano abarca los países de Estados Unidos y una gran parte de México, que contienen el 85% y 13% de la familia Cambaridae, respectivamente (Hobbs, 1984).

La clasificación del subgénero *Austrocambarus* lo ubica en el infraorden Astacidea, perteneciendo a la familia Cambaridae y subfamilia Cambarinae (López-Mejía, 2006; López-Mejía, 2008a). Presentan como rasgo distintivo ganchos en los isquiopoditos del tercer par de pereiópodos del macho, un primer pleópodo con la porción distal fuertemente doblada y la porción distal del conductor espermático abierto sobre uno de los tres elementos terminales (proceso mesial, proceso caudal y la proyección central); la hembra posee un *annulus ventralis* (donde el macho deposita el espermátforo) libremente móvil en un arco de al menos 75° y carece de primer par de pleópodos; su fórmula branquial es 16+ ep, artobranquia posterior ausente en la base del cuarto pereiópodo (Hobbs, 1972; López-Mejía, 2008a Fig. 1).

INTRODUCCIÓN

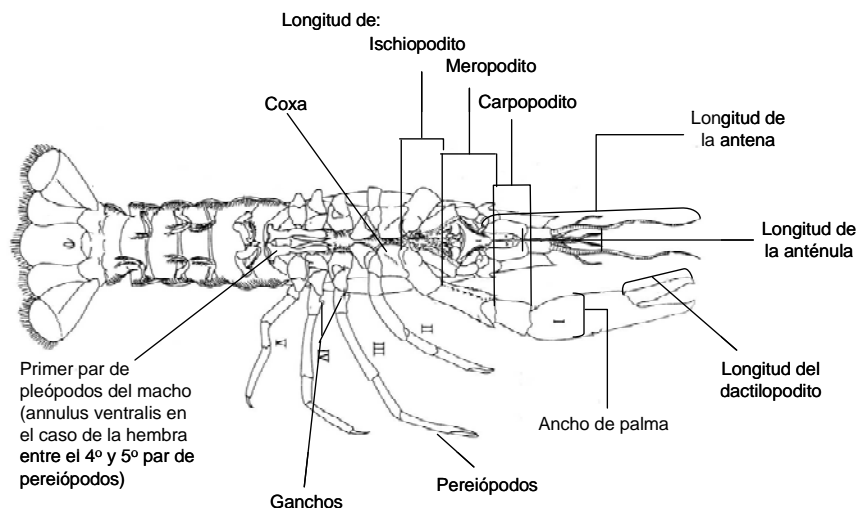


Fig. 1. Morfología de un cambárido (Tomado de López-Mejía, 2008a)

Las tres especies registradas en la Península de Yucatán son:

Procambarus (Austrocambarus) llamasi

Distribución: desde el sureste de Veracruz hasta la península de Yucatán, México y norte Guatemala (Villalobos, 1955; Hobbs, 1972b; Hobbs, 1974; Villalobos, 1983; Morales, 1988; López-Mejía, 2008a; Barba *et al.*, 2010; Montalvo *et al.*, 2010).

Diagnos: Cambarinos de talla grande, longitud total de 81 a 85 mm. Caparazón con dos espinas laterales a cada lado. Hasta cuatro espinas branquiostegales, normalmente tres. Rostro ancho en su base, bordes convergentes; espinas laterales presentes, espina acuminal larga y puntiaguda, alcanzando el borde articular distal del tercer artejo antenular. Pereiópodos del primer par tan largos como la longitud del cuerpo; porción dactilar de la quela cubierta de las cerdas. Ganchos en los isquiopoditos de los pereiópodos del tercer par. Proceso mesial aplanado en sentido cefalocaudal; proyección central poco desarrollada, hombro con declive muy inclinado. Annulus ventralis de la hembra hendido en la porción cefálica por el surco; esternito entre los quintos pereiópodos de la hembra cónico (Villalobos, 1954; Villalobos, 1955; Hobbs, 1972b; Hobbs, 1974; Villalobos, 1983; Morales, 1988; López-Mejía, 2008a) (Fig.2).

INTRODUCCIÓN

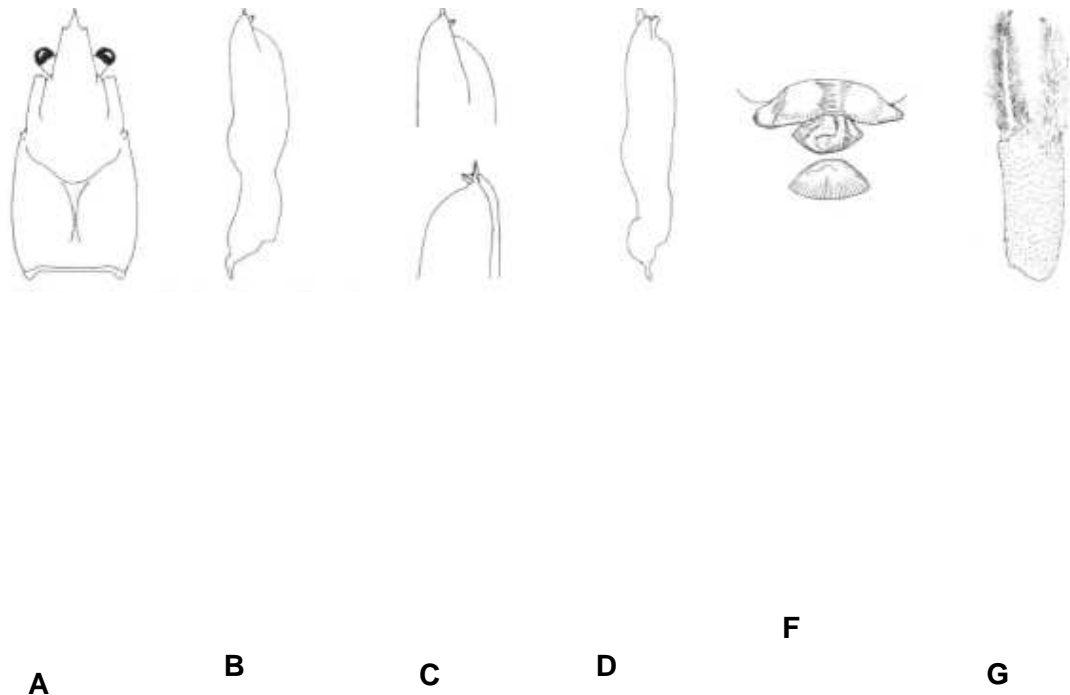


Fig. 2. *Procambarus (Austrocambarus) llamasi*. A) Vista dorsal del caparazón, B) Vista mesial del primer pleópodo del macho, C) vista lateral del pleópodo, D) Vista mesial del pleópodo, F) vista del annulus ventralis y G) vista dorsal de la quela (Modificado de Hobbs, 1974).

Procambarus (Austrocambarus) maya

Distribución: Cenote Petén, Reserva de la Biosfera *Sian Ka'an*, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México.

Diagnosís: Cuerpo pigmentado, ojos normalmente desarrollados. Rostro con espinas laterales agudas. Longitud del acumen variando entre 26.6 y 35.8% de la longitud del rostro. Caparazón con escasas puntuaciones, pequeños tubérculos con diminutas setas a lo largo de la ranura cervical. Areola variando de 12.4 a 4 veces tan larga como ancha, 30-32-2% de la longitud total del caparazón, con puntuaciones fusionadas a través de la parte más angosta. Ángulo suborbital débil, espina antenal presente. Dos espinas branquiostegales, a veces tres sobre uno de sus lados. Márgenes postorbitales rectos en la vista dorsal, ligeramente convergentes, terminando anteriormente en una aguda espina, extendiéndose más allá del margen de la órbita. Proceso mesial más largo que el resto de los elementos terminales, en forma de navaja, cóncavo mesialmente, dirigido distalmente y ligeramente cefálicamente inclinado; proyección aproximadamente triangular, dirigida

INTRODUCCIÓN

cefálicamente con dos puntas dirigidas hacia arriba; proceso cefálico reducido; base de la proyección central y el proceso cefálico fusionado, hombros cefálico formando un borde inclinado, depresión en forma de V un tanto profunda. Placa preannular del *annulus ventralis* sin depresión media longitudinal, borde anterior recto; bordes del esternito parcialmente por encima de la placa preannular; *annulus* romboidal, sinus originándose en la porción media a través del área apical, formándose una somera depresión, sinistralmente sobre la porción caudal; esclerito postannular trapezoidal, superficie apical convexa, margen cefálico bajo el *annulus ventralis* (Álvarez *et al.*, 2007; López-Mejía, 2008a; Fig. 3).

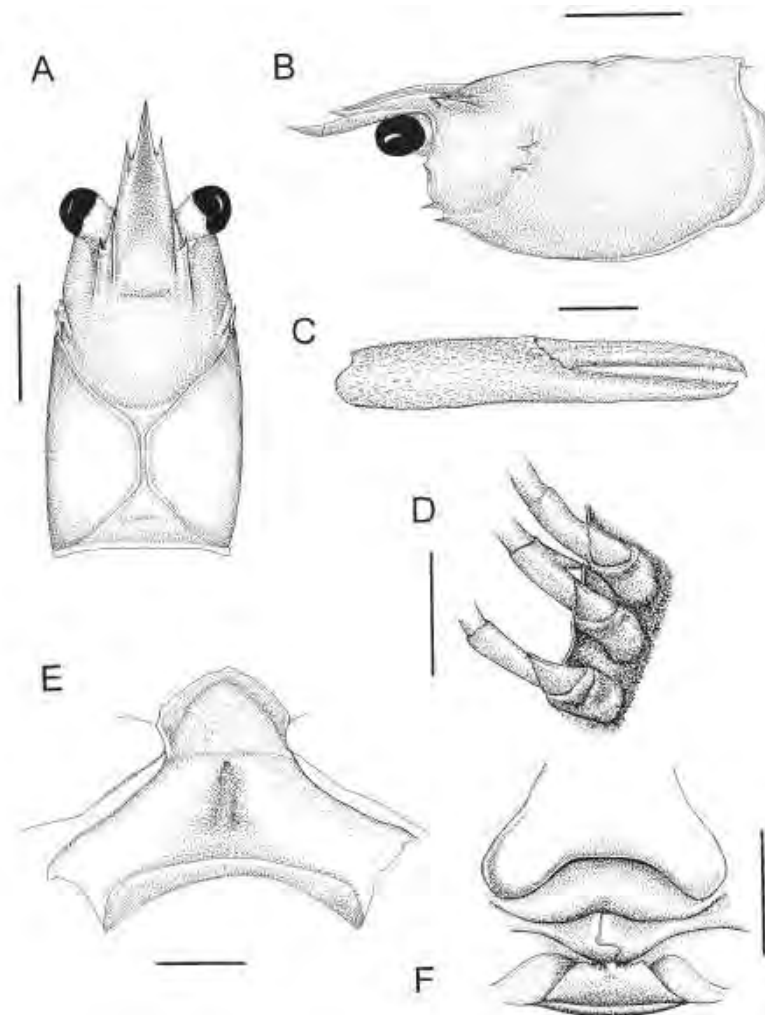


Fig. 3. *Procamburus maya*. A) vista dorsal del caparazón, B) vista lateral de caparazón, C) vista lateral de la quela, D) podómeros basales sobre el cuarto pereiópodo, E) Epistoma, F) annulus ventralis (Tomado de Álvarez *et al.*, 2007).

Procamburus (Austrocambarus) pilosimanus

Distribución: Guatemala, Belice y México (Chiapas y Quintana Roo).

INTRODUCCIÓN

Diagnosis: Talla menor con respecto a *Procambarus llamasii*. Caparazón ancho, dos espinas laterales en cada lado, poco desarrolladas; dos espinas branquiostegales. Areola estrecha. Rostro menos cóncavo que en *P. llamasii*, más amplio en su base, espinas laterales del rostro presente, muy cortas. Acumen corto, alcanzando con el ápice el tercio proximal del último artejo antenular. Pereiópodos del primer par más corto que la longitud del cuerpo: quelas totalmente pubescentes. Isquiopoditos de los pereiópodos del tercer par del macho con ganchos. Primer par de pleópodos del macho forma I con hombro impreciso; proyección central de contorno cuadrangular. Annulus ventralis con el surco restringido a la región apical (Villalobos, 1954; Villalobos, 1955; Hobbs, 1972b; Hobbs, 1974; Villalobos, 1983; López-Mejía, 2008^a; Fig. 4).

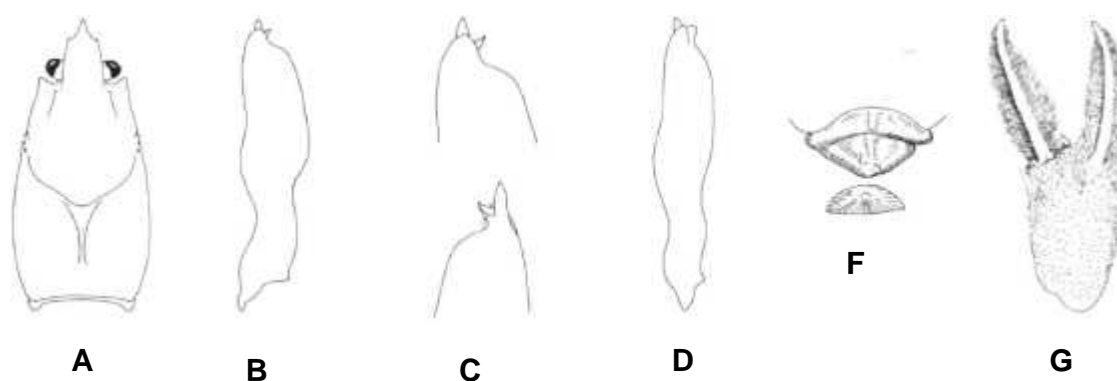


Fig. 4. *Procambarus (Austrocambarus) pilosimanus*. A) Vista dorsal del caparazón, B) Vista mesial del primer pleópodo del macho, C) vista lateral del pleópodo, D) Vista mesial del pleópodo, F) vista del *annulus ventralis* y G) vista Dorsal de la quela (tomado y modificado de Hobbs, 1974)

Los primero trabajos sobre cambáridos se basaron en la morfología de los machos (presencia/ausencia de los ganchos en el tercer par de pereiópodos, características del cefalotórax, estructura del primer par transformado del pleópodo y forma de la quela). Sin embargo, deben considerarse los avances dentro de la taxonomía donde se utilizan nuevos métodos de identificación para encontrar diferencias entre especies como la microscopía electrónica, los estudios moleculares basados en el DNA y RNA, así como la utilización de nuevos caracteres morfológicos que resuelvan la identidad y relaciones filogenéticas de los grupos (López-Mejía, 2006; Rodríguez y Muñiz, 2008; López-Mejía, 2010; López-Mejía *et al.*, 2012). Usar estas herramientas no sólo nos ayuda en la conservación, sino también pueden contribuir de manera fundamental al

INTRODUCCIÓN

entendimiento de la historia evolutiva, la demografía y la ecología de las especies en peligro. López-Mejía, 2008c; Piñero *et al.*, 2008; Godoy, 2009), como es el caso de los acociles de México y, particularmente el subgénero *Austrocambarus*. Estudios previos habían reportado para la península de Yucatán solamente la presencia de *Procambarus (Austrocambarus) pilosimanus* y *Procambarus (A.) llamasi*, ésta última como especie dominante con un amplio rango de distribución en la región (Rodríguez, 1999; Rodríguez-Serna *et al.*, 2002; Torres y Botello, 2008); sin embargo, nuevos hallazgos de diferentes morfos han motivado una nueva revisión de los registros ya existentes con un enfoque integrado de las herramientas antes mencionadas (López-Mejía, 2006; López-Mejía, 2008b). Así, el presente estudio contribuirá a determinar la conformación de especies de acociles de la región sur de la península de Yucatán y su patrón actual de distribución.

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

En su tesis doctoral Villalobos, en 1955, reportó por primera vez la presencia de *Procambarus (Austrocambarus) llamasii* en Santa Rita, Campeche y *Procambarus (Austrocambarus) pilosimanus* en Honduras, Belice y en el Río Hondo en Quintana Roo, México. Por su parte, Álvarez *et al.* (1996) realizaron un listado de los crustáceos en México, registrando la presencia de una especie de la familia Cambaridea en Quintana Roo, Yucatán y Campeche. Asimismo, se reportó la distribución de *P. (A.) llamasii* en la península de Yucatán desde el noreste del estado de Campeche hasta el centro y sur del estado de Quintana Roo (Rodríguez-Serna *et al.*, 2002; Rodríguez-Serna y Carmona, 2004).

El primer estudio genético de esta especie en la península de Yucatán fue realizado por Barriga *et al.* (2006), dicho estudio tuvo como objetivo determinar la variación inter-específica de dos poblaciones de la Laguna Chichancanab, utilizando secuencias parciales de los genes mitocondriales citocromo oxidasa I (363 pb) y ribosomal 16s (r765, 538 pb). Llegando a la conclusión de que existe una heterogeneidad genética matricial, es decir, que son dos poblaciones totalmente diferentes. Existen otros registros de distribución de *P. (A.) llamasii* en la laguna Chinchancanab, en las inmediaciones del estero de Sabancuy y un río ubicado en la localidad de Blanca Flor en Quintana Roo (Barriga *et al.*, 2006; Nichte *et al.*, 2008).

Álvarez *et al.* (2007) reportaron una nueva especie denominada *Procambarus (Austrocambarus) maya*, la cual se distribuye en el Cenote Petén, Reserva de la Biosfera *Sian Ka'an*, Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo. Esta especie es la tercera reportada para el subgénero *Austrocambarus* en la península de Yucatán

Álvarez *et al.* (2008) determinaron la colonización y diferenciación de *P. (A.) llamasii* a partir de análisis de secuencias parciales de los genes mitocondriales 16S rRNA y citocromo oxidasa I (COI), concluyendo que no hay tanta variación genética. Para describir la variación genética en diferentes poblaciones de *P. (A.) llamasii* y su relación geográfica, Torres y Botello, 2008 realizaron un análisis filogeográfico utilizando el gen mitocondrial COI. Se amplificó una región del gen COI mediante PCR con los promotores LCO 1490 y HCO 2198, concluyendo que el centro de expansión fue el sur de la península de Yucatán. Armandiz y Álvarez en el 2010, dividieron en cuadrantes la república mexicana de un grado de longitud por un grado de latitud y mapearon

ANTECEDENTES

todos los registros disponibles, siguiendo el método de Crips, teniendo como resultado la distribución de *P. llamas* únicamente en la península de Yucatán. Barriga *et al.* (2010) investigaron a nivel molecular las poblaciones de *Procambarus* sp. de la laguna Chichancanab, Q. Roo y *P. llamas* de Ignacio Zaragoza, Camp. para determinar si eran unidades genéticas independientes, confirmando la monofilia de las dos poblaciones sureñas.

En un estudio reciente, Simões *et al.* (2010) realizaron un listado de las especies de crustáceos presentes en el estado de Yucatán, reportando entre sus registros a *Procambarus* (A.) *llamas* y *Procambarus* (A.) *pilosimanus* en el norte de la península.

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer la diversidad y relación filogenética que guardan los acociles de la península de Yucatán, dado que son pocos los trabajos realizados en particular con estos crustáceos y no ha sido resuelta su diversificación. Se ha carecido de estudios sobre la biología, ecología, sistemática y biogeografía y está muy enfocada a su potencial acuícola o pesquero. Si bien es importante determinar su papel ecológico en cada uno de sus hábitats con miras a una gestión integral de sus ecosistemas (Gutiérrez, 2008), se requiere, primeramente, estudiar la sistemática de los cambáridos de México en términos de descripciones de nuevas especies, de nuevas formas o razas fisiológicas o de poblaciones distintas, que amplían los intervalos de distribución de especies y determinan su conformación. Para ello, debe conocerse, además de la biología y ecología de las poblaciones de acociles en cada ecosistema tipo que ocupen, su historia evolutiva conjuntamente con otros elementos que integran su ambiente (López-Mejía, 2006).

Las especies de crustáceos que han colonizado la península de Yucatán han estado sometidas a fuertes presiones de selección en un ambiente que ha sufrido cambios dramáticos desde el punto de vista hidrológico, con el consecuente impacto sobre las poblaciones y eventuales procesos de especiación. Las poblaciones del subgénero *Austrocambarus* muestran evidencia de una amplia variación morfológica que ha dificultado la correcta identificación de especies. Debido a la complejidad del grupo y a los recientes hallazgos, es necesario hacer una revisión exhaustiva de sus poblaciones y su relación con el hábitat, para determinar su conformación actual en la península de Yucatán y su posible patrón de diversificación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es la conformación de especies del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) en la región sur de la península de Yucatán?
- ¿Las relaciones filogenéticas y los tipos de hábitat permiten determinar un patrón de distribución de las especies del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) en el sur de la península?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la conformación de especies del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) Hobbs, 1972, en la región sur de la península de Yucatán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar la revisión taxonómica y determinación de especies del subgénero
- Realizar el análisis filogenético de las poblaciones con base en caracteres morfológicos.
- Determinar los tipos de hábitat del subgénero en la región de estudio.
- Determinar el patrón de distribución de las poblaciones del subgénero en la región sur de estudio.

ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO

La península de Yucatán se ubica en la porción sureste de la República Mexicana y está comprendida entre las coordenadas geográficas 17° 49' 00" y 21° 36' 00" latitud norte y 86° 45' 00" y 91° 20' 00" de longitud oeste; abarca una superficie de 141,523 km² conformada por la totalidad de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán; limita al norte y al oeste con el Golfo de México, al sur con la República de Guatemala y Belice, al suroeste con el estado de Tabasco y al este con el Mar Caribe. En total, consta de 125 municipios, 11 de los cuales pertenecen al estado de Campeche, ocho a Quintana Roo y 106 a Yucatán (Anónimo, 2002; Kauffer y Villanueva, 2011). Es una plataforma de carbonato parcialmente emergida con una extensa parte continental, la cual adquiere su forma actual al final de Plioceno y Cuaternario, en la que predominantemente se han depositado calizas litorales y neríticas (Pacheco y Vega, 2008). Muestra dos unidades morfológicas principales: la primera está ubicada al norte (Cuaternario) y en ella predomina las planicies y las rocas sedimentarias neogénicas; en el sur (Mioceno al Cuaternario), las planicies alternan con lomeríos de hasta 400 m.s.n.m en rocas sedimentarias oligocénicas (Lugo *et al.*, 1992). La plataforma de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas presenta un grosor de incluso 3,500 m, descansando sobre el basamento paleozoico. Encima de ésta se inicia la columna de rocas jurásicas, reconocidas en el subsuelo profundo de la porción centroseptentrional de Belice. El Cretácico forma parte de toda la plataforma, en especial con la formación llamada evaporita Yucatán. Existen pocos cuerpos de agua en la península debido a que el agua, para volver al mar, rompe brecha en el subsuelo formando cavidades y aguadas interiores, lo que ha dado lugar, por un lado, a una ausencia de depósitos de agua superficial, existiendo tan sólo 12 lagos en la zona y, por el otro, esta peculiaridad se relaciona con la formación de un enorme sistema de formas cársticas que incluye cenotes, poljes y sistemas de cuevas de proporciones considerables. Administrativamente, la cuenca está dividida en cuatro regiones hidrológicas: 1) cuenca criptorreica del norte de la península (subterráneo); 2) cuenca del río Hondo (fluvial); 3), río Candelaria y 4) Champotón (Kauffer y Villanueva, 2011). En el siguiente mapa se visualizan los sitios de muestro (Fig. 5):

ÁREA DE ESTUDIO

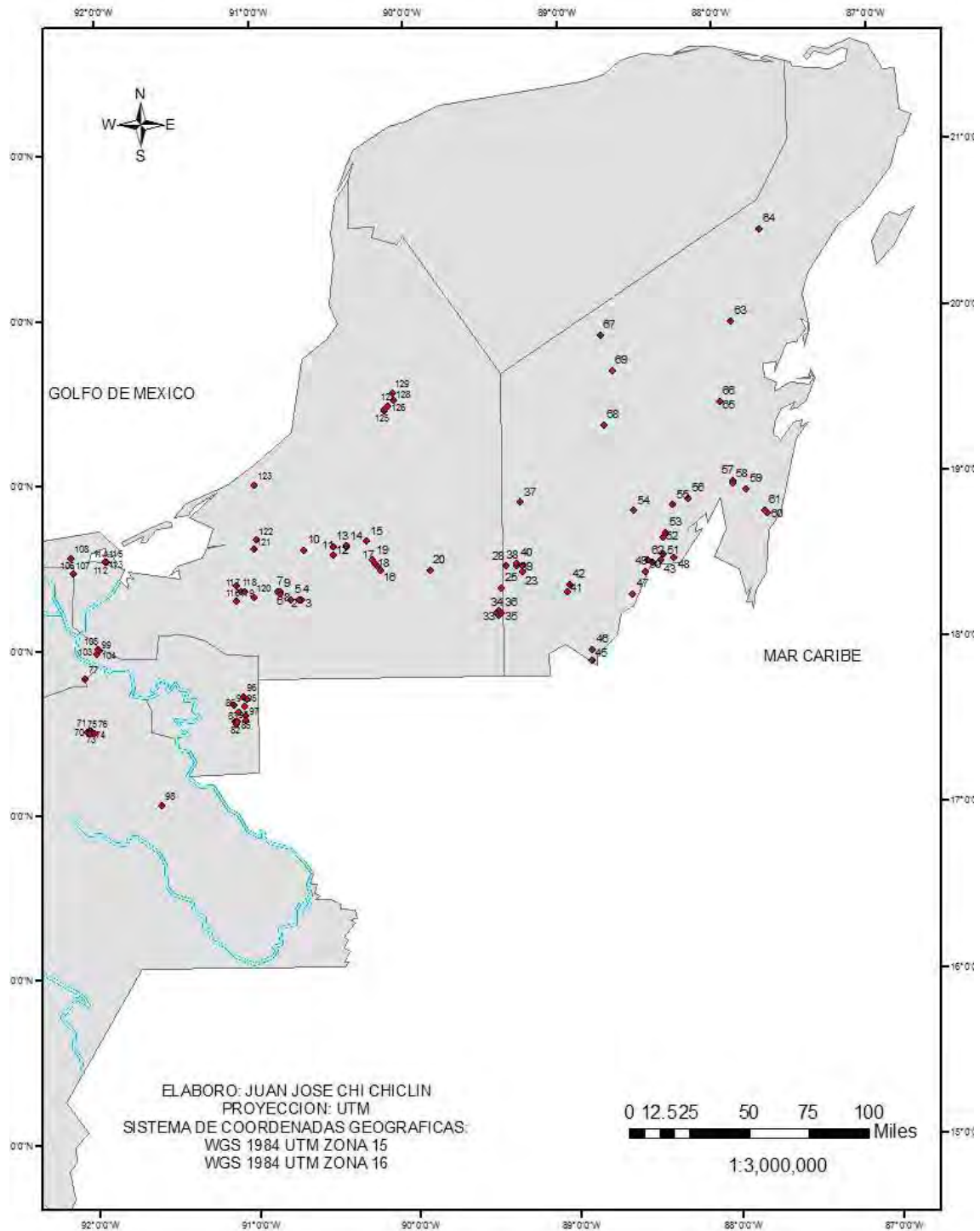


Fig. 5. Sitios de muestreos realizados en la península de Yucatan

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL Y MÉTODOS

En el marco del proyecto “Sistemática molecular de los cambarinos de la península de Yucatán”, se capturó un total de 173 acociles manualmente y mediante trampas cebadas con pedazos de pescado o pollo, las cuales se dejaron durante una noche en los sitios que así lo permitían, como lagunas y cenotes; asimismo, se empleó una red de cuchara principalmente en arroyos, ríos no muy profundos y lagunas del área de estudio, procurando el mínimo impacto.

Durante los muestreos se anotó la ubicación geográfica utilizando un GPS (Garmin) y se registraron las siguientes variables ambientales: pH, oxígeno disuelto, temperatura y salinidad con un oxímetro (YSI-85). Las muestras fueron preservadas en alcohol al 100% y rotuladas con los siguientes datos: nombre común, localidad (coordenadas geográficas) altitud, profundidad, tipo de ambientes (lótico o léntico), vegetación acuática predominante, fecha y hora de recolecta, nombre de colectores, número de recolecta, método de recolecta, coloración en vivo y observaciones generales. Todas las muestras se encuentran en el Laboratorio de Biología Evolutiva y Genética de Poblaciones de la Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica Cozumel.

Revisión taxonómica

Se registró el número de individuos que fueron colectados y llevados al laboratorio para su revisión taxonómica y para la conformación del listado de caracteres morfológicos, con base en la morfología básica de estos organismos. Los organismos se identificaron hasta nivel específico con ayuda de las claves taxonómicas propuestas por López-Mejía (2008a) para los cambáridos.

Análisis morfométrico

Se realizaron las siguientes mediciones morfométricas: longitud total, longitud cefalotórax, longitud postorbital, longitud y ancho del rostro, longitud y ancho de la areola, longitud y ancho de la palma, longitud del dactilo, propodio, carpus, merus e isquio (Fig. 6), longitud y ancho de la escama antenal, longitud, ancho y alto del abdomen.

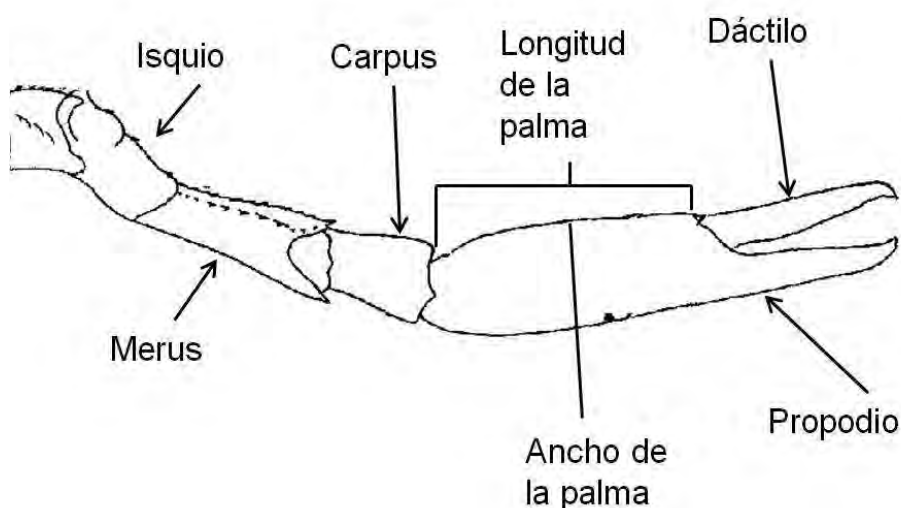


Fig. 6. Partes del primer par de pereiópodos que se midieron (Modificado de Hobbs, 1972).

Para determinar las diferencias morfológicas, se determinaron las siguientes proporciones biométricas: longitud/ancho de la areola, longitud de la areola/longitud de la postorbital, longitud/ancho de la palma, longitud del dactilo/longitud del propodio, longitud del pereiópodo derecho/longitud del pereiópodo izquierdo, longitud del pereiópodo derecho/longitud del cefalotórax, longitud del merus/longitud del carpus, longitud de la escama antenal/ancho de la escama antenal y longitud del rostro/ancho del rostro. Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Plus 5.0 para realizar pruebas de "t" de Student entre las proporciones biométricas de hembras y machos y también análisis de ANOVA comparando las poblaciones en sus proporciones biométricas.

Determinación de tipos de hábitat

Se realizaron análisis de agrupaciones de las variables ambientales considerando, primero, una visión holística, es decir, toda la región sur de la península y, segundo, una visión más puntal a través de subregiones como son el sureste y el suroeste; lo anterior, utilizando el protocolo de distancia máxima, en base al principio de que los grupos se unen considerando la menor de las distancias existentes entre los miembros más lejanos de distintos grupos, relacionando los sitios que tuvieron presencia de acociles con las características ambientales. Todo esto con el objeto de visualizar los sitios conformando los diferentes hábitats posibles para las especies del subgénero *Austrocambarus* (Clarke y Warwick, 2001a). El análisis de ordenamiento se realizó de forma multidimensional, no métrica (MDS), a partir de las matrices de similitud,

MATERIAL Y MÉTODOS

permitiendo generar gráficas bidimensionales (Field *et al.*, 1982). Todos los análisis se realizaron con el programa de análisis ecológico Primer 6.0 (Clarke y Warwick, 2001b).

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Se realizaron mapas utilizando el Argis versión 10 para mostrar la distribución del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*), utilizando el Grids geodésico UTM, proyección GRS80 y el Datum WGS84 de las zonas 15 y 16.

Análisis filogenético

Se examinaron los rasgos morfológicos distintivos de los especímenes. Los caracteres que se consideraron son los procesos terminales del gonópodo de los machos de la forma I, el *annulus ventralis* de la hembra y los ganchos en el isquiopodio de los pereiópodos, así como otros caracteres que conformaron el listado (Tabla 1), derivado de la revisión morfológica. Como grupo externo se utilizó a *Procambarus* (*Procambarus*) *digueti*, debido a que es considerada la especie mexicana más evolutivamente distante (López-Mejía, 2006). El análisis de parsimonia se efectuó utilizando el programa PAUP version 4.0 beta, se realizó la búsqueda heurística con adición al azar de taxa y la tree-bisection-reconnection (consiste en dividir el árbol en dos subárboles dividiendo una rama entre dos nodos. Los dos subárboles son entonces conectados eligiendo una rama de cada uno. Se comprueban todas las posibles divisiones y conexiones) como algoritmo de permutación de ramas. Así también se utilizó el método de neighbor-joining, el cual se basa en el diseño de una estrella en que cada punta corresponde a cada secuencia; selecciona las parejas al azar, las une y recalcula la longitud de las ramas y repite el proceso para todas las combinaciones, detecta la pareja que produce ramas más cortas (más cercana) y la fija, construyendo otra estrella y continuará hasta que sólo quede un extremo. Todos los caracteres fueron tratados como desordenados e igualmente pesados. El soporte en los clados resultantes fueron valorados utilizando el procedimiento de bootstrap; éste se utiliza para aproximar la distribución en el muestreo de un estadístico. Se usa frecuentemente para aproximar el sesgo o la varianza de un análisis estadístico, así como para construir intervalos de confianza o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 1. Listado de caracteres utilizado para construir la matriz de datos con que se realizó el análisis filogenético (basado en López-Mejía, 2006).

Caracteres morfológicos	Código	
1 Simetría del gonópodo del macho	0-Asimétrico	1-Simétrico
2 Forma del gonópodo	0-Recto	1-Sinuoso
3 Longitud gonópodo del macho	0-Alcanzando coxa del tercer pereiópodo	1-Alcanzando coxa del segundo pereiópodo
	2-Alcanzando coxa del cuarto par de pereiópodos	
4 Presencia proceso cefálico	0-Presenta reducido	1-Ausente
5 Posición del proceso cefálico	0-Central	1-Caudal
	2-Distal	3-mesial
	4-Caudocentral	5-Cefálico
6 Hombro en la superficie cefálica	0-Reducido	1-Prominente
7 Longitud del proceso mesial	0-No sobrepasando los otros procesos	1-Sobrepasando < 2/3
	2-Sobrepasando >2/3	
8 Forma del proceso mesial	0-Espiniforme	1-Cónico plano/robusto
	2-Espiniforme (punta plana)	
9 Proceso mesial	0-Recto	1-Sinuoso
	2-Ligeremente curvo	
10 Posición proceso mesial	0-Distal	1-Caudal
	2-Mesial	3-Caudocentral
	4-Caudodistal	
11 Origen del proceso cefálico	0-Mesial	1-Base de los procesos mesial y central
	2-Base de la proyección central	
12 Forma de la proyección central	0-Tubular	1-Triangular
	2-Cónica	3-Placa
	4-Trapezoidal	5-Rectangular
13 Proyección central dividida o no	0-No dividida	1-Dividida en dos procesos
14 Posición de la proyección central	0-Cefálica	1-Central
	2-Caudal	3-Caudocentral
	4-Caudocefálica	5-Mesial

MATERIAL Y MÉTODOS

	6-Lateral	7-Cefalodistal
15 Forma proceso cefálico	0-Espatulado	1-Tubecular
	2-Placa	3-Cónico
	4-Espiniforme	5-Triangular
16 Annulus ventralis-origen del sinus	0-Centroapical	1-Central
	2-Subapical	3-Cefaloapical
	4-Cefalomedio	
17 Annulus ventralis-forma del sinus	0-Recto	1-Sinuoso
	2-Variable entre 0 y 1	3-Curvo
18 Esternito entre los quintos pereiópodos de la hembra separado o no del annulus	0-Cerca del annulus	1-Separado del annulus
19 Gancho sobre isquio del pereiópodo	0-Sobre 3 y 4 pereiópodo	1-Sobre 4 y 3 vestigial
	2-Sólo sobre el cuarto	3-Sólo sobre el tercero
20 Quelas	0-No pubescentes	1-Parcialmente pubescentes
	2-Totalmente pubescentes	3-Solamente la quela presenta pubescencia
21 No. Espinas branquiostegales	0-No hay espinas	1-Una
	2-Dos	3-Tres a cuatro
22 No. Espinas laterales	0-Sin espinas	1-Una
	2-Dos	
23 Ancho de la areola	0-Obliterada	1-De 0.1 a 0.2 mm
	2-De 0.3 a 0.4 mm	3-De 0.4 a 0.5 mm
	4-De 0.6 a 0.8 mm	5-De 0.9 a 1.0 mm
	6-De 1.0 a 1.2 mm	

RESULTADOS

RESULTADOS

Un total de 173 animales fueron colectados en 22 de los 137 sitios de recolecta. Todos los acociles fueron preservados en alcohol y llevados al laboratorio para ser identificados a nivel de subgénero y especie. El análisis morfológico demostró lo siguiente:

- **Prueba de T de student**

En la prueba de t de Student la mayoría de las proporciones son estadísticamente similares al 95% entre hembras y machos.

En la figura 16 se observa la relación de la proporción entre el pereriópodo derecho y la longitud total (Lpd/Ltcl) donde la Zona Citrícola Campeche tuvo una diferencia significativa entre machos y hembras, siendo $t = -2.21816$ y $P = 0.0298382$.

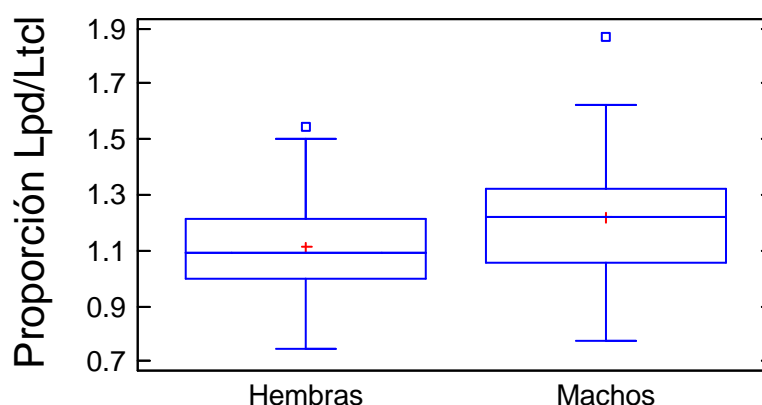


Fig. 16. Prueba de t de Student de la proporción Lpd/Ltcl.

En la figura 17 se aprecia la relación de la proporción entre el largo y ancho de la palma (Lpalma/APalma) de la Zona Citrícola Campeche con una diferencia significativa entre machos y hembras, siendo $t = -2.96221$ y $P = 0.00416949$.

RESULTADOS

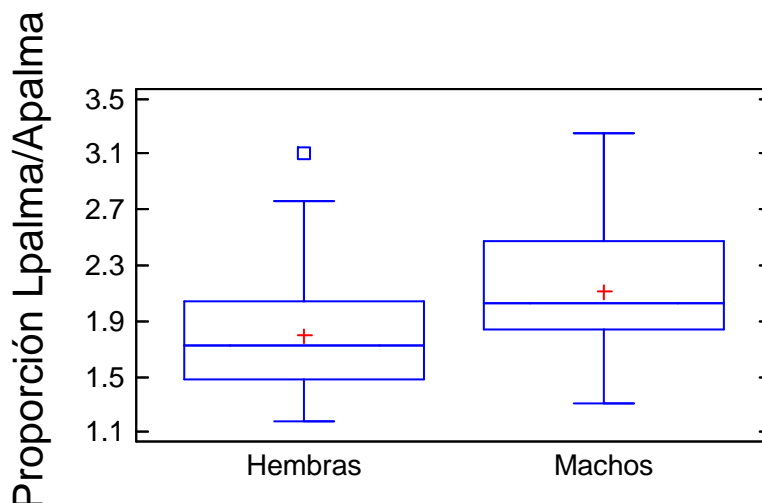


Fig. 17. Prueba de t de student de la proporción Lpalma/Apalma.

Método de grupo promedio y cuadrado euclideano

Con base en el método de agrupamiento con grupo promedio y cuadrado euclidiano, se encontraron los siguientes grupos:

- El grupo 1 conformado por los sitios 1 (Zona citrícola, Camp), 2 (Tenosique, Tab), 18 (Pochote Tab), 19 (San Marcos, Tab), 22 (Cueva Flor, Poza 2 Camp), 4 (Rancho Guadalupe Chiapas), 17 (Don Samuel, Camp), 21 (Cueva Flor, Poza 1 Camp), 20 (Cueva El Cedral, Camp) y 10 (Frontera Belice - Q. Roo; Fig. 18).
- El grupo 2 conformado por los sitios 11 (La Unión, Q. Roo), 13 (Cueva Flor, Est. 36, Camp), 9 (Manuel Castilla Camp), 7 (Cueva Xbalba Camp) y 8 (Don Samuel Est. 7, Camp.; Fig. 18).
- El Grupo 3 está integrado por los sitios 14 (Cuauhtemoc Cardenas Est. 2, Chiapas) y 5 (Santa Rita, Camp., localidad tipo de *Procamburus llamasi*; Fig. 18).
- El Grupo 4 lo constituyen los sitios 3 (Mahahual) y 6 (Justicia Social; Fig. 18).
- El grupo 5 lo integra el sitio 12 (Pablo Torres), el 15 (Cuauhtemoc C. Est. 17) y el 16 (Cueva Flor Est. 35; Fig. 18).

RESULTADOS

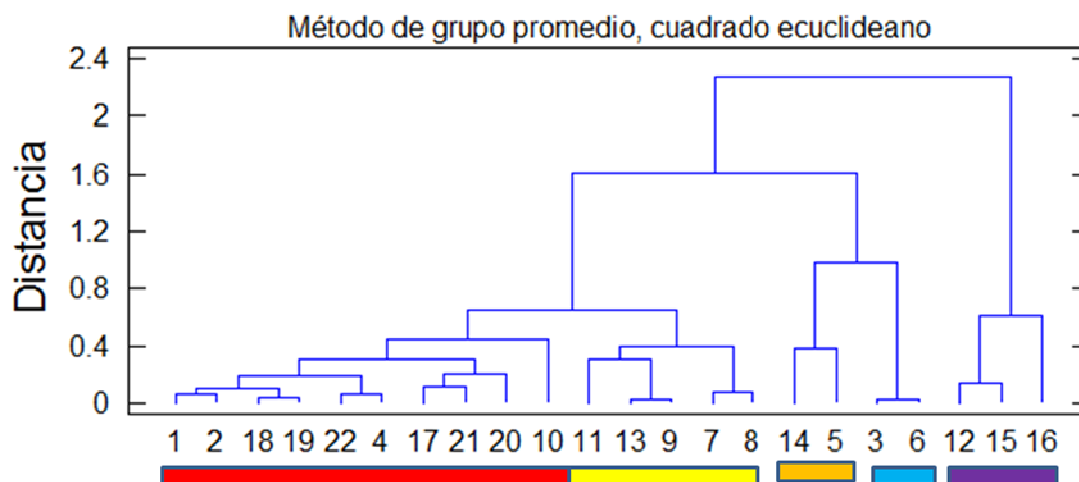


Fig.18. Agrupamiento de los sitios de acuerdo a las variables ambientales (Rojo: Grupo 1, Amarillo: Grupo 2, Naranja: Grupo 3, Azul: Grupo 4, Violeta: Grupo 5).

Con el análisis de la prueba de Fisher de rangos múltiples de la proporción longitud de la areola/ancho de la areola, se determinó que hay diferencias significativas entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=6.90894$ $P<0.05$), en la tabla del Anexo 1 se muestra qué poblaciones son diferentes entre sí. En la figura 7 se observa que los sitios Zona Citrícola de Campeche, Tenosique, Frontera Belice y Cueva Flor son los que presentan un bajo promedio de la proporción con respecto a los demás sitios en comparación con los sitios Justicia Social, Manuel Castilla y San Marcos teniendo un alto promedio de la proporción.

RESULTADOS

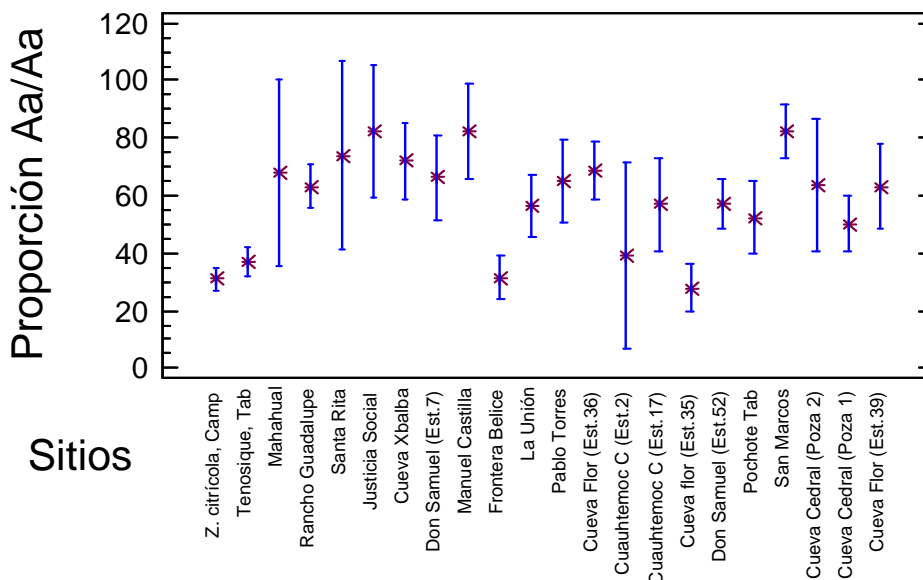


Fig. 7. Comparación de los promedios de la relación longitud de la areola/ancho de la Areola.

Respecto a la proporción longitud areola/longitud de la postorbital se determinó que hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F= 4.28572 P<0.05$) entre la Zona Citrícola, Mahahual y La Unión (Anexo 2). En la figura 8 se visualizan los sitios que presentaron valores altos en el promedio de la proporción, es decir, Zona Citrícola de Campeche, Tenosique, Frontera Belice y Cueva La Flor.

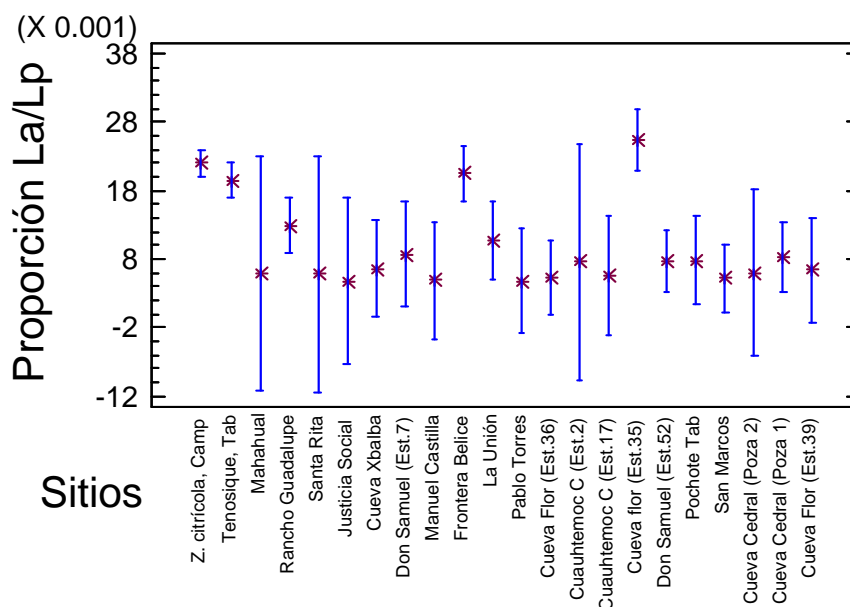


Fig.8. Comparación de los promedios de la relación longitud de la areola/ongitud postorbital.

RESULTADOS

Para la proporción longitud de carpus/longitud de merus se determinó que hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=1.77283$ $P<0.05$), particularmente la cueva El Cedral (Anexo 3). En la figura 9 se muestra que los sitios La Unión, Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2) y Cueva La Flor (Poza 2) son los que presentan un alto promedio de la proporción.

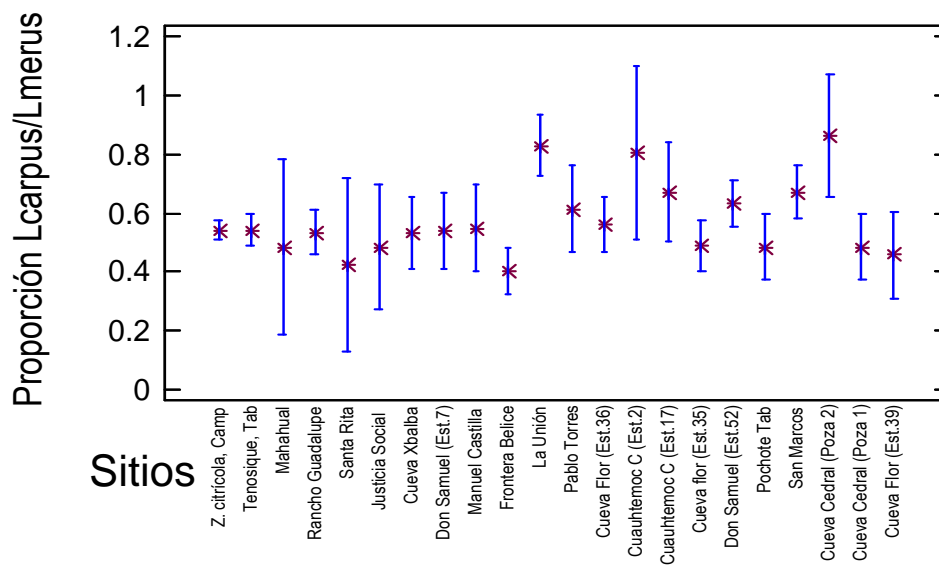


Fig.9. Comparación de los promedios de la relación longitud del carpus/longitud del merus.

Se determinó que en la longitud de la escama antenal/ancho de la escama antenal hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=3.1017$ $P<0.05$), en la tabla del anexo 4 se muestran la Zona Citrícola, Mahahual y La Unión y en la figura 10 se observa que el sitio Pablo Torres presenta un alto promedio de la proporción.

RESULTADOS

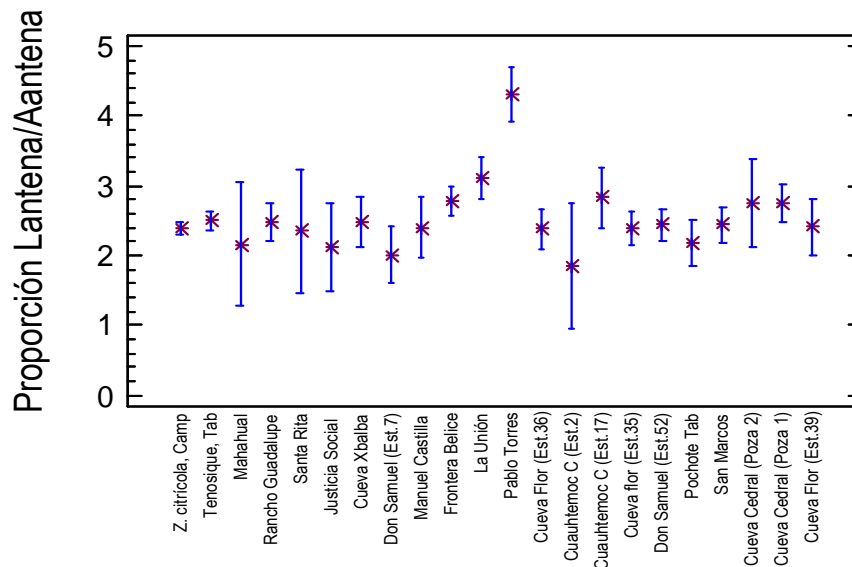


Fig. 10. Comparación de los promedios de la relación longitud de la escama antenal /ancho de la escama antenal.

Se observó que en la proporción de la longitud de la palma/ancho de la palma hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=6.85372$ $P<0.05$) entre la Zona Citrícola, Mahahual, Rancho el Guadalupe, Cueva Xbalba, La Unión (Anexo 5). En la figura 11 se observa que los sitios Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17) y Cueva Flor (Est. 35) presentan un bajo promedio en la proporción con respecto a los demás sitios, en comparación con Mahahual, Santa Rita y Justicia Social, con un alto promedio de la proporción.

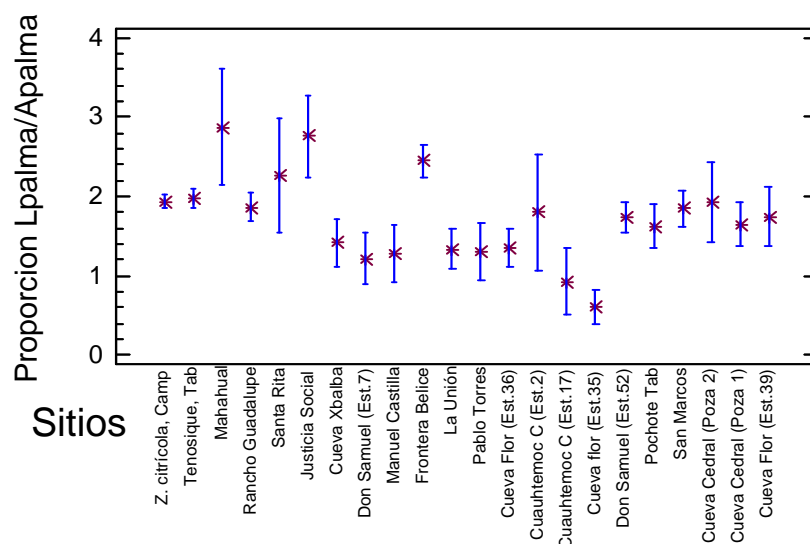


Fig. 11. Comparación de los promedios de la relación longitud de la palma/ancho de la palma.

RESULTADOS

Para la proporción longitud del pereiópodo derecho/longitud del pereiópodo izquierdo se determinó que hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=0.65702$ $P<0.05$) entre la Zona Citrícola, Mahahual, Rancho el Guadalupe, Cueva Xbalba y La Unión (Anexo 6). En la figura 12 se observa que los sitios Rancho Guadalupe y San Marcos presentan un alto promedio en la proporción, con respecto a los demás sitios.

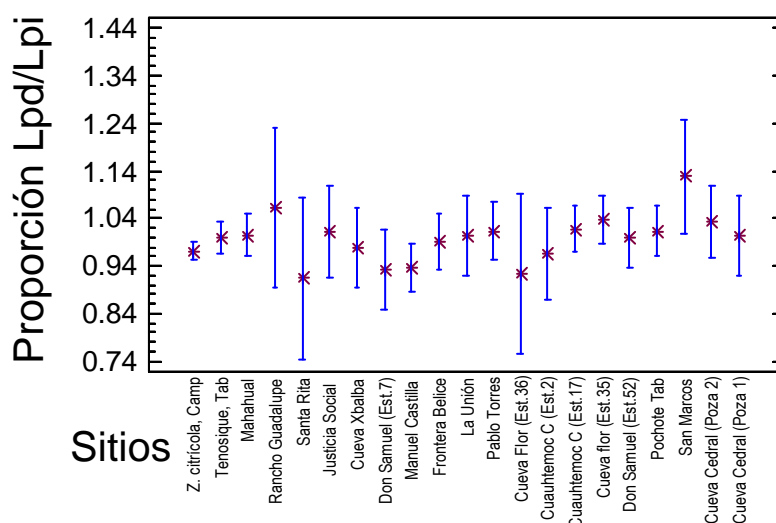


Fig. 12. Comparación de los promedios de la relación longitud de pereiópodo derecho/longitud del pereiópodo izquierdo.

Con el análisis de la prueba de Fisher de rangos múltiples también se determinó que en la proporción de longitud del pereiópodo derecho/longitud del cefalotórax hay una diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=3.31579$ $P=0.05$) entre Zona Citrícola, Mahahual y La Unión (Anexo 7). En la figura 13 se muestra qué poblaciones son diferentes entre sí; asimismo, se observa que los sitios Manuel Castilla, Cueva La Flor (Est.36) y Don Samuel (Est.52) son los que presentan un bajo promedio en la proporción con respecto a los demás sitios, en comparación con el sitio Santa Rita teniendo un alto promedio en la proporción de la proporción.

RESULTADOS

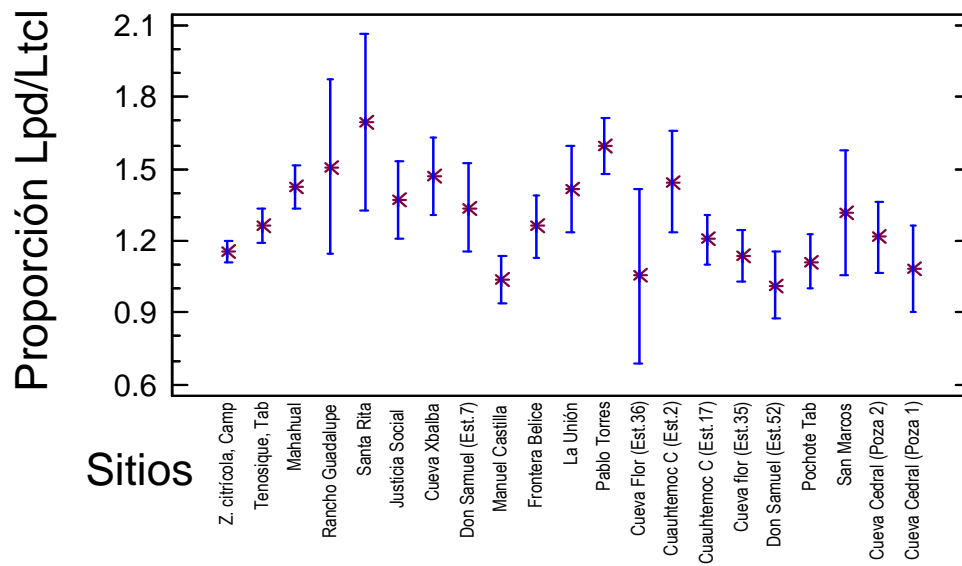


Fig. 13. Comparación de los promedios de la relación longitud del pereiópodo derecho/longitud del cefalotórax.

Con respecto a la proporción longitud del dactilo/longitud del propodio se determinó que hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F=2.7072$ $P<0.05$) entre la Zona Citrícola, Mahahual y La Unión (Anexo 8). En la fig. 14 se observa que los sitios que presentan la mayor proporción fueron Santa Rita, Pablo Torres y Cuahtémoc Cárdenas (Est.2).

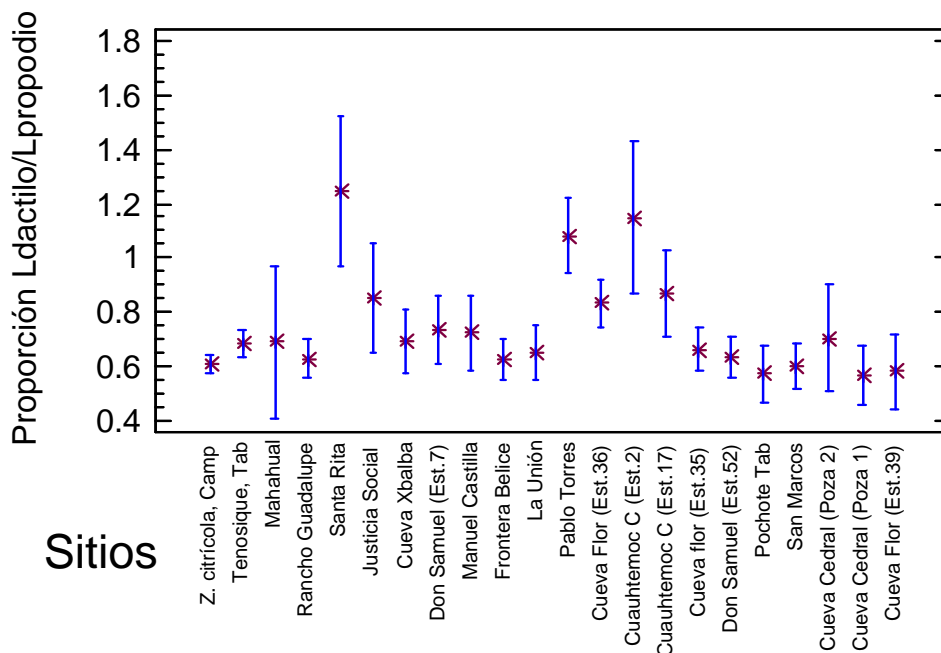


Fig. 14. Comparación de los promedios de la relación longitud del dactilo/longitud del propodio.

RESULTADOS

Finalmente, se determinó que para la proporción longitud y ancho del rostro hay diferencia entre las poblaciones al 95% de confianza ($F= 2.6081 P=0$), entre la Zona Citrícola, Mahahual y La Unión. En la figura 15 se observa que el sitio de Cuautémoc Cárdenas (Est.17) presenta una menor talla de proporción con respecto a los demás sitios, en comparación con el sitio Mahahual, Santa Rita y Justicia Social teniendo una mayor proporción.

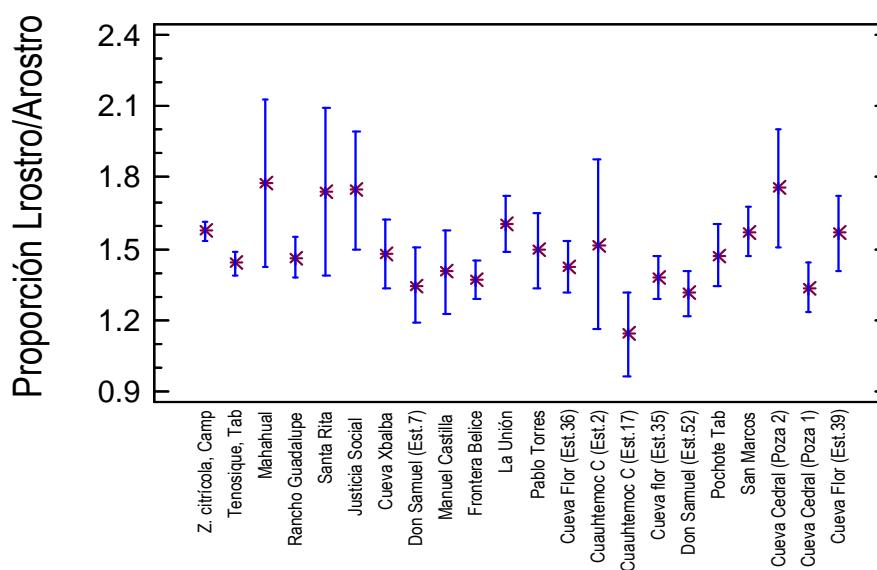


Fig. 15. Comparación de los promedios de la relación Lrostro/Arostro.

Análisis de componentes principales de las proporciones biométricas

Con el análisis de componentes principales de las proporciones biométricas (Fig. 19) se pueden observar siete poblaciones bien diferenciadas del mismo subgénero, la de *Procambarus (Austrocambarus) llamasi* (sitios 14 y 5) y el resto de las poblaciones revisadas para el sur de la península de Yucatán.

RESULTADOS

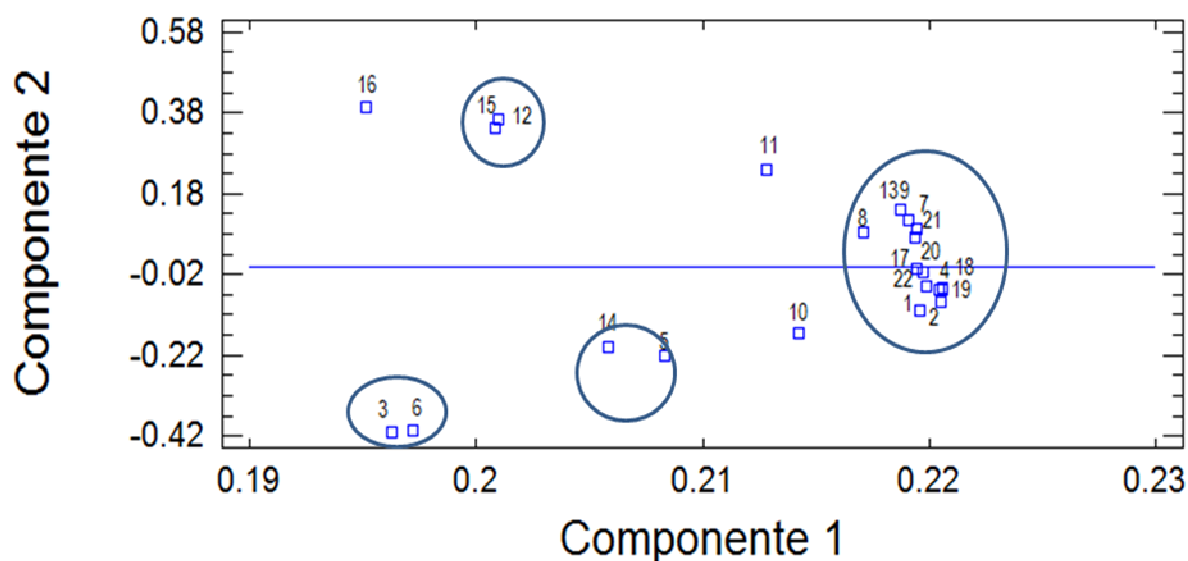


Fig. 19. Análisis de componentes principales de las proporciones biométricas.

Tipos de Hábitat

En la región suroeste, con un distancia del 78.5%, se formaron 4 grupos, representados de la siguiente manera (Fig. 20):

Grupo A: S58 (Champoton, Campeche (Kanec II)), S15 (Palenque) y S57 (Champoton, Campeche (Kanec I)).

Grupo B: S56 (Champoton, Campeche (Río cauce principal)), S11 (José Castillo Tielmans), S22 (Tenosique, Tabasco (Los Rieles de San José Pueblo)), S23 (Tenosique, Tabasco (Los Rieles de San José Pueblo antes del pueblo)), S52 (Don Samuel), S28 Tenosique, Tabasco (San Marcos Presa frente al cruce de la entrada), S38 (Juncal, Campeche), S14 (Bonanpak (El Caracol)), S53 (Candelaria, Campeche (Jagüey delante de Don Samuel)) S16 (Chancala-panjamo), S40 (Santa Rita, Campeche), S10 (José Castillo Tielmans (Río Seco)), S31 (Nuevo Chablé, Tabasco), S51 (Candelaria, Campeche Pegelagarto), S37 (Juncal, Campeche), S55 (Champotón, Campeche (Xbacab cruce con la perseverancia)), S24 (López Mateos-Tenosique, Tabasco), S49 (Candelaria, Campeche), S8 (Cauhtémoc Cárdenas, Mpio. Palenque, Chiapas), S34 (Pochote, Tabasco), S2 (Cauhtémoc Cárdenas, Mpio. Palenque, Chiapas), S45 (Santa Rita, Campeche).

RESULTADOS

Grupo C: S18 (Tenosique, Tabasco (Emiliano Zapata 2da Sección: El Carmen)), S41 (Santa Rita, Campeche), S25 (López Mateos-Tenosique, Tabasco), S27 (Rojo Gómez (Puentes antes de)), S9 (Río Catazajá), S17 (Janguely), S39 (Santa Isabel, Campeche), S36 (Pochote, Tabasco (Puerta al Cielo)), S19 (Tenosique, Tabasco (Emiliano Zapata 2da Sección: El Carmen)), S30 Camino Nuevo Chablé, S43 y S44 (Santa Rita, Campeche).

Grupo D: S42 (Santa Rita, Campeche), S20 (Tenosique, Tabasco (Emiliano Zapata 2da Sección: El Carmen)), S21 (Tenosique, Tabasco (Los Rieles de San José Pueblo)), S33 (Pochote, Tabasco camino a Balancán camino a Arrocera), S3 (Palenque), S4 (Palenque), S26 (Rojo Gómez (Puentes antes de)), S46 (Santa Rita, Campeche), S59 (San José Carpizo), S48 (Candelaria, Campeche), S50 (Candelaria, Campeche), S47 (Candelaria, Campeche), S6 (Cuahitémoc-Palenque), S13 (San Juan Chacalaito), S32 (Pochote, Tabasco camino a Balancán camino a Arrocera), S35 (Pochote, Tabasco), S29 (Tenosique, Tabasco humedal pegado al cerro), S12 (San Juan Chacalaito), S54 (Champotón, Campeche (Xbacab crucero con la Perseverancia)), S5 (Cuahitémoc-Palenque), S60 (San Pedro del Río, Campeche), S1 (Cuahitémoc Cárdenas, Mpio. Palenque, Chiapas) y S7 (Cuahitémoc Cárdenas, Mpio. Palenque, Chiapas).

Los grupo B (22) y D (23), son los que aglomeraron mayores sitios de muestreo. El grupo A es el que reunió menos sitios de muestreo (3).

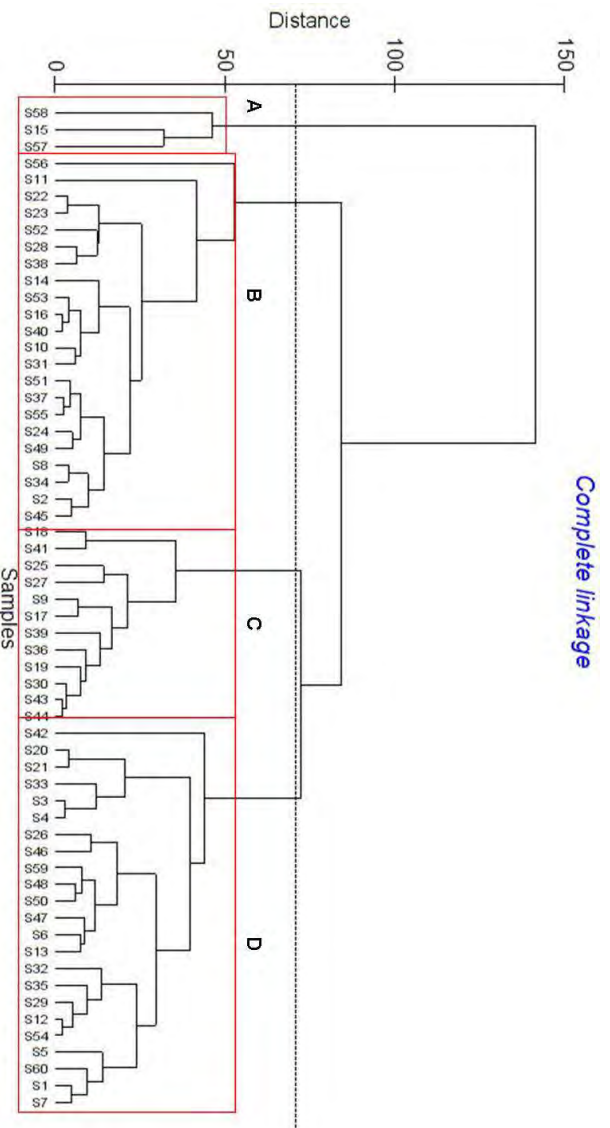


Fig. 20. Cladograma del análisis de los sitios de la región suroeste.

RESULTADOS

Con el análisis de ordenamiento por escalamiento multidimensional bidimensional (MDS), a una distancia del 17% se formó un grupo; quedando excluidos los sitios S42 (Santa Rita, Campeche), S18 (Tenosique, Tabasco (Emiliano Zapata 2da Seccion: El Carmen), S41 (Santa Rita, Campeche), S11 (José Castillo Tielmans), S56 (Champotón, Campeche (Río cauce principal), S15 (Palenque) y S58 (Champotón, Campeche (Kanec II; Fig.22). Respecto a las variables ambientales y presencia-ausencia de acociles, se observa que las variables V3 (temperatura), V4 (pH) y V6 (profundidad de la columna del agua) influyen sobre el sitio S15 (Palenque), mientras que la variable V2 (porcentaje de oxígeno disuelto) influye sobre el grupo. En contrastes con V1 (concentración de oxígeno), V5 (salinidad) y V7 (presencia-ausencia de especies) que aparentemente no determinan la formación de grupos entre los sitios (Fig. 21).

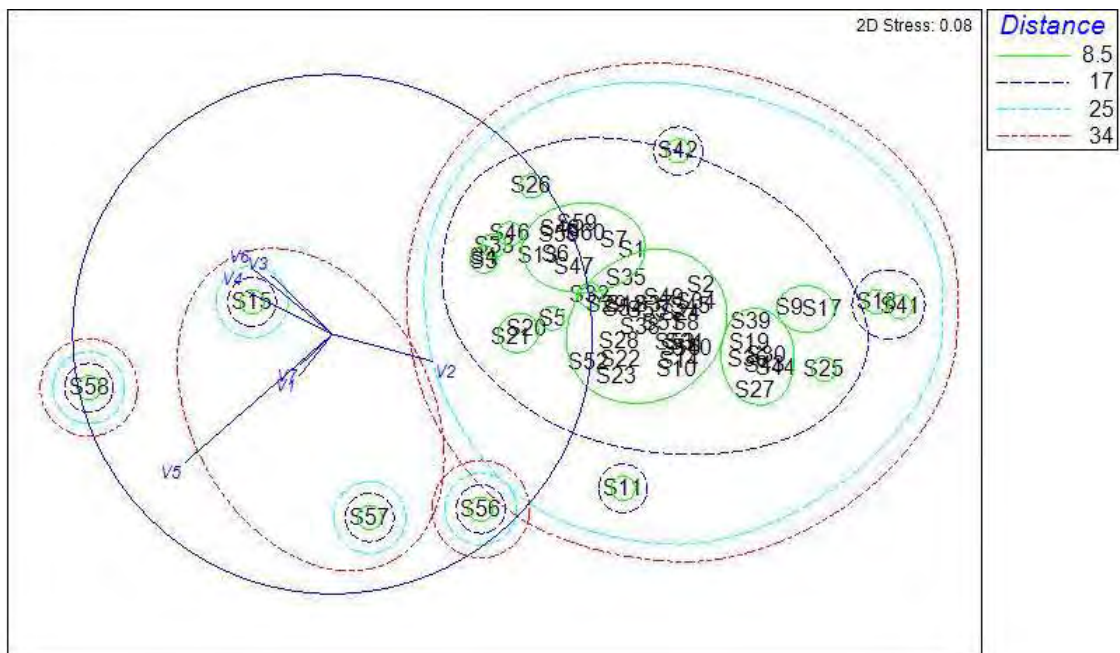


Fig. 21. Análisis de ordenamiento por escalamiento multidimensional (MDS) bidimensional de la región suroeste.

RESULTADOS

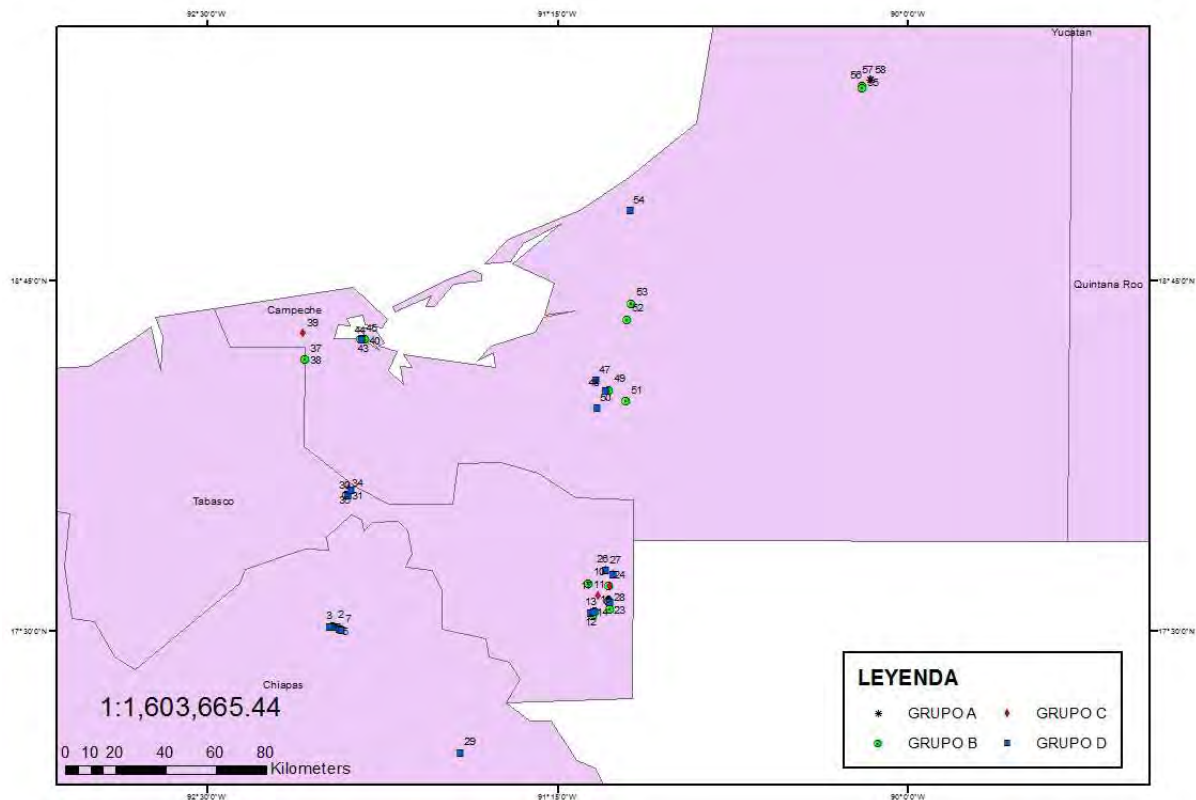


Fig. 22. Mapa de distribución de los grupos de sitios que se formaron con los cladogramas (suroeste)..

En la zona sureste con un distancia del 62.5% se formaron 5 grupos, representados de la siguiente manera (Fig. 23, 24):

Grupo A: S27 (Ejido Cristóbal Colón), S50 (Palmar), S58 (Mahahual-Cafetal), S36 (Nueva Esperanza), S30 (Ejido Cristóbal Colón), S34, S35 (Nueva Esperanza), S23 (20 de noviembre, municipio Calakmul) y S33 (Ejido Cristóbal Colón).

Grupo B: S32 (Ejido Cristóbal Colón), S48 (Chetumal), S22 (20 de noviembre. Municipio Calakmul), S26 (Ejido Cristóbal Colón), S7 (Don Samuel), S44 (Juan Sarabia), S49 (Juan Sarabia), S45 (La Unión), S60 (Mahahual), S31 (Ejido Cristóbal Colón), S8 (Don Samuel-Pablo Torres, municipio Candelaria, Campeche) y S65 (Chetumal-Carrillo Puerto)

Grupo C: S57 (Mahahual-Cafetal), S68 (Dziuche), S9 (Don Samuel-Pablo Torres, municipio Candelaria, Campeche), S29 (Ejido Cristóbal Colón), S21 (20 de noviembre, municipio. Calakmul), S27 (Ejido Cristóbal Colón) y S67 (Dziuche).

RESULTADOS

Grupo D: S14 (Justicia Social), S6 (Don Samuel), S54 (Vázquez López), S16 (Laguna Chan), S1 (Pablo Torres Burgos, mpio. Candelaria, Campeche), S46 (La Unión), S2 (Pablo Torres Burgos, mpio. Candelaria, Campeche), S61 (Mahahual-Cafetal), S19 (Laguna Maravilla-Laguna Chan), S12 (Justicia Social), S62 (Ucum), S28 (Xpijiil), S10 (Escárcega), S41 (Tres Garantías y Tomas Garrido), S3 (Don Samuel- Pablo Torres, mpio. Candelaria, Campeche), S13 (Justicia Social), S4 (Don Samuel- Pablo Torres, mpio. Candelaria, Campeche), S40 (Chetumal-Xpuijil).

Grupo E: S64 (Cobá), S47 (Álvaro Obregón), S67 (Dziuché), S51 (Xul-Ha), S53 (Bacalar), S25 (Manuel Castilla Uribe), S43 (Laguna El Milagro), S56 (Ejido Buenavista), S69 (Dos Aguadas), S15 (Silvituc), S55 (Miguel Hidalgo), S20 (Reserva de Calakmul), S59 (Mahahual-Cafetal), S11 (Libertad-Lechugal), S63 (Carrillo Puerto-Cancún), S18 (Laguna Maravilla), S42 (San José de la Montaña, Nicolás, Q. Roo), S5 (Don Samuel- Pablo Torres, municipio Candelaria, Campeche), S38 (Chetumal-Xpuijil), S39 (Chetumal-Xpuijil), S24 (20 de noviembre, mpio. Calakmul), S37 (Dos Lagunas).

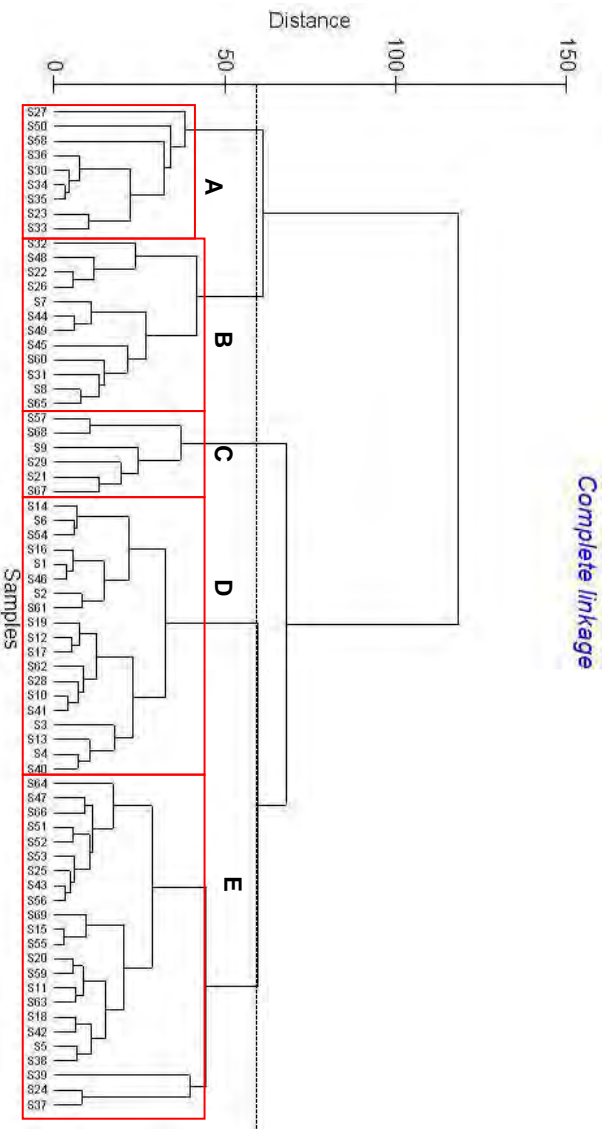


Fig. 23. Cladograma de agrupamiento de sitios de la región sureste.

RESULTADOS

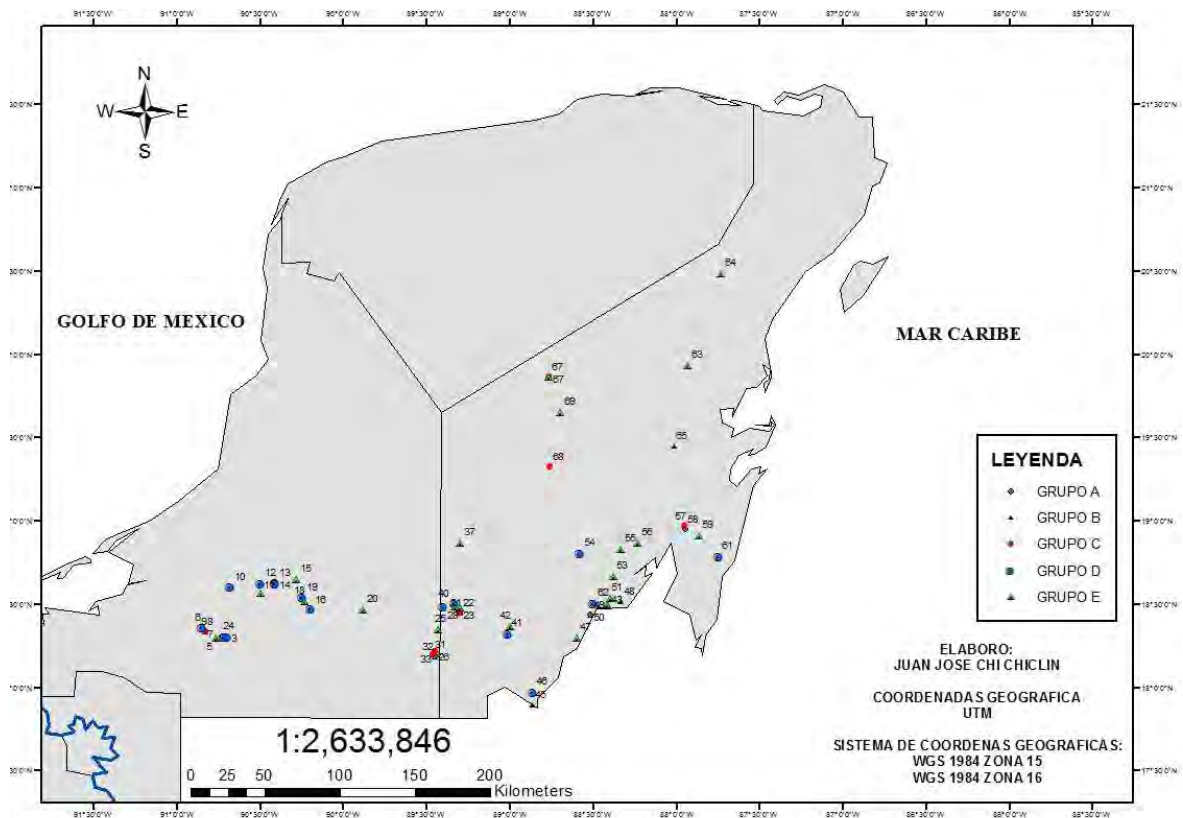


Fig. 24. Tipos de hábitat de acuerdo al agrupamiento de los sitios de muestreo.

Zona de distribución

De los 129 sitios de muestreo, solamente se registró la presencia del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) en 30 sitios, que fueron: Ejido Cristóbal Colón (4), Nueva Esperanza (3), La Unión, Palmar, Mahahual-Cafetal, Bonanpak (El Caracol), Tenosique, Tabasco (5) Pochote (2) Don Samuel (2) y Don Samuel- Pablo Torres (2) (fig. 24).

RESULTADOS

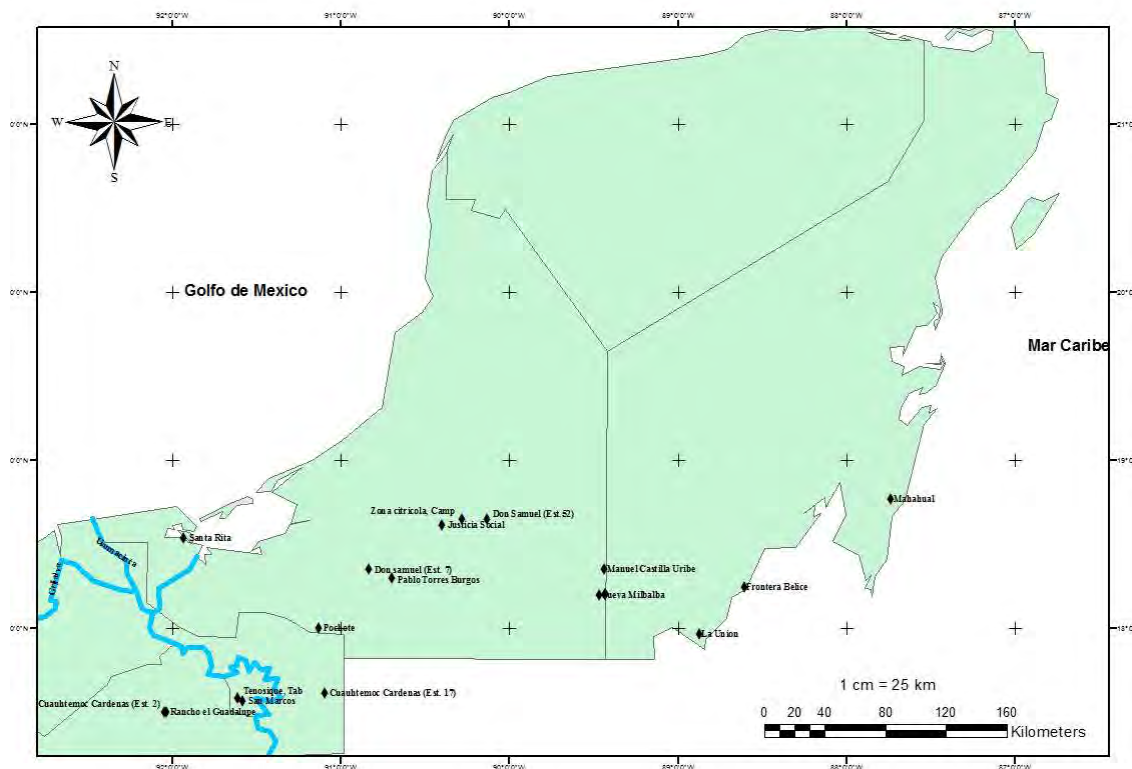


Fig. 24. Sitios donde se recolectaron poblaciones de cambáridos del subgénero *Austrocambarus*.

Con base en caracteres morfológicos

Como resultado se obtuvo la siguiente matriz de caracteres morfológicos (Cuadro 1):

Cuadro 1. Caracteres morfológicos de las diferentes poblaciones del subgénero *Austrocambarus* de la zona sur de la península de Yucatán.

Lugar/spp.	Caracteres morfológicos																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
<i>Procambarus maya</i>	0	0	2	0	0	0	2	2	2	0	1	3	1	0	5	1	1	0	3	0	2	2	4
<i>Procambarus llamasii</i>	0	0	2	0	0	1	2	2	2	0	0	1	1	0	1	1	1	0	3	1	3	2	5
<i>Procambarus pilosimanus</i>	1	0	0	1	6	0	2	2	0	2	3	5	1	0	6	0	3	0	3	2	2	2	2
<i>Procambarus digueti</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	4	1	2	2	0	1	0	3	0	0	0	6
Rancho el Guadalupe	0	0	2	0	0	1	1	2	1	0	0	1	0	0	1	4	3	0	3	2	2	2	6
Zona Citrícola, Campeche	1	0	2	0	5	1	2	2	0	0	0	1	1	5	1	4	3	1	3	2	3	2	3

RESULTADOS

Santa Rita, Campeche	0	0	0	0	0	1	2	2	2	0	0	1	1	0	1	1	1	0	3	1	3	2	3
Don Samuel	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	0	1	0	1	1	3	0	3	2	5
Cueva Flor. Est.36	0	0	0	1	6	0	1	2	0	0	3	1	0	0	6	4	3	1	3	0	2	2	4
Mahahual, Quintana Roo	1	0	2	1	6	0	1	2	1	0	3	1	0	0	6	4	1	1	3	0	3	2	2
La Unión, Quintana Roo	0	0	0	0	1	0	1	2	2	0	0	1	1	0	1	0	1	1	3	1	3	2	5
Cueva el Cedral. Poza 2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	1	1	0	1	3	1	1	3	1	2	2	1
Justicia Social	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3	0	3	2	2
Manuel Castilla Uribe	1	0	2	0	0	0	2	2	2	0	1	1	1	0	2	1	1	1	3	0	2	2	2
Cueva Flor. Poza 2	0	0	2	0	5	0	2	2	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	3	0	2	2	4
Tenosique, Tab.	1	0	2	1	6	0	1	2	2	0	3	2	0	0	6	1	0	1	3	0	3	2	1
Cueva Xbalba	1	0	2	0	5	1	2	2	0	0	0	1	1	5	1	4	3	1	3	2	3	2	2
Pablo Torres	1	0	2	0	5	1	2	2	0	0	0	1	1	5	1	4	3	1	3	2	3	2	1
Cauhtémoc C (Est.2)	0	0	2	1	6	0	2	2	2	0	3	1	1	0	6	1	1	1	3	0	2	2	2
Cauhtémoc C (Est.17)	0	0	2	1	6	0	2	2	2	0	3	1	1	0	6	4	1	1	3	0	2	2	3
Cueva flor (Est.35)	1	0	0	1	6	0	2	1	1	2	3	0	1	0	6	0	1	0	3	0	2	1	2
Don Samuel (Est.52)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1	0	1	4	0	1	3	0	3	1	5
Pochote Tab.	1	0	2	0	0	0	2	2	2	0	1	1	1	0	2	1	1	1	3	0	2	2	3
San Marcos	0	0	2	0	0	0	2	2	2	0	3	1	1	0	6	1	0	1	3	0	2	2	5
Cueva Cedral (Poza 1)	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	1	1	0	1	3	1	1	3	1	2	2	4
Cueva Flor (Est.39)	1	0	0	1	6	0	2	1	1	2	3	0	1	0	6	0	0	0	3	0	2	1	1

Se realizó un análisis con el método de Neighbor-joining con el fin de observar las posibles relaciones de parentesco, con base en diferencias y similitudes de los caracteres entre las poblaciones de acociles. El árbol de consenso resalta la ocurrencia de dos clados, uno de los cuales, a su vez, se subdivide en dos clados (Fig. 25).

RESULTADOS

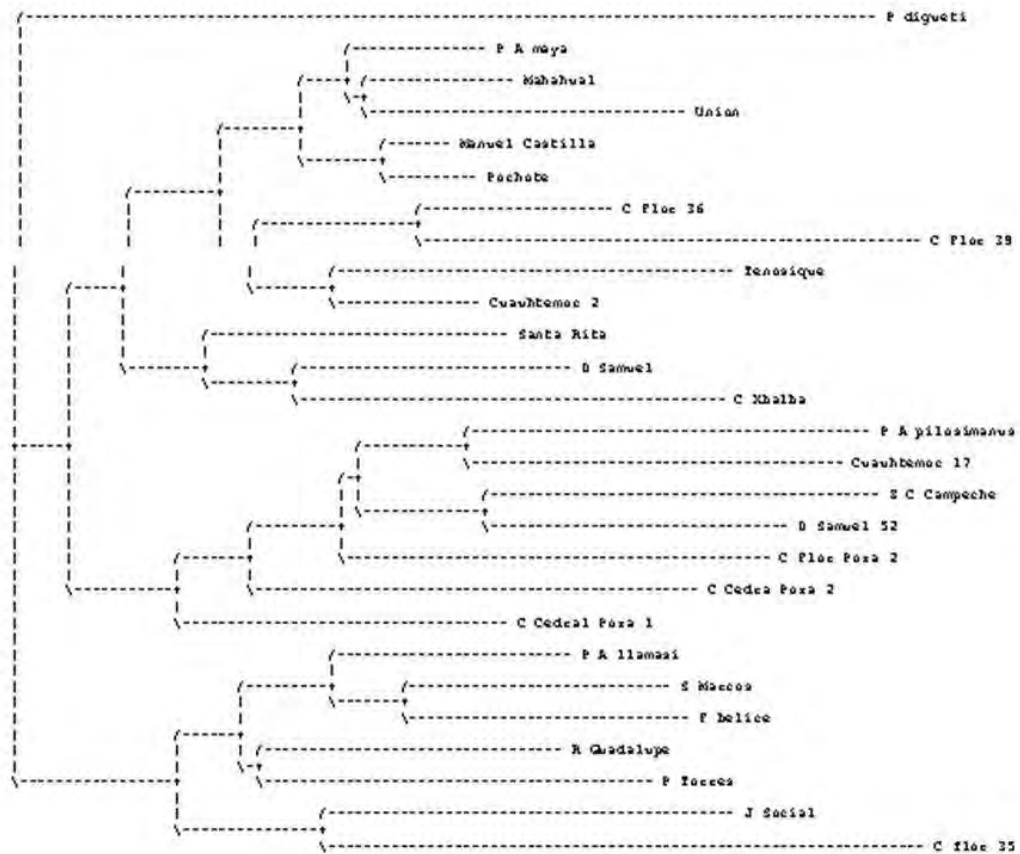
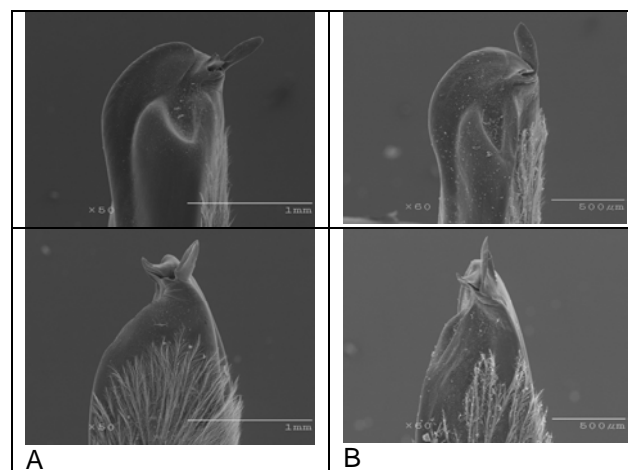


Fig. 25. Hipótesis filogeográfica de las poblaciones del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*) de la zona sur de la península de Yucatán (árbol de consenso por regla de mayoría 50%, neighbor-joining bootstrap = 100 réplicas).

La revisión morfológica de los rasgos distintivos de los acociles, es decir, los procesos apicales del gonópodo del macho y el annulus ventralis de la hembra, mostró que las poblaciones que en los análisis previos eran significativamente diferentes, lo son también a nivel morfológico (Fig. 26).



RESULTADOS

<i>P. (A.) llamasí</i>	<i>P. (A.) maya</i>
------------------------	---------------------

Fig. 26. Micrografías de los procesos apicales del gonópodo de la forma I del macho de las poblaciones significativamente diferentes: Santa Rita (A), Sian Ka'an (B),

DISCUSION

DISCUSION

Villalobos, en 1955, determinó que la distribución de *Procambarus (Austrocambarus) llamasii* estaba restringida del sur de Veracruz al este de Campeche, mientras que *Procambarus (A.) pilosimanus* se reportó al oeste de Campeche, en el sur de Chiapas y Quintana Roo, así como en Guatemala y Belice. En sus trabajos, Rodríguez-Serna (1999 y 2002) mencionó a *Procambarus (A.) llamasii* como la única especie de la península de Yucatán y no encontró ninguna variación entre las poblaciones. No obstante, López-Mejía *et al.* (2005) cuestionaron el estatus de *P. (A.) llamasii* como especie dominante de la península, como resultado del inicio de una revisión más exhaustiva que permitió describir una nueva especie, *Procambarus (A.) maya*, cuya localidad tipo es la Reserva de la Biosfera de *Sian Ka'an* (Álvarez *et al.*, 2007).

La diagnosis del subgénero *Austrocambarus* indica que está caracterizado por la presencia del gancho en el tercer par de pereiópodos, los pleópodos del primer par del macho rectos, cuyos procesos apicales se distinguen como sigue: proceso mesial distal o laterodistalmente dirigido, la proyección central dirigida cefálica o cefalodistalmente, proceso cefálico a veces presente, con ausencia del proceso caudal (Hobbs, 1972). Pero debe considerarse que, anteriormente, la descripción de especies nuevas se basaba en observaciones y medidas morfológicas y al momento de comparar especímenes con respecto a otros trabajos se veía una gran variación, que era sólo interpretada como respuesta a cambios ambientales dentro de una misma población o especie (Rodríguez, 2002 y Villalobos, 1955; Tabla 2). En el presente estudio se cambia el panorama, porque además de reconocer a las tres especies en la península de Yucatán ya registradas, se encontraron variaciones morfológicas de importancia evolutiva entre las poblaciones recolectadas, corroboradas por el análisis morfométrico realizado, donde las proporciones biométricas longitud de la areola/ancho de la areola, longitud de la areola/longitud postorbital y longitud de la palma/ancho de la palma determinaron la separación de las poblaciones relacionadas con el tipo *P. llamasii*, al extremo suroeste de la península, de aquellas al centro y sureste, en similitud a un estudio previo de poblaciones del mismo subgénero pero del estado de Chiapas, donde fueron más significativas la longitud y ancho del rostro y la longitud del primer par de pereopodos, evidenciando el uso de morfometrías para distinguir poblaciones (Sbordoni *et al.*, 1988). El análisis de las mediciones morfológicas está permitiendo diferenciar patrones en la variación morfológica de las

DISCUSION

poblaciones de la península de Yucatán, que sugieren, con base en sus espectros biométricos, procesos de especiación que están, de hecho llevándose a cabo.

Tabla 2. Comparación de las medidas morfológicas de *Procambarus (Austrocambarus) llamasii*. Los puntos marcados en negritas presentan las diferencias morfológicas. MI=Macho forma I, MII=Macho forma II, H= Hembra.

	Villalobos, 1955			Rodríguez,2002			Este estudio		
	MI	MII	H	MI	MII	H	MI	MII	H
Longitud total	81	68.9	81	82	81	80	65	44.5	63
Longitud del caparazón	42	32	41	42	40	39	33.7	21.2	32.2
Longitud postorbital	28	22	27	21	19	19	28.7	17.1	28.7
Longitud Areola	13	10	14	15	11	13	11.8	7.4	9.8
Ancho Areola	1	0.4	1	2	1	1	0.1	0.1	0.1
Largo abdomen	41	37	41	42	42	41	35.5	22.2	34.2
Ancho del Rostro	6	5.4	6	8	5	6.5	7.6	5.8	7
Longitud de la quela	37	35.4	26	39	38	26	35.9	30.1	31.7
Longitud del dactilo	19.4	11	19	20	16	19	14.3	8.6	10.7

El análisis filogenético permite, asimismo, visualizar tres grandes clados determinados por la forma ligeramente sinuosa a curva del sinus del *annulus ventralis*, la separación de esternito entre los quinto pereiópodos, el estado no dividido de la proyección central y la presencia o ausencia del proceso cefálico, como caracteres para agrupar las poblaciones, siendo válidos desde el punto de vista filogenético al ser caracteres evolutivos de los acociles. Esto, resulta muy interesante pues coincide con aspectos de la geografía del área de estudio. Dado que la región sur presenta diferencias geológicas con respecto al resto de la península, presenta las condiciones adecuadas (cuerpos de agua todo el año y un tipo de suelo menos rocoso, con sedimentos, arcillas, abundante materia orgánica y flujos de agua que llegan a tener una extensión de cientos de kilómetros) para que hubiese una mayor dispersión de las poblaciones de cambáridos del subgénero *Austrocambarus*, pero, al mismo tiempo, irregularidades de relieve que han podido propiciar su diversificación.

La península de Yucatán corresponde a la parte que emerge de la plataforma continental de Yucatán, que abarca una extensión de 300,000 km² y que separa al Mar Caribe del Golfo de México. En ésta, los rasgos orogénicos (formación de montañas) son escasos, lo que es singular en el contexto nacional, con aproximadamente el 90% de su superficie a menos de 200 msnm; topográficamente se puede dividir en planicie

DISCUSION

norte, Sierra de Ticul y planicie del sur. Cabe mencionar que de norte a sur la elevación aumenta. Esta zona abarca, como unidad fisiográfica/geológica, tanto el territorio mexicano, como el Petén guatemalteco y el norte de Belice. La península carece de drenaje superficial debido a la litología (relativo a las rocas), y el río Hondo en la frontera con Belice es el único sistema fluvial de la península. Resalta aquí la formación de la Sierra de Ticul como elevación importante, no la única, en la región sur, que está de hecho sugiriendo rutas de diversificación para las poblaciones de acociles involucradas en este estudio, como se observa en la figura 26.

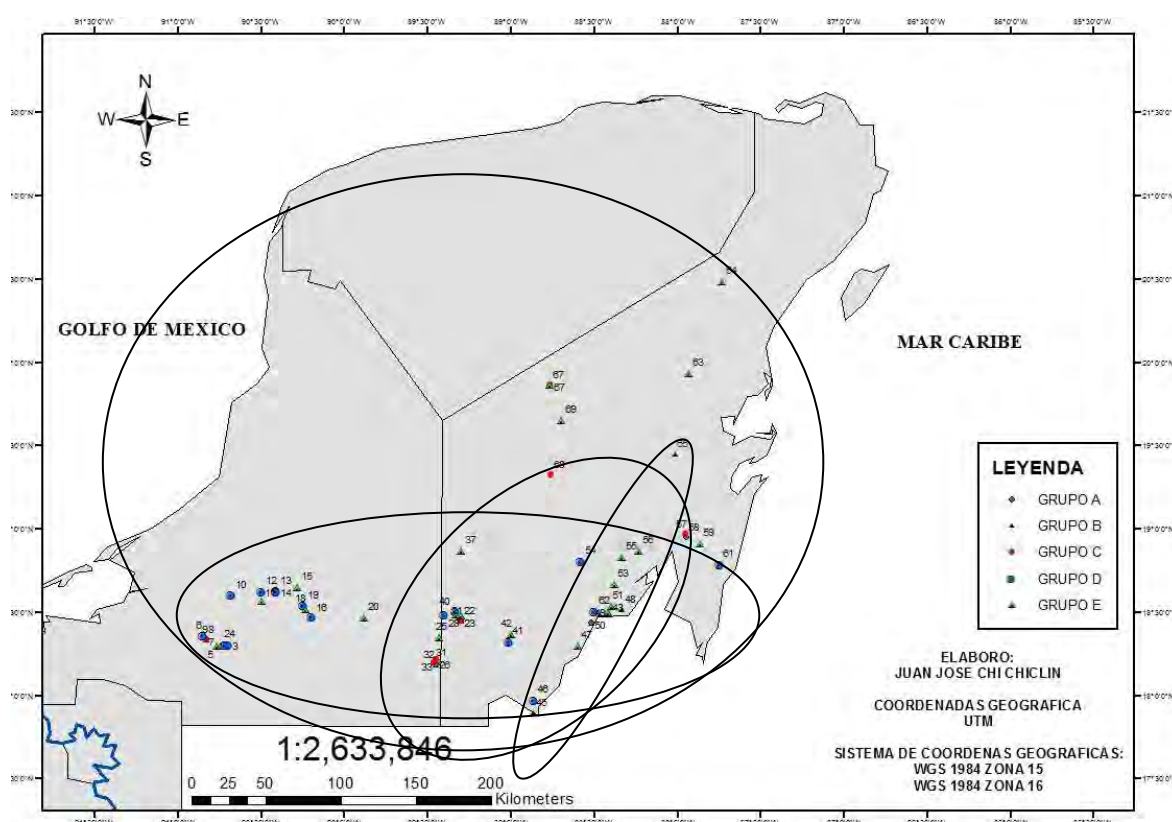


Fig. 26. Sitios de agrupamiento de las poblaciones de *Procambarus* (*Austrocambarus*).

El análisis filogeográfico del subgénero *Procambarus* (*Austrocambarus*), este estudio concuerda con lo reportado por Villalobos, 1955 y Rodríguez, 2002, para la localidad tipo de *Procambarus* (*A.*) *Ilmasi*, pero presenta importantes hallazgos que amplían el área de distribución del subgénero *Austrocambarus* desde el noroeste del estado de Campeche hasta el centro y sur del estado de Quintana Roo, con poblaciones que no pueden ser determinadas como la especie tipo y se proponen, por lo tanto, como nuevas formas. La variación morfológica puede deberse a que se está presentando un

DISCUSION

proceso de especiación. El proceso de especiación se puede deber a la separación geográfica entre las poblaciones debido a las diferencias de relieve y la fragmentación de hábitats, como se está presentado en la península de Yucatán (Sánchez y Rebollar, 1999), determinando la separación de las poblaciones relacionadas con el tipo *Procambarus llamasí*, al extremo suroeste de la península, con poblaciones claramente separadas el centro y sureste, en concordancia con los cinco tipos de hábitat determinados para la región, en este estudio.

CONCLUSION

CONCLUSIONES

- Con el análisis morfológico se confirma la hipótesis de que hay otras formas de cambarinos, además de las registradas para la península de Yucatán (*Procambarus (Austrocambarus) llamasi*, *Procambarus (Austrocambarus) maya* y *Procambarus (Austrocambarus) pilosimanus*) y que serán propuestas como nuevas especies ante la comunidad científica.
- La determinación de cinco tipos de hábitats sugiere procesos jóvenes de interrupción del flujo génico entre las poblaciones, esto puede explicar la alta variabilidad entre las poblaciones de acociles, favoreciendo procesos de aislamiento y especiación.
- Dado que la zona sur de la península de Yucatán presenta diferencias geológicas con la zona norte, tiene las condiciones adecuadas (cuerpos de agua todo el año y un tipo de suelo menos rocoso, con sedimentos, arcillas, abundante materia orgánica y por contar flujos de agua que llegan a tener una extensión de cientos de kilómetros) para que haya una mayor diversificación del subgénero *Austrocambarus*.
- La revisión detallada de los caracteres morfológicos permite reconsiderar su uso o adición en análisis filogenéticos y claves de identificación de especies de cambáridos.
- Una de las problemáticas que pueden presentar las especies del subgénero *Austrocambarus* es la península de Yucatán, independientemente de la diversidad natural que poseen sus paisajes, es la considerable fragmentación originada mayormente por actividades antropogénicas, tales como la agricultura de temporal, la agricultura de riego, los pastizales cultivados y la agricultura nómada generalmente relacionadas con remanentes de vegetación secundaria producto de prácticas forestales, tanto de índole industrial como doméstica, conduciendo al riesgo de disminución y pérdida de las poblaciones de este subgénero.

CONCLUSION

- La continuación de este estudio es la integración de datos genéticos de las poblaciones de acociles del subgénero *Austrocambarus* de la península de Yucatán y mantener una continuidad de los registros e identificación de los cambáridos.
- El estudio aplicando la integración de métodos, como lo sugiere López-Mejía (2006), ha permitido esclarecer la identidad de las poblaciones de acociles de la región sur de la península de Yucatán.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es parte del proyecto “Sistemática molecular de los cambarinos de la Península de Yucatán” que agradece el apoyo de PROMEP-SEP, así como al Programa de Fomento Institucional de la UQROO por su apoyo para el trabajo de campo. Asimismo, se agradece a la M. en C. Berenit Mendoza Garfias, titular del Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Biología de la UNAM, por su valioso apoyo en la toma de micrografías.

LITERATURA CITADA

LITERATURA CITADA

- Álvarez, F., Villalobos, J y Lira, E. 1996. *Decapoda*. En: Diversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Eds: Llorente, J., García, A y González, E. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F., p. 105-127.
- Álvarez, F., López-Mejía, M. y Villalobos, J. 2007. A new species of crayfish (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) from a salt marsh in Quintana Roo, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 120(3):311–319.
- Álvarez, F., Botello, A., Torres, E. y Villalobos, J. 2008. *Colonización y diferenciación de Procambarus (A.) llamasi y Creaseria morleyi en la Península de Yucatán*. VI Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 24 de octubre del 2008.
- Anónimo, 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Península de Yucatán*. Comisión Nacional del Agua (CNA). 20 p.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. *Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000*. 2ª edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Awise, E. 2009. Phylogeography: retrospect and prospect. *Journal of Biogeography* 36: 3–15.
- Awise, E. 2000. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harward University Press. Cambridge, Massachusetts. United States of America.
- Ayala, F y Kingler. Genética moderna. Fondo Educativo Interamericano. España.
- Clarke, K y Warwick. 2001a. *Ordination of samples by multi-dimensional scaling (MDS)*. En: Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E, Plymouth.

LITERATURA CITADA

- Clarke, K y Warwick. 2001b. *Further comparison of multivariate patterns*. En: Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E, Plymouth.
- Barba, E., Flores, J y Estrada, F. 2010. Distribución y abundancia de crustáceos en humedales de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:153-163.
- Barriga, I., Rodríguez, M., Carmona, C., Garnica, C., Arredondo, J y Acuña, P. 2006. *Baja diversidad genética y ausencia de estructura poblacional en Procambarus sp. De la Laguna de Chinchancanab, México*. VI Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en la Universidad Nacional Autónoma de Mexico del 18 al 29 de octubre del 2006.
- Barriga, I., Rodríguez, M., Carmona, C., Garnica, C., Acuña, P y Arredondo, J. 2010. Genetic identity and diversity of *Procambarus llamasi* (Decapoda, Astacidae, Cambarinae) from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Crustaceana* 83(9)
- Birmingham y Moritz, 1998. Comparative phylogeography: concepts and applications. *Molecular ecology* 7:367-369.
- Botello, A. 2008. Estudios de variación genética en crustáceos de México. En: *Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel*. Primera edición. **Ed:** Mejía- Ortiz. Plaza y Valdés.
- Crandall, K. A. y J. F. Fitzpatrick, Jr. 1996. Crayfish molecular systematics: using a combination of procedures to estimate phylogeny. *Systematic Biology* 45(1):1-26.
- Field, J., Clarke, K y Warwick, M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52.
- Gema, A y Álvarez, F. 2010. *Análisis de los centros de endemismo de los acociles (Decapoda: Cambaridae) de México*. VII Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Cozumel, Quintana Roo, del 24 al 30 de octubre del 2008.

LITERATURA CITADA

- Gutiérrez, P. 2008. Nuevos paradigmas y retos de la ecología: estudios con Cambárinos de México. En: *Crustáceos de México, Estado actual de su conocimiento*. Primera edición. Eds: Álvarez, F y Rodríguez, G. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Hall, B. 2004. *Phylogenetic trees made easy: A how-to manual*. Second edition. Editorial SINAUER.
- Hobbs, H. 1972a. The Subgenera of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Astacidae). Smithsonian Institution Press. City of Washington. *Smithsonian Contributions to Zoology* 117.
- Hobbs, H. 1972b. *Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Biota of Freshwater Ecosystems. Identification Manual*. No. 9, Water Pollution Control Research Series. 18050 ELDO5/72.
- Hobbs, H. 1974. A checklist of the North and middle American Crayfishes (Decapoda: Astacidae and Cambaridae). Smithsonian Institution Press. City of Washington. *Smithsonian Contributions to Zoology* 116.
- Hobbs, H. 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology* 4(1):12-24.
- Kauffer, E. y Villanueva, C. 2011. Retos de la gestión de una cuenca construida: la península de Yucatán en México. *Aqua-LAC* 3(2):81-91.
- López Mejía, M. 2004. *Diversificación del Procambarus (Villalobosus) Hobbs, 1972 (Crustacea: Decapoda: Cambaridae)*. IV reunión Alejandro Villalobos, celebrado en México del 21 y 22 de octubre del 2004.
- López-Mejía, M., J. L. Villalobos y F. Álvarez. 2005. *Primera luz para el esclarecimiento del estatus filogenético de Procambarus (Austrocambarus) llamasí*. XVIII Congreso Nacional de Zoología, celebrado en Monterrey, N. L., México, en octubre de 2005.

LITERATURA CITADA

- López-Mejía, M. 2006. *Diversificación de Procambarus (Villalobusus) Hobbs, 1972 (Crustacea; Decapoda; Cambaridae)*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, ICMYL. 532 p.
- López-Mejía, M. 2008a. *Sistemática de los acociles de México*. En: *Crustáceos de México, Estado actual de su conocimiento*. Primera edición. **Eds:** Alvares, F y Rodríguez, G. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- López-Mejía, M. 2008b. *Plasticidad y especiación en Procambarus (Austrocambarus) Hobbs, 1972 (Crustacea: Decapoda: Cambaridae)*. VI Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 24 de octubre del 2008.
- López-Mejía, M. 2008c. Herramientas moleculares para la conservación de la biodiversidad en sistemas insulares. En: *Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel*. Primera edición. **Ed:** Mejía- Ortiz. Plaza y Valdés.
- López-Mejía, M. 2010. *Criterios morfológicos y moleculares para la delimitación y determinación de formas de los acociles mexicanos: Austrocambarus como subgénero tipo*. VII Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Cozumel, Quintana Roo, del 24 al 30 de octubre del 2008.
- López-Mejía, M., Mejía, O., Crandall, K., Pérez, M y Frausto, O. 2012. *Molecular systematics of Procambarus (Austrocambarus) in Yucatán Peninsula, Mexico: An approximation to the subgenus diversification*. VII Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Cozumel, Quintana Roo, del 24 al 30 de octubre del 2008.
- Lugo, J., Aceves, J. y Espinasa, R. 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista del Instituto de Geología.. Vol. 10(2):143-150*
- Mejía-Ortiz, L., Harnoll, R y Viccon-Pale, J. 2003. A new strygobitic crayfish from México, *Procambarus cavernícola* (Decapoda: Cambaridae), with a review of cave-dwelling crayfishes in México. *Journal of Crustacean Biology* 23(2):391-401.
-
- Chi-Chiclin, J. J. 2013. *Filogeografía de Procambarus (Austrocambarus) Hobbs, 1972 (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en la región sureste de la península de Yucatán*

LITERATURA CITADA

- Morales, M., Bozada, L y Casanova, A. 1987. *Prospección poblacional, distribución y aspectos ecológicos del acocil Procambarus (Austrocambarus) llamasí del sureste de Veracruz*. Centro de Ecodesarrollo, Universidad de Veracruz-Ed: Bozada, p. 169-199.
- Morales, M. 1988. *Sistemática de cinco especies del subgénero (Austrocambarus) en el estado de Veracruz y sureste de México (Decapoda: Cambaridae)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Montalvo, H., Sánchez, A., Florido, R., Macossay, A. 2010. Lista de crustáceos distribuidos en los troncos hundidos en el humedal tropical Pantanos de Centla, al sur del Golfo de México. *Revista Mexicana de biodiversidad* 81:121-131.
- Nicte, M., Alcaraz, G y Álvarez, F. 2008. *Adaptación del acocil Procambarus llamasí a diferentes salinidades de la Península de Yucatán*. VI Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 24 de octubre del 2008.
- Pacheco, M y Vega, F. 2008. *Reseña geológica*. En: Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel. Primera edición. **Ed:** Mejía- Ortiz. Plaza y Valdés.
- Piñero, D., Caballero, J., Cabrera, D., Elena, C y Casas, A. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, p. 437-494.
- Rodríguez, G y Muñiz, R. 2008. *Conocimiento de los acociles y langostinos del Noreste de México: Amenaza y propuesta de conservación*. En: Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel. Primera edición. **Ed:** Mejía- Ortiz. Plaza y Valdés.
- Rodríguez-Serma, M. 1999. *Biología y sistemática de los cambarinos del sudeste de México y su potencial en el aprovechamiento de la acuicultura*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. 118 p

LITERATURA CITADA

- Rodríguez-Serna, M., Carmona, C., Arredondo, J y Olvera, M. 2002. Distribución geográfica actual de *Procambarus* (*Austrocambarus*) *llamasi* (Cambaridae) en la Península de Yucatán. *Hidrobiológica* 12(001):1-5.
- Rodríguez-serna, M y Carmona, C. 2004. *Distribución de Procambarus llamasi en el sudeste de México: Actualización*. IV reunión Alejandro Villalobos, celebrado en México del 21 y 22 de octubre del 2004.
- Rojas, Y. 1998. *Revisión taxonómica de ocho especies del genero Procambarus (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) del centro de Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Sánchez, R y Rebollar, S. 1999. *Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar*. Madera y Bosques, Año/Vol. 5. Instituto de Ecología A.C.
- Sbordoni, V., Allegrucci, G., Baldar, F y Cesaroni, D. 1988. Evolutionary genetics and morphometrics of a cave crayfish population from Chiapas (Mexico). *Estratto da International Journal of speleology* 17:1-4.
- Simões, N., Mascaró M., Ordóñez U., Ardisson P. 2010. *Riqueza de especies de crustáceos registrados en Yucatán*. **En:** Biodiversidad y desarrollo humano. Secretaría de Desarrollo Humano y Medio Ambiente.
- Soka, R y Rohlf, F. 1981. *Biometry*. 2ª edición. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Torres, E y Botello, A. 2008. *Variación genética en Procambarus (Austrocambarus) llamasi (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) de la Península de Yucatán*. VI Reunión Alejandro Villalobos, celebrado en Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 24 de octubre del 2008.
- Villalobos, A. 1954. Estudio de los cambarinos mexicanos XII parte I. Revision de las especies afines a *Procambarus mexicanus* (Ericrson), con descripción de nueva formas. *Anales del instituto de Biología* T.XXV. No. 2.

LITERATURA CITADA

Villalobos, A. 1955. *Cambarinos de la fauna mexicana (Crustacea: Decapoda)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, Mexico, D.F. 290 p.

Villalobos, A. 1983. *Crayfishes of Mexico (Crustacea: Decapoda)*. Shimthosian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington, D.C. 276.

ANEXOS

Anexo 1

Longitud de la Areola/ncho de la Areola

1) Z. Citrícola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39).

Sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
		=	≠
Z. Citrícola, Campeche	30.9418±25.4767	=	3,4,6,11,15,17,21
		≠	5,7,8,9,10,12,13,14,16,18,19,20,22
Tenosique, Tabasco	37.1159±21.9335	=	-
		≠	-
Mahahual	68±0	=	4,6,11,15,16,17,19,21,22
		≠	-
Rancho el Guadalupe	63.2134±34.0396	=	5,7,8,9,10,12,13,14,18,20
		≠	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
Santa Rita	74±0	=	6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	11,17,20
Justicia Social	82±9.89949	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Cueva Xbalba	72.1667±30.3079	=	8,9,10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Don Samuel (Est. 7)	66.24±31.2264	=	9,10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Manuel Uribe Castilla	82.25±6.39661	=	10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Frontera Belice	31.3842±18.0738	=	12,13,14,15,16,18,20,21

ANEXOS

		≠	11,17,19,22
La Union	56.1111±34.7003	=	15,17,21
		≠	12,13,14,18,19,20,22
Pablo Torres	65±34.322	=	13,14,15,16,18
		≠	17,20,21,22
Cueva Flor (Est.36)	68.7±6.20125	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17,
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	39±0	=	16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	57±10.2956	=	18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.35)	27.86±19.5079	=	-
		≠	18,19,20,21,22
Don Samuel (Est.52)	57.2±9.96566	=	19,21,22
		≠	20
Pochote, (Tabasco)	52.4286±21.4154	=	21,22
		≠	20
San Marcos	82.5833±17.4223	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	63.5±20.5061	=	22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	50.2727±19.7893	=	-
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	63.2±15.9437	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 2

Longitud areola/Longitud de la postorbital

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

Sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
Z. Citrícola, Campeche	0.0220812±0.0113641	=	3,4,6,7,11,15,17,21
		≠	5,8,9,10,12,13,14,16,18,19,20,22
Tenosique, Tabasco	0.0195794±0.065245	=	-
		≠	-
Mahahual	0.00588235±0	=	4,5,6,7,9,11,12,15,17
		≠	8,10,13,14,16,18,19,20,22
Rancho el Guadalupe	0.0129323±0.013794	=	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19, 20,21,22
		≠	-
Santa Rita	0.00584795±0	=	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,2 1,22
		≠	17
Justicia Social	0.00479685±0.0000813 406	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20, 21,22
		≠	-
Cueva Xbalba	0.00665982±0.0020044 8	=	8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,2 2
		≠	17
Don Samuel (Est. 7)	0.00875561±0.0073708 5	=	9,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22
		≠	11,18
Manuel Uribe Castilla	0.00489527.000567971	=	10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Frontera Belice	0.0204985±0.0193072	=	12,13,14,15,16,17,19,20,21,22

ANEXOS

		≠	11,18
La Unión	0.0108397±0.00792647	=	12,15,17,21
		≠	13,14,16,18,19,20,22
Pablo Torres	0.00484958±0.0016297 2	=	13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.36)	0.00522219±0.0012814 9	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	0.00763359±0	=	15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	0.00567121±0.0013089 6	=	16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.35)	0.0253724±0.0193855	=	18,19,20,21,22
		≠	17
Don Samuel (Est.52)	0.00767259±0.00293 25	=	-
		≠	18,19,20,21,22
Pochote, (Tabasco)	0.00786265±0.0034786 7	=	19,20,21,22
		≠	-
San Marcos	0.00529208±0.0012989 2	=	20,21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	0.00608468±0.0015691 6	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	0.00829929±0.0062787 4	=	22
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	0.00648669±0.0012936 9	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 3

Longitud del carpus/Longitud del merus

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

Sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
Z. Citrícola, Campeche	0.543078±0.151027	=	2,3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	10,11,12,21
Tenosique, Tabasco	0.543154±0.248113	=	3,4,5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	10,11,12,21
Mahahual	0.485714±0	=	4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Rancho el Guadalupe	0.535274±0.13788	=	5,6,7,8,9,13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	10,11,12,21
Santa Rita	0.4264471±0	=	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Justicia Social	0.485714±0.121218	=	8,9,13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	10,11,12,21
Cueva Xbalba	0.533779±0.257993	=	9,13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	10,11,12,21
Don Samuel (Est. 7)	0.539775±0.157311	=	13,14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	21
Manuel Uribe Castilla	0.548348±0.0755563	=	14,15,16,17,18,19,20,22
		≠	,21
Frontera Belice	0.4020809±0.206095	=	15,16,17,18,19,20,22

ANEXOS

		≠	21
		=	15,16,17,18,19,20,22
La Union	0.82881±0.640069	≠	21
		=	16,17,18,19,20,22
Pablo Torres	0.614433±0.17119	≠	21
		=	17,18,19,20
Cueva Flor (Est.36)	0.562771±0.124365	≠	22,21
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	0.806452±0	=	18,19,20
		≠	22,21
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	0.67251±0.145146	=	19,20
		≠	22,21
Cueva Flor (Est.35)	0.488942±0.0969244	=	20
		≠	22,21
Don Samuel (Est.52)	0.63373±0.189412	=	-
		≠	-
Pochote, (Tabasco)	0.483575±0.141027	=	-
		≠	-
San Marcos	0.671023±0.197541	=	-
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	0.864955±0.743409	=	-
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	0.483302±0.105524	=	-
		≠	21,22
Cueva Flor (Est. 39)	0.553645±0.101301	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 4

Longitud areola/Longitud de la postorbital

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

Sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
Z. Citrícola, Campeche	2.38851±0.46676	=	3,4,6,7,11,15,17,21
		≠	5,8,9,10,12,13,14,16,18,19,20,22
Tenosique, Tabasco	2.50795±0.557337	=	-
		≠	-
Mahahual	2.16129±0	=	4,5,6,7,9,11,12,15,17
		≠	8,10,13,14,16,18,19,20,22
Rancho el Guadalupe	2.47962±0.429082	=	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19, 20,21,22
		≠	-
Santa Rita	2.34783±0	=	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,2 1,22
		≠	17
Justicia Social	2.11264±0.500664	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20, 21,22
		≠	-
Cueva Xbalba	2.47173±0.373135	=	8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,2 2
		≠	17
Don Samuel (Est. 7)	2.00933±1.01078	=	9,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22
		≠	11,18
Manuel Uribe Castilla	2.40242±0.542392	=	10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Frontera Belice	2.77492±0.641844	=	12,13,14,15,16,17,19,20,21,22

ANEXOS

		≠	11,18
		=	12,15,17,21
La Union	3.10286±1.26005	≠	13,14,16,18,19,20,22
Pablo Torres	4.30677±1.62488	=	13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.36)	2.38132±0.623118	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	1.84848±0	=	15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	2.82801±1.05386	=	16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.35)	2.38663±0.836882	=	18,19,20,21,22
		≠	17
Don Samuel (Est.52)	2.43887±0.411438	=	-
		≠	18,19,20,21,22
Pochote, (Tabasco)	2.17438±0.615678	=	19,20,21,22
		≠	-
San Marcos	2.4404±0.561884	=	20,21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	2.76398±0.561884	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	2.75987±0.569094	=	22
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	2.40673±1.04187	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 5

Longitud de la palma/Ancho de la palma

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
		=	≠
Z. Citrícola, Campeche	1.93718±0.478586	=	3,4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Tenosique, Tabasco	1.97736±0.662883	=	-
		≠	-
Mahahual	2.87097±0	=	4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Rancho el Guadalupe	1.85856±0.493412	=	5,6,7,11,15,19,20,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18
Santa Rita	2.26087±0	=	6,8,10,13,15,18,19,20,21,22
		≠	7,9,11,12,14,16,17
Justicia Social	2.75883±0.206375	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19,20,21,22
		≠	16,17
Cueva Xbalba	1.42129±0.894528	=	11,15,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18,19,20
Don Samuel (Est. 7)	1.21265±0.551177	=	9,10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Manuel Uribe Castilla	2.44617±0.869854	=	10,12,13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	11,17,20
Frontera Belice	1.33767±0.214796	=	12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17

ANEXOS

		=	15,20
La Union	1.33912±0.214796	≠	12,12,14,16,17,18,19,21,22
Pablo Torres	1.29767±0.869854	=	13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	17,20
Cueva Flor (Est.36)	1.35221±0.233136	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cauhtémoc Cárdenas (Est.2)	1.8±0	=	15,16,18,19,21,22
		≠	17,20,
Cauhtémoc Cárdenas (Est.17)	0.926716±0.351249	=	17,19
		≠	18,20,21,22
Cueva Flor (Est.35)	0.610039±0.12974	=	18,19,20,21,22
		≠	-
Don Samuel (Est.52)	1.73267±0.605141	=	19,20,21,22
		≠	-
Pochote, (Tabasco)	1.62623±0.324621	=	20,21,22
		≠	-
San Marcos	1.8453±0.348457	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	1.92745±0.951128	=	22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	1.64906±0.291249	=	-
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	1.7475±0.325986	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 6

Longitud del pereiópodo derecho/longitud del pereiópodo izquierdo

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
		=	≠
Z. Citrícola, Campeche	0.971914± 0.0238053	=	3,4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Tenosique, Tabasco	0.999168 0.0094823	=	-
		≠	-
Mahahual	1.00496 0.0049938	=	4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Rancho el Guadalupe	1.06312 0	=	5,6,7,11,15,19,20,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18
Santa Rita	0.913232 0	=	6,8,10,13,15,18,19,20,21,22
		≠	7,9,11,12,14,16,17
Justicia Social	1.01327 0.024937	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19,20,21,22
		≠	16,17
Cueva Xbalba	0.977738 0.0166544	=	11,15,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18,19,20
Don Samuel (Est. 7)	0.932203 0.0005885	=	9,10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Manuel Uribe Castilla	0.93663 0.0071259	=	10,12,13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	11,17,20
Frontera Belice	0.992024 0.0021829	=	12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17

ANEXOS

			=	15,20
La Union	1.00526	0.0023314	≠	12,12,14,16,17,18,19,21,22
Pablo Torres	1.01381	0.0049400	=	13,14,15,16,18,19,21,22
			≠	17,20
Cueva Flor (Est.36)	0.924419	0	=	14,15,16,18,19,20,21,22
			≠	17
Cauhtémoc Cárdenas (Est.2)	0.96486	0.0071434	=	15,16,18,19,21,22
			≠	17,20,
Cauhtémoc Cárdenas (Est.17)	1.01798	0.0133823	=	17,19
			≠	18,20,21,22
Cueva Flor (Est.35)	1.03742	0.0169277	=	18,19,20,21,22
			≠	-
Don Samuel (Est.52)	0.997934	0.0040555	=	19,20,21,22
			≠	-
Pochote, (Tabasco)	1.01368	0.0088466	=	20,21,22
			≠	-
San Marcos	1.12884	0.0064044	=	21,22
			≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	1.12884	0.0064044	=	22
			≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	1.03156	0.0299022	=	-
			≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	1.0021	0.0017752	=	-
			≠	-

ANEXOS

Anexo 7

Longitud del pereiópodo derecho/Longitud del cefalotórax

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
Z. Citrícola, Campeche	1.1574 ± 0.21880	=	3,4,6,7,11,15,17,21
		≠	5,8,9,10,12,13,14,16,18,19,20,22
Tenosique, Tabasco	1.2623 ± 0.38427	=	-
		≠	-
Mahahual	1.4235 ± 0.26898	=	4,5,6,7,9,11,12,15,17
		≠	8,10,13,14,16,18,19,20,22
Rancho el Guadalupe	1.5094 ± 0	=	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19, 20,21,22
		≠	-
Santa Rita	1.6975 ± 0	=	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,2 1,22
		≠	17
Justicia Social	1.3728 ± 0.12189	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20, 21,22
		≠	-
Cueva Xbalba	1.4699 ± 0.12232	=	8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,2 2
		≠	17
Don Samuel (Est. 7)	1.3394 ± 0.27422	=	9,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22
		≠	11,18
Manuel Uribe Castilla	1.0392 ± 0.29063	=	10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Frontera Belice	1.2598 ± 0.29589	=	12,13,14,15,16,17,19,20,21,22

ANEXOS

		≠	11,18
		=	12,15,17,21
La Union	1.4155 ± 0.27823	≠	13,14,16,18,19,20,22
Pablo Torres	1.5961 ± 0.22716	=	13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.36)	1.0529 ± 0	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	1.4451 ± 0.50427	=	15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	1.2051 ± 0.24106	=	16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.35)	1.1367 ± 0.30163	=	18,19,20,21,22
		≠	17
Don Samuel (Est.52)	1.0139 ± 0.22157	=	-
		≠	18,19,20,21,22
Pochote, (Tabasco)	1.1120 ± 0.12845	=	19,20,21,22
		≠	-
San Marcos	1.3201 ± 0.19054	=	20,21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	1.2153 ± 0.19654	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	1.0838 ± 0.20250	=	22
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	1.0838 ± 0.20250	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 8

Longitud areola/Longitud de la postorbital

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
		=	≠
Z. Citrícola, Campeche	0.0220812±0.0113641	=	3,4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Tenosique, Tabasco	0.0195794±0.065245	=	-
		≠	-
Mahahual	0.00588235±0	=	4,5,6,15,18,19,20,21,22
		≠	7,8,9,10,11,12,13,14,16,17
Rancho el Guadalupe	0.0129323±0.013794	=	5,6,7,11,15,19,20,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18
Santa Rita	0.00584795±0	=	6,8,10,13,15,18,19,20,21,22
		≠	7,9,11,12,14,16,17
Justicia Social	0.00479685±0.0000813 406	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19,20,21,22
		≠	16,17
Cueva Xbalba	0.00665982±0.0020044 8	=	11,15,21,22
		≠	8,9,10,12,13,14,16,17,18,19,20
Don Samuel (Est. 7)	0.00875561±0.0073708 5	=	9,10,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17
Manuel Uribe Castilla	0.00489527.000567971	=	10,12,13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	11,17,20
Frontera Belice	0.0204985±0.0193072	=	12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	11,17

ANEXOS

La Union	0.0108397±0.00792647	=	15,20
		≠	12,12,14,16,17,18,19,21,22
Pablo Torres	0.00484958±0.0016297 2	=	13,14,15,16,18,19,21,22
		≠	17,20
Cueva Flor (Est.36)	0.00522219±0.0012814 9	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	0.00763359±0	=	15,16,18,19,21,22
		≠	17,20,
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	0.00567121±0.0013089 6	=	17,19
		≠	18,20,21,22
Cueva Flor (Est.35)	0.0253724±0.0193855	=	18,19,20,21,22
		≠	-
Don Samuel (Est.52)	0.00767259±0.00293 25	=	19,20,21,22
		≠	-
Pochote, (Tabasco)	0.00786265±0.0034786 7	=	20,21,22
		≠	-
San Marcos	0.00529208±0.0012989 2	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	0.00608468±0.0015691 6	=	22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	0.00829929±0.0062787 4	=	-
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	0.00648669±0.0012936 9	=	-
		≠	-

ANEXOS

Anexo 9

Longitud areola/Longitud de la postorbital

1) Z. Citricola, 2) Tenosique, Tabasco, 3) Mahahual, 4) Rancho el Guadalupe, 5) Santa Rita, 6) Justicia Social, 7) Cueva Xbalba, 8) Don Samuel (Est.7), 9) Manuel Uribe Castilla, 10) Frontera Belice, 11) La Unión, 12) Pablo Torres, 13) Cueva Flor (Est.36), 14) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2), 15) Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17), 16) Cueva Flor (Est.35), 17) Don Samuel (Est.52), 18) Pochote Tabasco, 19) San Marcos, 20) Cueva Cedral (Poza 2), 21) Cueva Cedral (Poza 2) 22) Cueva Flor (Est. 39)

sitios	X±DE	Sitios iguales/sitios diferentes	
		=	≠
Z. Citrícola, Campeche	0.0220812±0.0113641	=	3,4,6,7,11,15,17,21
		≠	5,8,9,10,12,13,14,16,18,19,20,22
Tenosique, Tabasco	0.0195794±0.065245	=	-
		≠	-
Mahahual	0.00588235±0	=	4,5,6,7,9,11,12,15,17
		≠	8,10,13,14,16,18,19,20,22
Rancho el Guadalupe	0.0129323±0.013794	=	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Santa Rita	0.00584795±0	=	6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Justicia Social	0.00479685±0.0000813 406	=	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22
		≠	-
Cueva Xbalba	0.00665982±0.0020044 8	=	8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Don Samuel (Est. 7)	0.00875561±0.0073708 5	=	9,10,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22
		≠	11,18
Manuel Uribe Castilla	0.00489527.000567971	=	10,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Frontera Belice	0.0204985±0.0193072	=	12,13,14,15,16,17,19,20,21,22

ANEXOS

		≠	11,18
La Union	0.0108397±0.00792647	=	12,15,17,21
		≠	13,14,16,18,19,20,22
Pablo Torres	0.00484958±0.0016297 2	=	13,14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.36)	0.00522219±0.0012814 9	=	14,15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.2)	0.00763359±0	=	15,16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cuauhtémoc Cárdenas (Est.17)	0.00567121±0.0013089 6	=	16,18,19,20,21,22
		≠	17
Cueva Flor (Est.35)	0.0253724±0.0193855	=	18,19,20,21,22
		≠	17
Don Samuel (Est.52)	0.00767259±0.00293 25	=	-
		≠	18,19,20,21,22
Pochote, (Tabasco)	0.00786265±0.0034786 7	=	19,20,21,22
		≠	-
San Marcos	0.00529208±0.0012989 2	=	20,21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 2)	0.00608468±0.0015691 6	=	21,22
		≠	-
Cueva Cedral (Poza 1)	0.00829929±0.0062787 4	=	22
		≠	-
Cueva Flor (Est. 39)	0.00648669±0.0012936 9	=	-
		≠	-