



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Limnología

“Los camarones de agua dulce (*Palaemon* sp.) de Cuatro Ciénegas, Coahuila:
¿Puede la morfología distinguir entre especies?”

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Ciencias LIMNOLOGÍA

PRESENTA:

Leonardo García Vázquez

TUTOR PRINCIPAL

Dr. Fernando Álvarez Noguera

Instituto de Biología

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Juan José Morrone Lupi

Facultad de Ciencias

Dr. Luis Zambrano González

Instituto de Biología

Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitia

FES Iztacala

Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz

Universidad Autónoma de

Nuevo León

MÉXICO D.F; ENERO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



“Los camarones de agua dulce (*Palaemon* sp.) de Cuatro Ciénegas,
Coahuila: ¿Puede la morfología distinguir entre especies?”

T E S I S

que para obtener el grado académico de

**Maestro en Ciencias
(Limnología)**

p r e s e n t a

Biól. Leonardo García Vázquez

Director de Tesis: Dr. Fernando Álvarez Noguera

Comité Tutorial: Dr. Juan José Morrone Lupi
Dr. Luis Zambrano González
Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitia
Dr. Gabino Adrián Rodríguez Almaraz

México D.F 2016

The organisms are,
to some extent,
prisoners of their evolutionary past...

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis el Dr. Fernando Alvarez Noguera, quien confió desde un principio en mi propuesta de tesis, estuvo al pendiente en todo momento y me fue guiando durante todo el proceso.

Al Dr. Juan José Morrone Lupi, que tan amablemente brindaba su punto de vista en todas nuestras reuniones y que siempre estuvo dispuesto a colaborar.

Al Dr. Luis Zambrano por sus observaciones tan acertadas y sus críticas a mi trabajo, gracias por la paciencia durante mis tutorales.

A la Dra. Elizabeth Ortega, por los comentarios, las correcciones, la paciencia durante los tutorales para que mi trabajo quedara de la mejor manera.

Al Dr. Gabino Adrián Rodríguez, que se mostró entusiasmado desde la primera vez que hablamos del tema y que aun sin conocerme me extendió su mano para ayudarme, gracias por la paciencia y el tiempo dedicado en mi revisión de la tesis.

Agradezco al CONACYT por la beca otorgada durante mi maestría con numero de becario 298822 y con CVU 564879, así como los apoyos otorgados de beca mixta durante mi estancia en el extranjero.

Al posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por permitirme cumplir con una meta más en mi vida profesional.

Y a mi *alma mater* la Universidad Nacional Autónoma de México.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Luis Villalobos, por los conocimientos compartidos, su incansable paciencia, las palabras de aliento, los regaños y la amistad.

Al Dr. Benjamín Quiroz Martínez por la ayuda en la revisión de mis análisis estadísticos, sus comentarios a mi escrito y por su valiosa amistad.

Al Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto por la invitación y el apoyo durante la pasantía en su Laboratorio de Bioecología y Sistemática de Crustáceos (LBSC) de la Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) de la Universidade de São Paulo (USP). El apoyo económico para los análisis moleculares. A los fondos aportados por la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Temático Biota 2010/50188-8; Coleções Científicas 2009/54931-0), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Proc. 471011/2011-8; 304968/2014-5) y a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Ciências do Mar II Proc. 2005/2014 - 23038.004308/2014-14) bajo la coordinación y responsabilidad del Dr. Fernando Luis Medina M.

Mi total agradecimiento al Dr. Fabricio L. Carvalho (LBSC) por todo el apoyo y tutoría durante mi estancia, por su amistad y valiosa amistad.

Al Dr. Rafael Robles por su apoyo en la discusión de mi trabajo por su paciencia y amistad.

A todos los miembros del LBSC por el apoyo y amistad durante mi pasantía.

"As melhores e as mais belas coisas do mundo não podem ser vistas ou tocadas. Precisam ser sentidas com o coração." A meus amigos Marianita, Ivair, Camila, Natalia, Laís, Leo, Samuel, Victor.

A la Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

DEDICATORIA

A mi familia, el motor que me hace dar lo mejor de mi cada día de mi existencia, para ellos mi más profundo agradecimiento y admiración, gracias por ser la parte fundamental de la persona que soy ahora. Cande, Hector, Manuel, Jorge, Isabel y a mi pequeño changolín favorito Emiliano.

A mis más grandes amigos, mi familia elegida, Eduardo Villalobos (Chewie), Rocío Rodríguez, Ángel Franco, Raúl de la Torre, Viridiana Magaña, Sharif Rodríguez, Eric Moreno, Pepe, Fer, la, Janet.

A mi mejor de mis mejores amigas y ahora comadre Rocío, gracias por todo el apoyo y por confiar en mi, espero sean muchos más los años que pueda contar con tu amistad para continuar cosechando logros personales.

Para Maricela Rodríguez, gracias por tu valiosa amistad y por interesarte tanto en mi trabajo y por la paciencia de escucharme al contarte mis aventuras.

A esa fuerza superior que rige mi existencia, que no me abandona y me llena de paz en los momentos que más requiero.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Clasificación.....	6
Biología.....	6
Especies crípticas.....	7
ANTECEDENTES.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	13
INVESTIGACIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
MATERIAL Y MÉTODO.....	16
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	62

RESUMEN

El camarón *Palaemon suttkusi* era considerado la única especie distribuida dentro del Valle de Cuatro Ciénegas (VCC) Coahuila, pero el aislamiento evidente en el que se encontraban varias poblaciones, hacía suponer la presencia de diversas especies estrechamente relacionadas. Se exploraron las relaciones entre las poblaciones de *P. suttkusi* del VCC y el río Salado, identificándose dos linajes diferentes. Se pretende evidenciar la variación morfológica de los *Palaemon* del VCC usando la morfometría y establecer si estas poblaciones pertenecen a una o varias especies. Se midieron un total de 279 individuos (188 machos y 91 hembras) de nueve localidades del VCC depositados en la Colección Nacional de Crustáceos, del Instituto de Biología, UNAM. Se analizaron un total de 12 medidas morfométricas: longitud total, longitud cefalotórax, longitud del: rostro, propodio, carpo, mero, del primer primer pereiópodo, isquio, mero, carpo y propodio del segundo pereiópodo que sumadas todas las medidas nos dan la longitud total, así como el número de dientes rostrales, dorsales y ventrales, y el número de setas apicales del *appendix masculina*. Los resultados muestran que existe un complejo de especies que engloba a *P. suttkusi*, al grupo raro y al grupo Churince. Desde el punto de vista del manejo y la conservación del VCC, los resultados obtenidos sugieren que se deben de establecer medidas de conservación para varias especies de *Palaemon* con distribuciones muy reducidas.

ABSTRACT

The shrimp *Palaemon suttkusi* was considered as the only species present in the Cuatro Ciénegas Valley (VCC) Coahuila, however, the evident isolation of several populations suggested the existence of other closely related species. The relationships between the *P. suttkusi* from the VCC and the Salado River were explored, resulting in the recognition of two different lineages. Through the study of the morphological variation of the VCC *Palaemon*, the aim of this study is to determine if there is one or several different species. A total of 279 individuals were measured (188 males and 91 females) from nine sites within the VCC deposited in the National Crustacean Collection of the Institute of Biology, UNAM. Twelve measurements were obtained: total length; cephalothorax length; rostrum length; length of propodus, carpus and merus of the first pereopod; ischium, merus carpus and propodus of the second pereopod; number of rostral teeth; number of apical setae on the *appendix masculina*. The results show that there is a complex of species which includes *P. suttkusi*, the rare group and Churince group. From the point of view of the management and conservation of the VCC, the results suggest that it must establish conservation measures for several species of *Palaemon* with very limited distributions.

INTRODUCCIÓN

La familia Palaemonidae Rafinesque, 1815 y el género *Palaemon* Weber, 1795

La familia Palaemonidae Rafinesque, 1815, incluye organismos marinos, salobres y dulceacuícolas que morfológicamente están caracterizados por: un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, los dos primeros pares de pereiópodos quelados, el segundo par es de mayor talla que el primero y el carpo no está subdividido, rostro con un número variable de dientes y mandíbulas casi siempre con un proceso incisivo (Holthuis, 1952).

Palaemonidae está integrada por dos subfamilias: Palaemoninae y Pontoniinae; que son consideradas cosmopolitas. Bauer (2004) menciona la existencia de al menos 118 géneros y 887 especies, mientras que De Grave y Fransen (2011) mencionan que existen alrededor de 130 géneros y aproximadamente 980 especies. La mayoría de los géneros de Palaemoninae habitan ambientes dulceacuícolas en estado adulto y se caracterizan porque en el tercer maxilípodo cuentan con una pleurobranquia y en el telson presentan dos pares de espinas en el margen posterior y uno o más pares de cerdas en la región más distal (Villalobos, 1982).

El género *Palaemon* Weber, 1795, cuenta con especies que habitan tanto agua dulce como salobre (Jayachandran, 2001). Las especies dulceacuícolas de *Palaemon* en México son seis y se encuentran distribuidas en la región norte del país en los siguientes estados: Baja California: *P. paludosus* y *P. kadiakensis*, Coahuila: *P. suttkusi*, Tamaulipas: *P. hobbsi*, y *P. lindsayi* y *P. mexicanus* en San Luis Potosí (St. Amant y Hulquist, 1969; Villalobos y Hobbs, 1974; Strenth, 1976, 1994; Alvarez *et al.*, 1996; Rodríguez-Almaraz y Campos, 1996).

La taxonomía del grupo es confusa, debido a que la diferenciación entre especies está basada en la variación de la longitud del rostro, en el patrón de dentición rostral, en las relaciones de longitud entre los artejos de los pereiópodos y el *appendix masculina*, que son caracteres con una variación limitada. Es poco el conocimiento que se tiene del grado de variación intraespecífica y a menudo se tienen organismos que no se identifican a nivel de especie con certeza. La revisión sistemática de Strenth (1976) hacía ver que las especies de *Palaemon* de Norteamérica eran los decápodos de agua dulce menos conocidos.

Caracterización del género *Palaemon* Weber, 1795

Las características diagnósticas del género *Palaemon* son las siguientes: Cuerpo delgado o robusto, comprimido lateralmente. Rostro bien desarrollado y provisto de dientes tanto en la parte dorsal como en la ventral, con 1-2 filas de setas localizadas entre los dientes en ambos lados. Caparazón liso, con las espinas antenales y branquiostegales bien desarrolladas. Espina antenal fuerte, ubicada en el margen anterior del caparazón bajo el ángulo orbital. Surco branquiostegal presente. El abdomen es liso, las pleuras de los primeros tres segmentos están redondeadas en la punta, los segmentos IV y V son más agudos mientras que el VI termina en una espina. El telson presenta, por lo general, dos pares de espinas dorsales y dos espinas posteriores, aunque ambos podrían estar ausentes. Entre las espinas posteriores internas hay dos o más setas presentes. Ojos bien desarrollados o tienen una córnea esférica. Pedúnculo antenular con la unión basal ancha, armada por un estilocerito y una espina anterolateral, margen anterior redondeado. El segundo y tercer segmentos del flagelo antenular más cortos que el primero. Flagelo antenular superior conformado por dos artejos fusionados en la parte basal. La antena con el escafocerito bien desarrollado, el margen interno acabado por un diente diferente. Pedúnculo antenal con una espina presente al exterior cerca de la base del escafocerito. La mandíbula conformada por un proceso incisivo y un proceso molar, sin palpo (característico de los *Palaemon* de agua dulce). Las otras partes del proceso bucal no son esencialmente diferentes. Los dos primeros pereiópodos son esbeltos y con quelas. El segundo par de pereiópodos de igual tamaño, esbeltos, habitualmente más fuertes que el primer par. Los últimos tres pares de pereiópodos son esbeltos, dactilo simple, el protopodio presenta espinas posteriores. Quinto pereiópodo, provisto en la parte distal del margen posterior de varios flecos de setas juntas. Los pleópodos son birrámeos, siendo el primer par más pequeño que el exópodo de los segundos pleópodos, presentan un endópodo sin apéndice interno. Este apéndice está presente en los demás pleópodos, mientras que los segundos pleópodos del macho están provistos de un *appendix masculina* el cual es más fuerte que el apéndice interno (Fig. 1). Los urópodos son de forma normal, como en *Macrobrachium* (Heller, 1869).

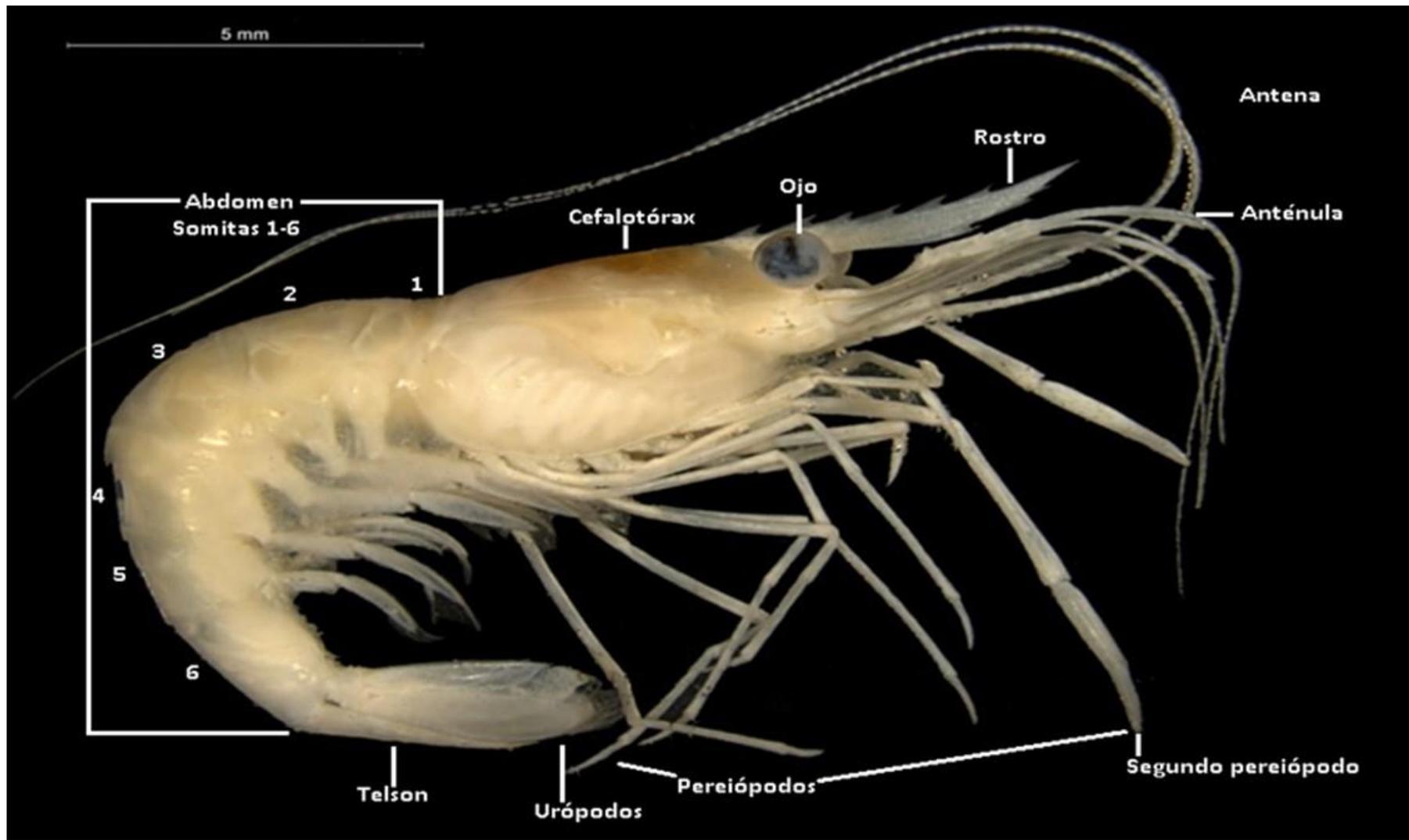


Figura 1. Esquema general de un *Palaemon*.

Clasificación actual del género *Palaemon* Weber, 1795 considerando la propuesta de Ahyong *et al.* (2011).

Phylum **Arthropoda** von Siebold, 1848
Subphylum **Crustacea** Brünnich, 1772
Clase **Malacostraca** Latreille, 1802
Subclase **Eumalacostraca** Grobben, 1892
Superorden **Eucarida** Calman, 1904
Orden **Decapoda** Latreille, 1802
Suborden **Pleocyemata** Burkenroad, 1963
Infraorden **Caridea** Dana, 1852
Superfamilia **Palaemonoidea** Rafinesque, 1815
Familia **Palaemonidae** Rafinesque, 1815
Género ***Palaemon*** Weber, 1795

Biología

Alimentación: Los *Palaemon* de ambientes dulceacuícolas son omnívoros ecológicamente importantes, pues se alimentan de algas, detritos, insectos acuáticos y de otros crustáceos (Bell y Coull, 1978).

Locomoción: Los palaemónidos son nadadores y pueden desplazarse a través del agua mediante el movimiento de sus pleópodos. Cuando no se sienten amenazados, estos camarones pueden moverse por el sustrato con sus pereiópodos, pero cuando están en un modo de alerta, estos pueden generar un movimiento con su abdomen y desplazarse rápidamente hacia atrás.

Historia de vida: Los *Palaemon* pueden llegar a vivir de 6 a 13 meses aproximadamente (Anderson, 1985), los adultos pueden llegar a medir hasta 34.6 mm. (*P. suttkusi*).

Reproducción: En la especie *P. pugio* alcanzan la madurez sexual a una talla de 15-18 mm, y entre 1.5 y 2 meses de edad (Anderson, 1985), pero los machos de *P. suttkusi* son maduros sexualmente cuando la espinulación del *appendix masculina* está presente en los machos aproximadamente a los 13.9 mm. La duración de la temporada de reproducción varía regionalmente.

Importancia: Dentro del flujo de energía, colaboran con la rotación de detritos en el bentos y son un eslabón importante de energía entre los organismos bentónicos y pelágicos (Anderson, 1985).

Especies crípticas

En la actualidad no existe una definición universal de lo que son las especies crípticas, por lo que aquí se abordarán algunos conceptos de los últimos 30 años. La definición de Knowlton (1986), menciona que son aquellas especies difíciles de reconocer utilizando métodos sistemáticos tradicionales. Wellborn y Cothran (2004) las clasifican como especies fenotípicamente similares pero que presentan aislamiento reproductivo y divergencia genética. Saez y Lozano (2005) mencionan que las especies son colocadas dentro de un grupo de organismos morfológicamente indistinguibles de otros, sin embargo, éstas pertenecen a linajes evolutivos diferentes. Mientras que Bickford *et al.* (2006), las definen como dos o más especies distintas, clasificadas como una sola especie. Esta definición será la utilizada en este trabajo. Taxonómicamente, las especies crípticas representan todo un reto, ya que este problema ha sido reconocido por casi 300 años, pero la introducción de la secuenciación del ADN, incorpora una nueva herramienta poderosa para revelar y diferenciar especies morfológicamente similares (Bickford *et al.*, 2006).

El problema de las especies crípticas en crustáceos decápodos, como en muchas otras especies, es que son principalmente descritas e identificadas mediante caracteres morfológicos que son estudiados en organismos preservados, por lo que no se cuenta con un análisis detallado acerca de la variación intrapoblacional de la especie (McLaughlin *et al.*, 1982).

Mi definición de especie críptica es aquella especie que al momento de su identificación, se encuentra enmascarada por su morfología externa dentro una especie previamente descrita, ocasionando una identificación errónea, lo cual afecta la estimación de la diversidad existente, al disminuir el número de especies en determinada zona geográfica.

ANTECEDENTES

El género *Palaemon*

En México se conocen seis especies de agua dulce, todas ellas distribuidas en la región noroeste del país. Dentro de los trabajos base del estudio de los *Palaemon*, está el de Holthuis (1952), que es una revisión general de los *Palaemon (Palaemonetes)* (Crustacea: Decapoda: Natantia) de las Américas, con especial énfasis en la subfamilia Palaemonidae, que contiene nueve géneros. Dentro de este trabajo se menciona por primera vez la presencia de *Palaemon kadiakensis* en el noroeste del territorio mexicano.

Smalley (1964) describió un *Palaemon* de agua dulce (*P. suttkusi*) proveniente de Coahuila, que el Dr. Suttkus recolectó accidentalmente en una de sus salidas de campo mientras muestreaba peces en la localidad del río Nadadores. Fleming (1969) realizó un estudio de las estructuras genitales como caracteres taxonómicos de algunas especies de *Palaemon*, y concluyó que el segundo pleópodo del macho podría ser de utilidad para describir especies epigeas.

Cinco años más tarde Villalobos y Hobbs (1974), realizaron una revisión de la sistemática y zoogeografía de las especies de agua dulce de *Palaemon* de Norteamérica, en la cual dan registro de tres nuevos crustáceos pertenecientes a tres familias, Entocytheridae (Ostracoda), un cambárido (*Procambarus roberti*) y un *Palaemon (P. lindsayi)*, dentro de este manuscrito ofrecen una clave de los *Palaemon* representativos de agua dulce, junto con un resumen de sus características diagnósticas.

Uno de los trabajos más representativos sobre el grupo es la revisión realizada por Strenth (1976) sobre la sistemática y zoogeografía de las especies de agua dulce de *Palaemon* de Norte América, donde describió tres nuevas especies de Texas y México, y que además brinda una clave de identificación para las especies norteamericanas. El mismo Strenth (1994), describió la especie *Palaemon hobbsi* de agua dulce de México, proveniente de la cabecera del río Mante y río Frío cercanos a Ciudad Mante, Tamaulipas.

Otra área de principal atención es la línea de la embriología, donde Menu-Marque (1973) estudió los patrones de desarrollo larval. Este autor tomó como ejemplo la especie *P. kadiakensis*, que puede presentar hasta ocho estadios larvales, y sugirió una invasión

reciente al medio dulceacuícola. Esto concuerda con lo dicho una década antes por Boschi (1961) y Dobkin (1963), sobre la tendencia de éste género por acortar su etapa larval, lo cual es una característica de especies que colonizaron ambientes dulceacuícolas en tiempos ancestrales.

Las estrategias reproductivas en *Palaemon* (*P. vulgaris* y *P. pugio*) también han sido objeto de estudio. Yan (1987), menciona que dos especies que coexisten en un canal estuarino en Massachusetts han alcanzado estrategias diferentes en cuanto a la reproducción, ya que *P. pugio* llega a la madurez a una talla mayor y es más fecunda que *P. vulgaris*. La mayor ventaja que presenta *P. pugio*, es tener una mayor fecundidad, lo cual compensaría la mayor pérdida de individuos causada por la depredación.

Un estudio realizado por Chow *et al.* (1988) en dos poblaciones de *Palaemon paudicens* que se encuentran en simpatria dentro del mismo sistema acuático, presentan altas diferencias genéticas y morfológicas, pero aparentemente esto está influenciado directamente con el ambiente, pues un grupo (A) habita ríos y sus larvas pueden migrar entre estuarios a través del océano y su desarrollo larval es más largo, mientras que el otro grupo (B) está restringido habitando pozas y lagos, teniendo un desarrollo larval más corto de apenas dos semanas. Otro punto importante que abordan en este estudio es el número de espinas en el rostro, el cual sería un indicador de la existencia de aislamiento reproductivo, pues el grupo A presenta tres dientes y el grupo B dos en la parte ventral. Lo que ellos encontraron es que esos dos grupos habían experimentado una separación cladogenética debido a un aislamiento pre-reproductor y post-reproductor.

Otro tipo de trabajo realizado sobre los palemónidos son los referentes a la biometría y morfología de los huevos en la especie *P. varians* en España por (Rodríguez *et al.*, 1993), donde encontraron variación en el tamaño del huevo, aparentemente determinado por un fenómeno de adaptación a las diferencias de energía requerida para el equilibrio osmótico. A pesar de que existen diferencias de salinidad en los dos ambientes analizados, la similitud de las tallas de los huevos parece mostrar una preadaptación a los ambientes con salinidades fluctuantes, de tal forma que el huevo está adaptado para soportar los cambios de salinidad, debido a una mayor demanda de energía para la

osmoregulación, por lo que el huevo exhibe suficientes cantidades de vitelo para cubrir el desgaste energético cuando existen bajas salinidades.

Rodríguez-Almaraz y Campos (1996) presentaron nuevos registros de tres familias de decápodos de México (Atyidae, Cambaridae y Palaemonidae), siendo de ésta última la especie *P. kadiakensis*, que solo se conocía para la parte central de los Estados Unidos. El nuevo registro fue dado para el río Sabinas Hidalgo, Vallecillos, Nuevo León, el río Álamo en Ciudad Mier, presa Falcón, Miguel Alemán y el río Bravo, todas dentro de Tamaulipas.

Rodríguez-Almaraz *et al.* (1997) publicaron notas ecológicas y biológicas de *P. suttkusi* de la cuenca de Cuatro Ciénegas, donde recolectaron especímenes de la poza Churince, tomaron la medida del cefalotórax y el peso tanto de los machos como de las hembras, las cuales son de tallas más grandes que los machos en cuanto al cefalotórax y por lo tanto, presentan un mayor peso. Otra característica que observaron en las hembras es las ovígeras presentaron entre 11-18 huevos con tallas de 1.1 mm a 1.5 mm. Estos datos los contrastaron con lo reportado por Smalley (1964) quien reportó valores cercanos a 1.0 mm de diámetro. Rodríguez-Almaraz (1997) no encontró una correlación significativa entre el número de huevos y la longitud del cefalotórax. Al final de su trabajo concluye que su revisión morfológica concuerda con la descripción de la especie de Smalley (1964), excepto por los dedos y la palma de la quela del primer pereiópodo, que son iguales en longitud.

De las revisiones más exhaustivas realizadas en los últimos 20 años es la hecha por Jayachandran (2001) donde estudia la biodiversidad, taxonomía, biología y manejo de los palaemónidos. En este volumen incluye una clasificación reciente de los decápodos, así como diversas guías de identificación de las subfamilias de Palaemoninae y claves para discriminar a nivel de especies con descripciones detalladas.

Rodríguez-Almaraz *et al.* (2010) compararon los aspectos reproductivos y el desarrollo larval de dos especies dulceacuícolas de *Palaemon* mexicanas, *P. mexicanus* y *P. hobbsi*, localizadas en el noroeste de México. Observaron que ambas especies presentan tres estadios larvales y dos etapas postlarvales. A pesar de que la morfología larval de ambas especies es casi idéntica, notaron la existencia de caracteres morfológicos específicos por estadio larval que les permitió discriminar entre ambas especies.

Muñiz-Martínez (2012) defiende su tesis doctoral con el título “Sistemática y estado actual de la distribución geográfica-ecológica de los langostinos del género *Palaemonetes* de agua dulce del noreste de México y norte de San Luis Potosí”. De los puntos importantes que aborda es sobre los análisis morfológicos y moleculares dentro de las especies que hoy en día son consideradas especies problema, concluyendo que una manera para diferenciar a las especies es observando los estadíos larvales, como en el caso de *P. mexicanus* y *P. hobbsi*, donde los caracteres que tomó como referencia fueron la antena, anténula, apéndices bucales y el telson.

Chaves-Campos *et al.* (2010) llevaron a cabo un estudio sobre la filogeografía, estructura genética y el flujo de genes en los camarones *Palaemon suttkusi* de agua dulce endémicos de Cuatro Ciénegas, México. Encontraron un grupo raro (el cual fue nombrado así porque no coincidía haplotípicamente a la especie tipo *P. suttkusi*) y es proveniente del área de Pozas Azules y el Tío Cándido.

Ashelby *et al.* (2012) realizaron análisis moleculares a nivel genérico y observaron la relación sistemática en Palaemoninae con los genes 16S rDNA mitocondrial y con genes nucleares de la histona (H3) y con esto proponen la unión del género *Palaemonetes* con *Palaemon*.

En cuanto a cripticidad en crustáceos, Carvalho *et al.* (2013) efectuaron un estudio molecular con el camarón endémico brasileño *Macrobrachium potiuna*, donde sugieren la presencia de una especie críptica. En su trabajo se formó un complejo de *M. potiuna*, el cual puede mostrar diferencias en términos de hábitat y estilo de vida. Los especímenes de *M. potiuna* "sensu stricto", fueron encontrados en arroyos que suelen tener agua clara, fondos rocosos, rápidos en las colinas y laderas, mientras que las muestras de *M. potiuna* del "clado afín", habitan corrientes costeras de tierras bajas, agua oscura, vegetación marginal y corriente lenta. Estas diferencias en las características de los ambientes con ejemplares de cada clado, pueden indicar la presencia de una barrera ecológica que estaría influenciando un proceso de especiación en cada grupo haciéndolos ocupar diferentes nichos.

Alvarez *et al.* (2014), realizaron un análisis de la variación genética a escala local y regional de los *Palaemon* de Coahuila y San Luis Potosí encontrando una mezcla de

poblaciones de especies diferentes y además la existencia de especies crípticas aún no descritas, las cuales corresponden a las localidades de Churince y corroboran lo dicho por Chaves-Campos *et al.* (2010) sobre la existencia de una especie distinta a *P. suttkusi* de Poza Azul, demostrando la existencia de tres grupos de haplotipos de *Palaemon* dentro del VCC (Fig. 2).

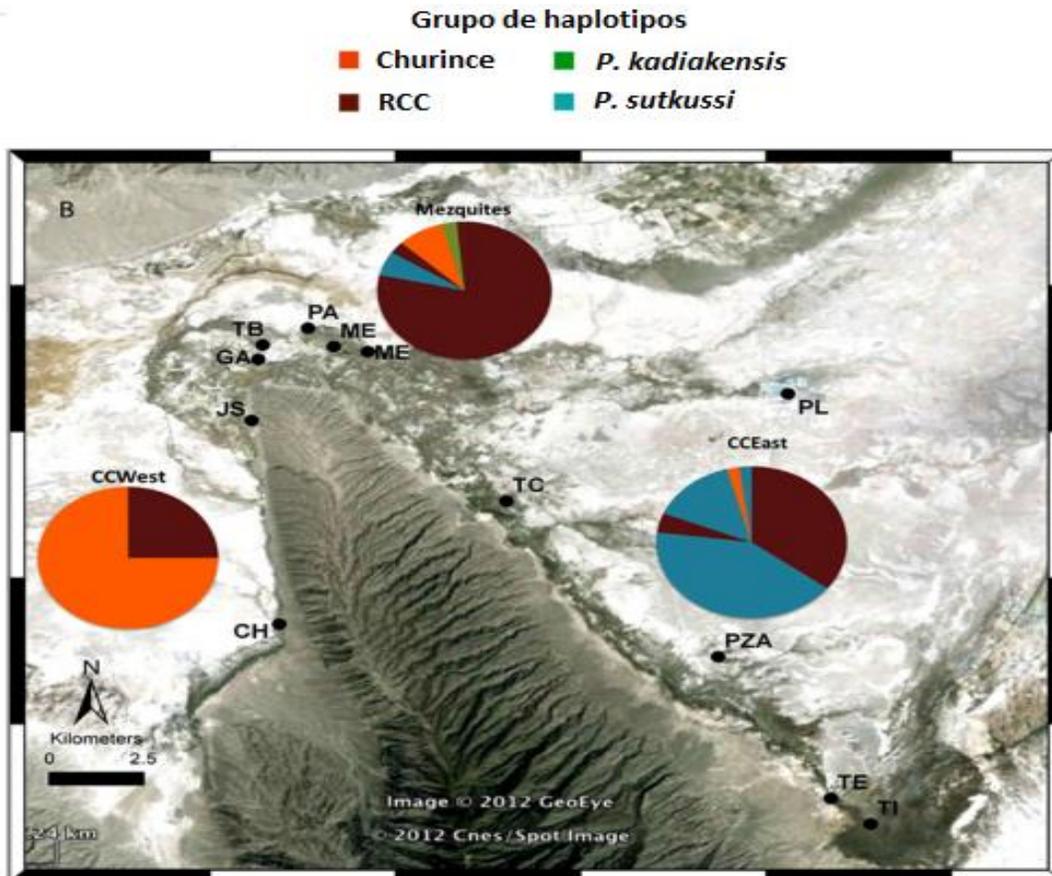


Figura 1. Tomada y modificada de Alvarez *et al.* (2014) donde los diagramas circulares muestran los diferentes haplotipos de *Palaemon* encontrados en el VCC, siendo el anaranjado el haplotipo Churince, café Raro, verde *P. kadiakensis* y en azul *P. suttkusi*.

JUSTIFICACIÓN

Resulta de vital importancia determinar si es posible distinguir morfológicamente las diferentes especies presentes de *Palaemon* dentro del VCC. Así mismo, la relación de estas poblaciones describirá cuales son las conexiones existentes que estos organismos están utilizando para moverse a través de estas cuencas, esto podría contribuir a lograr un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad y el manejo adecuado de los recursos hídricos de la región, ya que es bien sabido que dentro del VCC, se encuentra un área natural protegida (ANP) y que muy cercana a ésta existen áreas con aprovechamiento agrícola e industrial (Valle de las Calaveras, el Hundido, Monclova, río Bravo), por lo que de no contar con un buen conocimiento acerca de la biodiversidad existente, la extracción descontrolada del recurso hídrico podría comprometer la subsistencia no solo de los organismos acuáticos, sino también la biota de la zona.

INVESTIGACIÓN

A través del estudio detallado de la variación morfológica de las poblaciones de camarones del género *Palaemon* del VCC, cuenca del río Salado y río Bravo establecer si:

- 1) ¿Las poblaciones de *Palaemon* del VCC pertenecen a una o varias especies?
- 2) ¿Cuál es la distribución actual de *P. suttkusi*, la especie que se ha asumido que se distribuye exclusivamente dentro de VCC?
- 3) ¿Para los camarones de agua dulce el VCC y la cuenca del río Sabinas son sistemas separados o se trata de una sola cuenca?

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio sobre la variación morfológica de los camarones dulceacuícolas del género *Palaemon* del VCC para proponer caracteres que permitan diferenciar especies.

Particulares

1. Establecer los límites de variación de los caracteres de importancia taxonómica utilizados tradicionalmente para distinguir las especies de *Palaemon*.
2. Proponer caracteres adicionales, merísticos y morfométricos, hasta ahora no utilizados para distinguir las especies de *Palaemon* en México.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El VCC se encuentra ubicado en el centro del estado de Coahuila, al norte de México, en el polígono comprendido entre las latitudes 27°11'24"- 26°42'36" N y las longitudes 102°48'00"-101°54'35" O. Cuenta con una extensión aproximada de 3,632 km² y una altitud promedio de 735 msnm; su clima va de muy seco a semicálido con lluvias escasas a lo largo del año, con una precipitación aproximada a los 400 mm y una temperatura media anual que oscila entre los 16-22°C. Gran parte de las características climáticas y fisiográficas de la zona, se deben a que se encuentra rodeada de las sierras de San Marcos (2,300 msnm), la Fragua (2,000 msnm), la Madera (3,000 msnm), la Menchaca (2,000 msnm) y la Purísima (2,000 msnm), las cuales están formadas principalmente por rocas calizas, que al tratarse de zonas más altas, atrapan la mayor parte de la humedad (Fig. 3). Los suelos son principalmente de tipo regosol, pues están conformados por rocas y arena (calizas) que han sido transportadas y depositadas por el agua, que posiblemente pueden corresponder al periodo Jurásico, aunque también podemos encontrar en menor cantidad litosol, xerosol y zolonchak. De acuerdo con Chávez-Cabello *et al.* (2005), en el Jurásico temprano dio inicio la actividad de la falla de San Marcos (FSM), aunque no es posible datar con exactitud la edad, pues no se cuenta con fósiles. En el Jurásico superior comienza un incremento de temperatura fuerte, da inicio el desplazamiento de las masas continentales hacia el norte y se forma una zona árida que rodea la región ecuatorial, los desplazamientos llevan consigo extensas transgresiones del mar, las cuales van dejando evidencia de que un día las aguas ocuparon esas vastas extensiones de tierra en forma de depósitos abundantes de caliza (Diéguez, 2004). La FSM se encuentra por debajo del VCC y además se han descubierto rastros del periodo Cretácico, como depósitos de rocas calizas sedimentarias, este periodo se caracteriza por un incremento en la humedad y un aumento en los niveles del mar.

Al formar parte del desierto de Chihuahua (el más extenso de México), el VCC presenta una flora característica, siendo la vegetación halófila la de mayor presencia, ya que es particular de suelos con elevado contenido de sales como son los pastizales y matorrales xerófilos (mezquitales), aunque también están presentes los bosques de pino-

encino en las montañas que lo rodean. Hidrológicamente, las aguas del VCC, contienen un alto contenido de sales de calcio y magnesio, lo que le confiere que las aguas de los manantiales y los ríos sean duras, con 1,100-1,300 mg/l y 1,500-1,700 mg/l, respectivamente. Podemos encontrar ambientes lóticos como arroyos, manantiales y ríos así como una compleja red de agua subterránea, siendo los ríos de mayor importancia para la región el río Cañón (actualmente seco), Salado de Los Nadadores, Mezquites, Saca del Fuente y el Canal Saca Salada (riego), mientras que en los ambientes lénticos como ciénegas, pozas (200 aproximadamente) y pozas termales, sobresalen Churince, la Becerra, Antiojo, San Marcos, Juan Santos, los Hundidos, el Mojarral y las pozas termales llamadas las Hermanas (CONABIO, 1998).

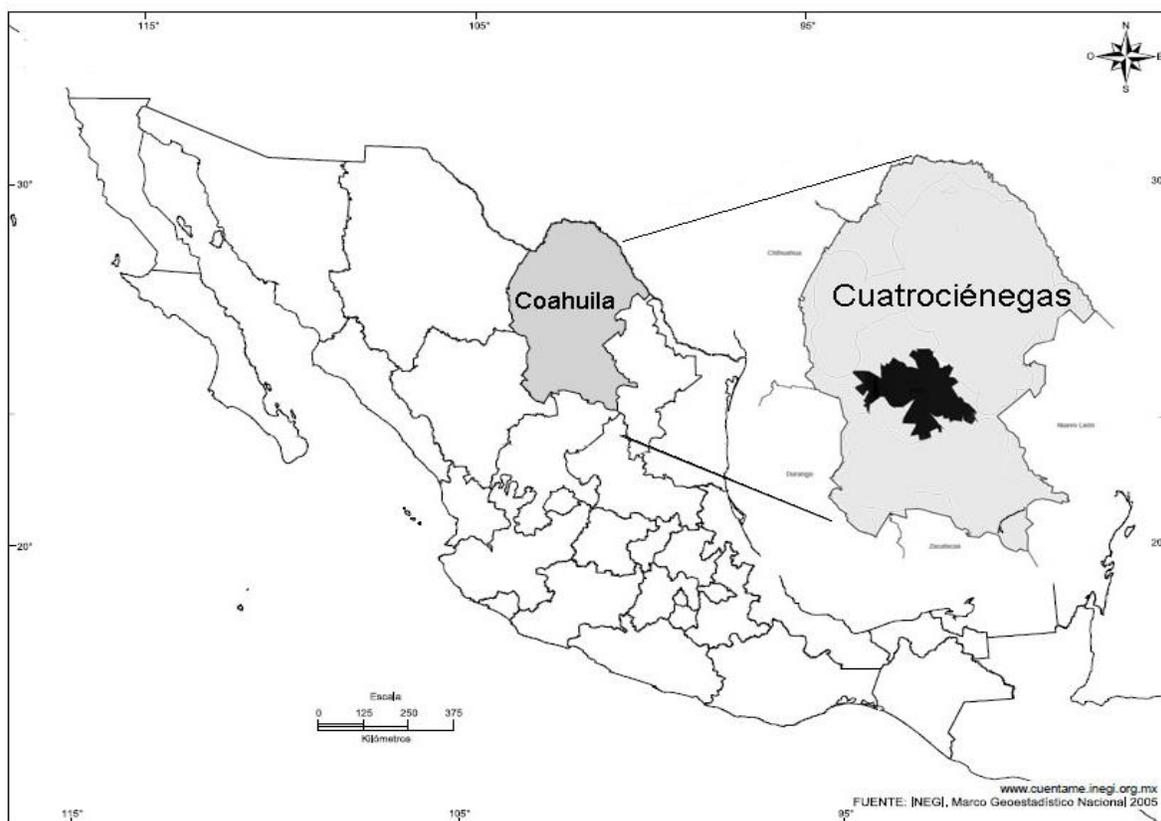


Figura 3. Área de estudio Valle de Cuatro Ciénegas.

Hidrológicamente, las aguas de Cuatro Ciénegas que se encuentran a lo largo del lado oeste de la Sierra de San Marcos, son ricas en sulfato, por ejemplo la Poza de la Becerra, laguna Grande, laguna Garabatal y laguna Juan Santos, mientras que las aguas subterráneas que abastecen de los manantiales de laguna Santa Tecla y laguna Antiojo que se localizan a lo largo del lado este de la Sierra de San Marcos, están enriquecidos en HCO_3 (bicarbonato). De acuerdo con Johannesson *et al.* (2004) son dos tipos de agua diferentes que presentan orígenes distintos, pues son controladas por la falla de San Marcos, donde el agua subterránea corre de este a oeste (Fig. 4a). Forti *et al.* (2003), mencionan que todas las pozas son drenadas por el río Mezquites y otros canales artificiales, y también sugieren la existencia de dos categorías de agua, una fría con baja salinidad y otra cálida de alta salinidad (Fig. 4b).

De acuerdo con Wolaver *et al.* (2008), existen pozas con altas concentraciones de cloruro, en la forma del ion Cl^- , uno de los principales aniones inorgánicos o iones negativos, en agua salada y agua dulce. Se origina a partir de la disociación de sales, tales como cloruro de sodio o cloruro de calcio en el agua. En su estudio menciona que las pozas del VCC alimentan canales separados, el canal Santa Tecla que drena pozas del lado este en la mitad de la cuenca y el canal Saca Salada, el cual captura la descarga de las pozas del lado oeste de la cuenca, por lo que las concentraciones de cloruro en esos dos grupos de las pozas son diferentes (Fig. 5).

La canalización del VCC de acuerdo con Alessio-Robles (1938), registra las rutas de los canales siguiendo las depresiones lineales leves. Otros canales más se construyeron en la década de 1890 y para 1960 aún continuaban en uso (Minckley, 1969). El mismo Minckley (1969) menciona que para 1960, la mayoría de los canales pequeños estaban secos, pero había canales que llevaban agua de la cuenca, estos eran: un canal de concreto proveniente de Poza la Becerra, el Canal Nuevo terminado en 1962 y un canal de concreto de laguna Santa Tecla (Wolaver, 2008) (Fig. 6).

Minckley (1992), menciona que el efecto inicial de la canalización es la reducción del agua superficial por debajo de los márgenes de un pozo, ocasionando que si existen

pequeñas zonas húmedas como pantanos, éstos tienden a secarse y la vegetación terrestre comienza a ocupar el lugar que ocupaba originalmente el agua. El problema es evidente si los canales están revestidos con hormigón para retardar la filtración. Los antiguos pantanos en los Pozos de la Becerra siguen siendo una muestra evidente sobre los pastizales invadiendo el suelo de la cuenca.

Históricamente Cuatro Ciénegas, fue originalmente fundado en 1800 pero en realidad surgió como misión en 1624. En las décadas de 1820 y 1830, había 1439 habitantes, muchos de ellos se dedicaban principalmente a tres actividades comerciales, en primer lugar el cultivo de algodón que generaba empleos para la población, teniendo una producción anual de entre 750-800 toneladas, aumentando el ingreso del ayuntamiento por impuestos de producción. Posteriormente la agricultura y al final la ganadería. El mismo ayuntamiento era el encargado de administrar y regular el abasto del agua, los recursos naturales, el comercio, seguridad y el cuidado de los caminos (Rosales, 2005). El ayuntamiento tenía en su poder un llamado fundo y era una ley que otorgaba tierras y aguas a cada municipio y era éste mismo quien rentaba el uso de los recursos a quién así lo requiriera, dentro de estos derechos estaba el uso de los manantiales, ríos, arroyos, los cuales se canalizaban hacia represas para su posterior uso (Rosales, 2005). Esta visión de los primeros años de la fundación de Cuatro Ciénegas, nos permite tener un panorama más claro el momento en el que el agua del VCC comenzó a ser canalizada y distribuida a las diferentes regiones cercanas a este.

a)



b)

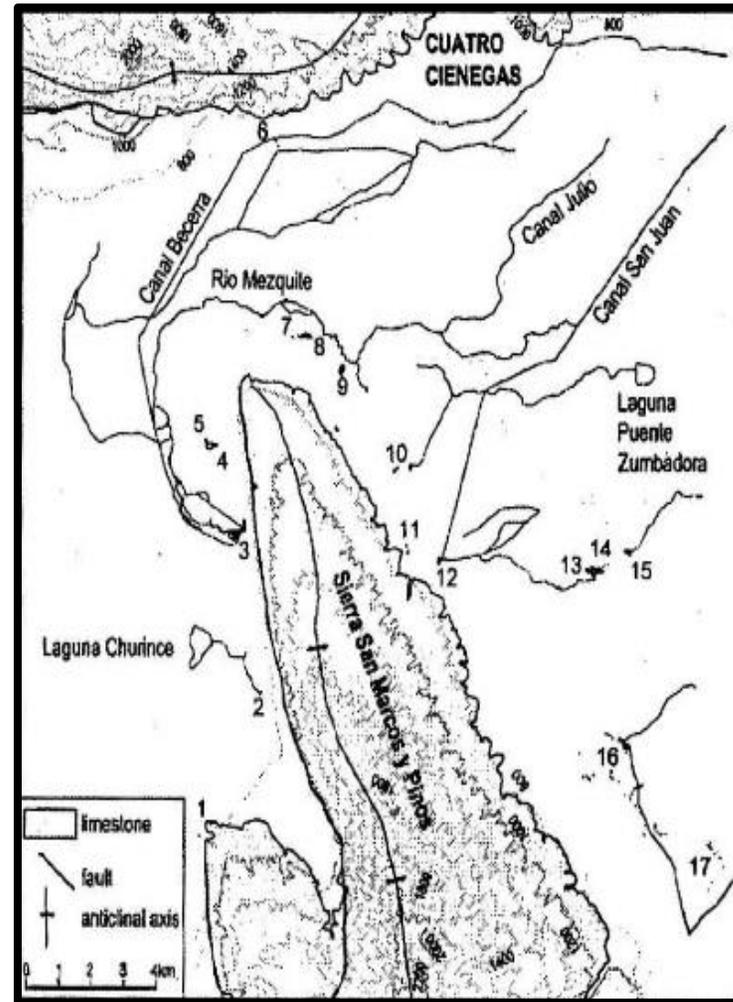


Figura 4. a) Tomada de Johannesson *et al.* 2004. Muestra las Pozas, lagunas y canales del VCC. b) Tomada de Forti *et al.* 2003. Indica las pozas y los canales artificiales que drenan a estas.

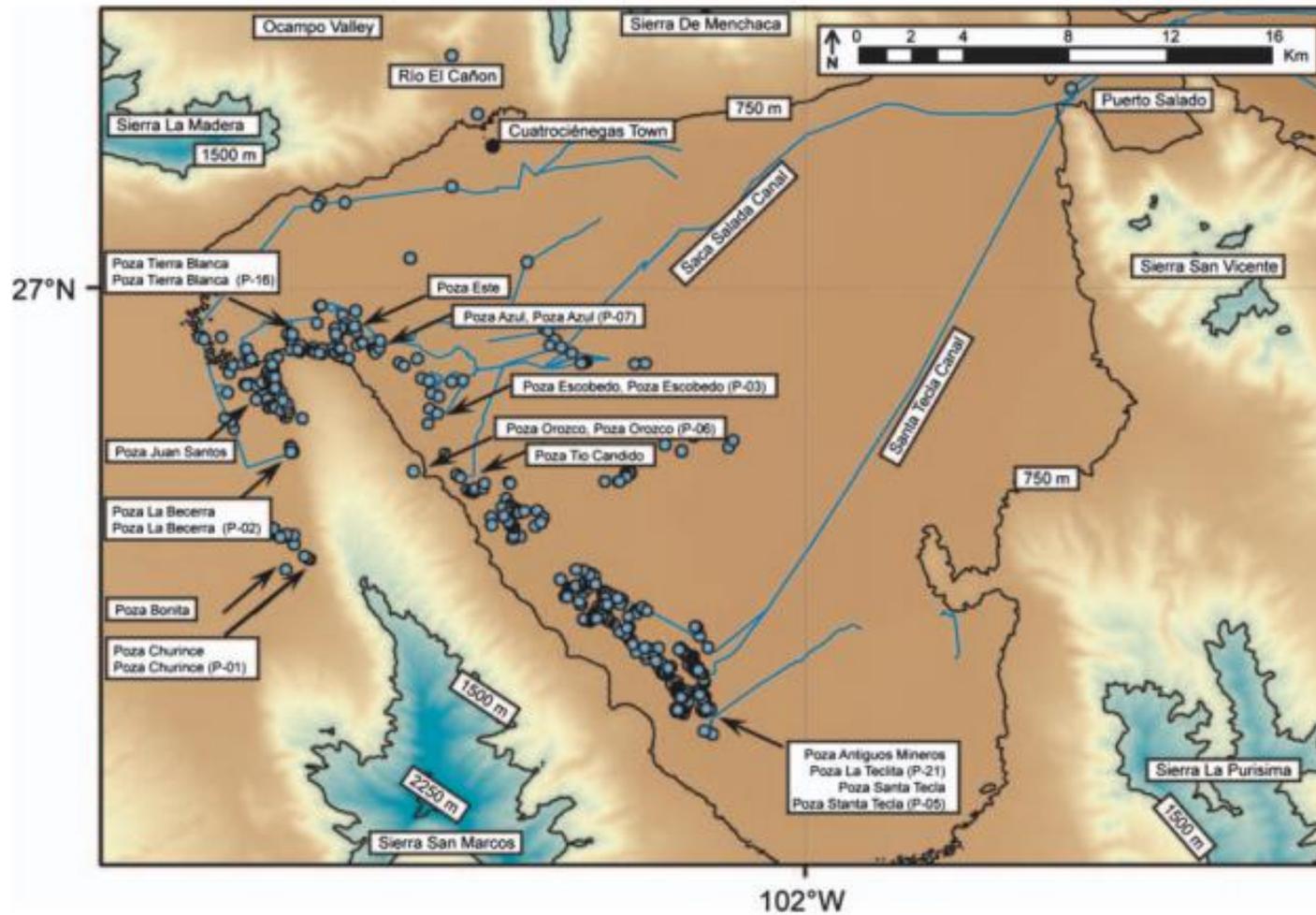


Figura 5. Localización de las pozas del VCC (puntos azules) que alimentan dos canales separados, el canal Santa Tecla que drena los manantiales en la mitad este de la cuenca y el canal Saca Salada, que captura la descarga de los manantiales de la cuenca occidental. Tomado de Wolaver *et al.* 2008.

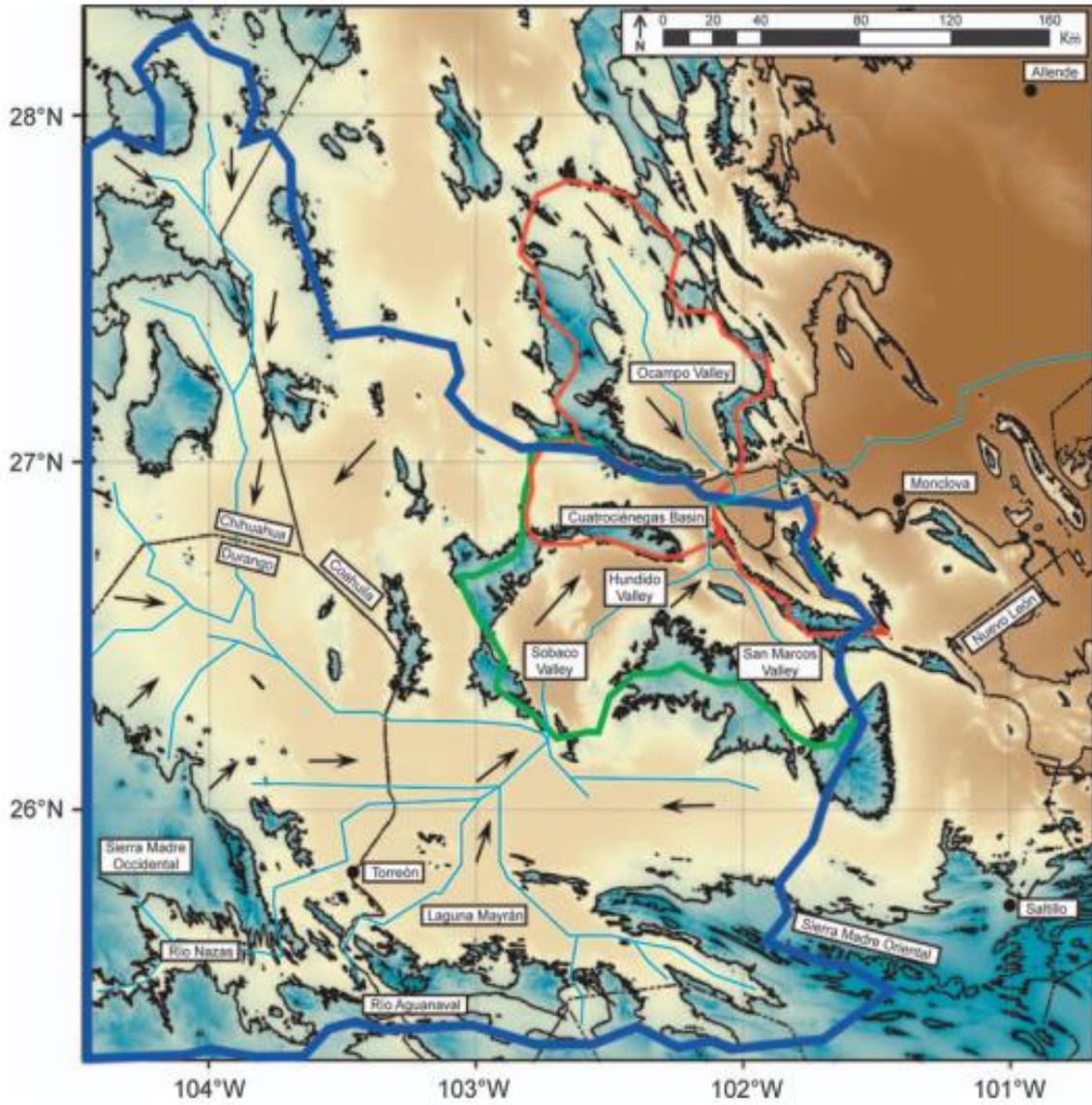


Figura 6. Flujo superficial en color azul claro; en color rojo el flujo del sistema Saca Salada y Santa Tecla; en color verde el flujo del sistema Sobaco, Hundido y Valle de San Marcos; flujo regional en azul marino. Tomado de Wolaver *et al.* 2008.

Los datos presentados en este trabajo provienen en primera instancia de la revisión de 12 trabajos relacionados con el género *Palaemon*. Se analizaron especímenes de las poblaciones de *P. suttkusi* de su localidad tipo, así como de diversas localidades a lo largo del VCC, depositados en la Colección Nacional de Crustáceos, del Instituto de Biología, UNAM. Se utilizaron caracteres morfológicos externos sugeridos en la literatura especializada (Holthuis, 1952; Smalley, 1964; Villalobos y Hobbs, 1974), más otros caracteres útiles en la identificación de otros organismos de la misma familia, con la finalidad de saber si es posible utilizarlos en el tipo de análisis que se describe (Tabla 1).

Los especímenes fueron determinados con el uso de un microscopio estereoscópico marca Olympus Modelo SZH10 Research Stereo con una precisión de 1:10 mm (lo cual nos permitirá observar a mayor detalle las estructuras morfológicas) mediante la colocación de los especímenes en una caja Petri con alcohol al 70% y medidos con regla milimétrica en el ocular con un aumento de 1x.

Se utilizó el estudio de Alvarez *et al.* (2014), en el que al comparar el gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I (COI), se obtuvieron divergencias mayores al 4% entre Churince y Raro, Churince con *P. suttkusi* y Churince con *P. kadiakensis*. De acuerdo con Breinholt *et al.* (2009), una distancia > 4% en COI indican una distinción entre especies de crustáceos, por lo que en el apartado de resultados, se conformaron los grupos de haplotipos diferentes de acuerdo con dicha información.

De todos los especímenes se tomaron un total de 12 medidas morfométricas: 1, longitud total (LT) que va de la primera espina rostral hasta la punta distal del telson; 2, longitud cefalotórax (LC) que se toma en línea recta a partir del margen posterior de la órbita ocular hasta la parte posterior del cefalotórax; 3, longitud del rostro (LR) que va desde el margen posterior de la órbita ocular hasta el primer diente rostral; del primer pereiópodo se tomaron las siguientes tres medidas: 4, la longitud del propodio (P); 5, longitud del carpo (C); 6, longitud del mero (M); 7 la suma de estas tres medidas que dan la longitud del primer pereiópodo (LPP); del segundo pereiópodo se tomaron las siguientes medidas: 8, longitud del isquio (I2); 9, longitud del mero (M2); 10, longitud del carpo (C2); 11, longitud del propodio (P2), 12 la suma de estas cuatro medidas dan la longitud del segundo pereiópodo

(L2P). También se tomaron caracteres merísticos de los organismos como: el número de dientes dorsales del rostro (DDR), número dientes ventrales del rostro (DVR) y número de espinas del *appendix masculina* (EAM). Con estas medidas se elaboraron dos tablas que contienen los valores mínimo, máximo y entre paréntesis el promedio, tanto para machos como para hembras. Todas las medidas fueron tomadas siguiendo los métodos de McDonald (2009) y de Anastasiadou *et al.* (2009). Se obtuvieron los porcentajes de variación morfométrica en machos y hembras entre los tres grupos de haplotipos de *Palaemon*, tomando en cuenta la longitud total como el 100% y posteriormente cada una de las variables se dividió entre ésta para obtener su equivalencia en porcentaje para posteriormente graficar los promedios para cada grupo.

Se llevó a cabo una comparación del tamaño de los huevos de las hembras ovígeras y se contrastó con el estudio realizado por Rodríguez-Almaraz *et al.* (2010); para esto se utilizó la LC. Los huevos fueron removidos cuidadosamente del abdomen, contados, medidos tanto de alto (A) como ancho (AN) y categorizados como desarrollo temprano de acuerdo a lo propuesto por Rodríguez *et al.* (1993), que son los huevos en el primer estadio, caracterizado por estar recién fecundados, ya que sólo se diferencia vitelo homogéneo granulado finamente, comprendiendo el 100% del volumen del huevo. Se obtuvo el volumen del huevo (VH) que es calculado como $VH = A \times \pi \times \left(\frac{AN}{2}\right)^2$ y se obtuvieron los promedios (Corey y Reid, 1991).

Una vez obtenidas todas las medidas morfométricas y merísticas tanto en machos como hembras se analizaron con el paquete estadístico R donde se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, posteriormente se realizaron pruebas de ANOVA que se complementaron con la prueba *post hoc* de Games-Howell para comparaciones múltiples, ya que no asume igualdad de varianzas y existen tamaños distintos en los grupos, con el fin de determinar que grupos difieren entre sí (Games y Howell, 1976). Esta prueba se realizó con el programa SPSS versión 22. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP), útil para analizar las variaciones interespecíficas (Thorpe, 1980), con su gráfico; se eliminó de este análisis la longitud total, pues estaría causando un sesgo en los datos. Se efectuó también un análisis discriminante para revelar si es posible la conformación de grupos y

éstos están acompañados con su respectivo gráfico. Posteriormente se llevó a cabo un UPGMA sobre las variables morfométricas, este agrupa a los especímenes de acuerdo su similitud (Sneath y Sokal 1973).

RESULTADOS

El trabajo se desarrolló en dos secciones. En la primera de ellas, se realizó el reconocimiento taxonómico de la especie del género *Palaemon* que se encuentra distribuida en el área del VCC, con base en la literatura y en el material depositado en la CNCR (Tablas 1, 2). La segunda sección abordó un análisis morfométrico, merístico y estadístico para determinar si el tamaño y número de ciertas estructuras podría considerarse para discriminar entre los distintos grupos de haplotipos de *Palaemon* del VCC.

Tabla 1. Características diagnosticas de cada especie de *Palaemon*.

Especie	Rostro	Flagelo antenular	<i>Appendix masculina</i>	Telson
<i>P. paludosus</i> (Gibbes, 1850)	Delgado 6-8 dientes dorsales rara vez 5-9 3-4 dientes ventrales rara vez 1-2	Fusionado 2 ramas con 16-29 articulaciones	Cuatro espinas apicales	
<i>P. kadiakensis</i> Rathbun, 1902	Recto 6-8 dientes dorsales 2-3 dientes ventrales	Fusionado 11-23 articulaciones	Tres espinas apicales	2 pares de espinas al margen del telson
<i>P. suttkusi</i> Smalley, 1964	Grande 5-7 dientes dorsales 2-5 dientes ventrales	Fusionado con 10- 16 articulaciones	Seis espinas apicales	2 pares de espinas móviles y un par de setas
<i>P. lindsayi</i> Villalobos y Hobbs, 1974	Grande 6-7 dientes dorsales 2-3 y raramente 4 dientes ventrales	Fusionado 13-15 articulaciones	Cinco espinas apicales	2 pares de espinas dorsales un par de setas plumosas
<i>P. mexicanus</i> Strenth, 1976	Grande 6-7 dientes dorsales 1-2 dientes ventrales	Fusionado 14-24 articulaciones	Cinco espinas apicales	Un par de espinas dorsales, un par en el margen posterior y un par de setas plumosas
<i>P. hobbsi</i> Strenth, 1994	Grande 5-6 dientes dorsales 2 dientes ventrales	Fusionado 13-22 articulaciones	Cuatro espinas apicales	2 pares de espinas dorsales Un par de setas plumosas

Tabla 2. Lotes del Valle de Cuatro Ciénegas depositados en la CNCR con su respectivo identificador de localidad utilizado a partir de este momento en todas las tablas.

Número de Catálogo	Estado	Localidad
26083	Coahuila	Río Salado (RS)
26521	Coahuila	El Antiojo (EA)
26672	Coahuila	Pozas Azules (PAZS)
26663	Coahuila	Poza los Hundidos (LH)
26295	Coahuila	Poza Azul (PAZ)
26678	Coahuila	Poza los Hundidos (LH)
26969	Coahuila	Poza Santa Teclita (STT)
26970	Coahuila	Laguna Churince, manantial principal (CH)
28985	Coahuila	La Becerra (LB)
29023	Coahuila	Río Mezquites (RM)

Se midieron un total de 279 individuos provenientes de nueve localidades del VCC (Tabla 2), 188 machos y 91 hembras de las cuales 17 eran ovígeras. Las medidas morfométricas y merísticas se encuentran en las tablas 3 y 4, en las que se muestran los valores mínimo, máximo y entre paréntesis el promedio para machos y hembras. Posteriormente se obtuvieron los porcentajes de variación en las medidas morfométricas del segundo par de pereiópodos, pues en la especie *P. carteri* (Gordon, 1935) ha demostrado ser de utilidad en cuanto a sus rangos y estos se encuentran gráficamente expresados en la figura 7, donde si tomamos en cuenta los grupos *P. suttkusi*, raro y Churince, podemos apreciar que sus rangos de variación se encuentran traslapados, no permitiendo una diferenciación por medio de la L2P respecto a la LT. Del mismo modo se efectuaron comparaciones de diferencias en el porcentaje de variación de la L2P pero ahora marcando por grupo genéticamente distinto por localidades (fig. 8).

Análisis estadísticos

Con las variables morfométricas que cumplieron con el supuesto de normalidad y se procedió a la realización de las pruebas de ANOVA y los resultados de éstas se presentan en las tablas 7 y 8 tanto en machos como en hembras respectivamente, las cuáles revelaron heterogeneidad entre las localidades en todas las variables morfométricas, por lo tanto se aplicó la prueba *post hoc* de Games-Howell, los resultados se detallan a continuación.

Es importante hacer mención que los organismos provenientes de las localidades de los Hundidos, Pozas Azules, río Salado de los Nadadores y Santa teclita conforman el grupo *P. suttkusi*, mientras que las localidades Poza Azul y río Mezquites forman el grupo raro, las localidades Churince, el Antiojo y la Becerra conforman al grupo Churince por su cercanía.

Se hará una comparación de las localidades con respecto a la localidad del río Salado de los nadadores, pues es de donde se obtuvieron los especímenes de los cuales se hizo la descripción de la especie.

Al tratarse de distintos grupos haplotípicos, esperaríamos valores que difirieran de manera interespecífica. Por lo que al observar la primera tabla del estadístico de Games-Howell que corresponde a la LC (tabla 9), la localidad RS presenta la mayor cantidad de diferencias con respecto al resto de las localidades, entre estas destaca la presencia de las localidades de PAZ ($P=0.006$), RM ($P=0.000$) que forman parte del grupo raro, y LB ($P=0.000$) que forma parte del grupo de Churince y no hubo diferencias con STT ($P=0.287$), LH que forman parte del grupo de la especie *P. suttkusi* ($P=0.291$) y CH ($P=0.092$) que a pesar de pertenecer genéticamente a otro grupo, estadísticamente no hay diferencias. En la tabla 10 podemos apreciar que la LR en la localidad RS se encuentra el mayor número de diferencias contra el resto de localidades con RM ($P=0.023$), PAZ ($P=0.001$) pertenecientes al grupo raro y con LB ($P=0.000$), EA ($P=0.004$) grupo Churince. En la tabla 11, se trata del propodio del primer pereiópodo, el cual la localidad RS presenta diferencias con STT ($P=0.039$) y PAZS ($P=0.000$) que es interesante puesto que genéticamente son la misma especie y forman parte del grupo de *P. suttkusi*. También presenta diferencias con CH ($P=0.008$), LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.015$) pertenecientes al grupo Churince. Las comparaciones con el C (tabla 12), muestra

que el RS es distinto a PAZS ($P=0.000$) grupo *P. suttkusi*, RM ($P=0.000$), PAZ ($P=0.000$) del grupo raro y con EA ($P=0.045$) y LB ($P=0.000$) del grupo Churince. En la tabla 13 correspondiente al M, el RS es distinto a PAZS ($P=0.000$) mismo grupo *P. suttkusi*, RM ($P=0.004$) y PAZ ($P=0.009$) del grupo raro, LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.024$) del grupo Churince pero CH parece ser que es igual al grupo *P. suttkusi* ($P=0.216$). En la siguiente se analiza la LPP (tabla 14), en la que las diferencias principales se encuentran dadas una vez más en el RS en las localidades del grupo raro RM ($P=0.001$) y PAZ ($P=0.000$), con LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.009$) del grupo Churince y con PAZS ($P=0.000$) del grupo *P. suttkusi*. En la tabla 15 se encuentran las diferencias del I2, donde RS es distinto con PAZS ($P=0.001$) grupo *P. suttkusi*, RM ($P=0.018$) del grupo raro, LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.024$) del grupo Churince. El M2 (tabla 16) nos muestra que las diferencias se encuentran entre el RS y PAZS ($P=0.000$) del grupo *P. suttkusi*, LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.022$). En la tabla 17 encontramos al C2, podemos apreciar las diferencias entre el RS con PAZS ($P=0.000$) del grupo *P. suttkusi*, RM ($P=0.006$) del grupo raro y con LB ($P=0.000$) del grupo Churince. El P2 se encuentra en la tabla 18, las principales diferencias están en STT ($P=0.007$), PAZS ($P=0.000$) ambas correspondientes al grupo *P. suttkusi*, LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.020$) del grupo Churince. La L2P en la que esperábamos existiera la mayor diferencia, la tenemos representada en la tabla 19, donde las diferencias están localizadas en RS con RM ($P=0.033$) grupo raro, PAZS ($P=0.000$) grupo *P. suttkusi*, LB ($P=0.000$) y EA ($P=0.023$) del grupo Churince.

Para las hembras es importante hacer mención que las diferencias significativas no fueron tan abundantes como en los machos. Comenzaremos con la LC (tabla 20) donde no hubo diferencias del RS con respecto al resto de las localidades, pero si hubo diferencias entre otras localidades LB del grupo Churince con respecto de RM ($P=0.045$) del grupo raro y de EA del grupo Churince con PAZS ($P=0.009$) del grupo *P. suttkusi*. En la LR (tabla 21) no hubo diferencia significativa alguna. En la tabla 22 del P ocurrió el mismo comportamiento a la anterior. En la tabla 23 se presenta el C, y las diferencias estuvieron relacionadas entre el RS con respecto a PAZS ($P=0.030$) y forman parte del mismo grupo *P. suttkusi*, otra diferencia se dio entre LB del grupo CH y RM ($P=0.044$) del raro y entre EA y PAZS ($P=0.004$). La tabla 24 presenta al M, y las principales diferencias están entre PAZS y STT ($P=0.034$) esto

es interesante pues forman parte del mismo grupo *P. suttkusi*, otra diferencia se dio entre EA y PAZS ($P=0.026$) las cuales forman parte del grupo Churince y *P. suttkusi* respectivamente. En la tabla 25 tenemos a LPP, donde el RS presentó diferencias con una localidad de su mismo grupo *P. suttkusi* PAZS ($P=0.032$), entre RM y EA ($P=0.019$) del grupo raro y Churince. En la tabla 26 se presentan los resultados del I2, donde la única diferencia localizada se dio entre EA y PAZS ($P=0.050$) es decir entre los grupos Churince y *P. suttkusi*. En la tabla 27 tenemos al M2 y sucedió el mismo caso anterior, la diferencia estuvo dada entre las localidades de EA y PAZS entre los grupos Churince y *P. suttkusi* ($P=0.027$). El C2 se encuentra en la tabla 28, las diferencias las localizamos entre LB y RM ($P=0.040$) entre los grupos Churince y raro, entre EA y RM ($P=0.028$) grupos Churince y raro respectivamente. Y entre EA y PAZS ($P=0.050$) grupos Churince y *P. suttkusi*. En la tabla 29 no existieron diferencias significativas entre el P en ninguna localidad. Fue el mismo caso que encontramos en la tabla 29 en donde está representada la L2P y no existieron diferencias significativas.

Se efectuó el ACP primero para los datos morfométricos y posteriormente para datos merísticos, con el fin de detectar las diferencias entre las poblaciones y determinar la contribución de cada variable a la diferenciación de estas mismas.

La tabla 31 nos muestra los valores del PCA para las variables morfométricas y revela en el PCI que la L2P (-0.417) es el componente de mayor importancia en el análisis para los machos, mientras que el PCII fue la LPP (-0.520) y podemos ver esto de manera en la figura 9. En la tabla 32 tenemos los valores del PCA para las variables merísticas, la cual nos dice que el CPI son los DDR (-0.701), mientras que el PCII DVR (-0.372) gráficamente en la figura 10. En las hembras el PCA de las variables morfométricas (tabla33) nos mostró que de nueva cuenta la L2P es el PCI con (-0.751) mientras que el PCII también fue la LPP (-0.525) de manera visual en la figura 11. Para los caracteres merísticos, el PCA nos permite apreciar en la tabla 34 que los DDR (-0.820) conforman el PCI, mientras que el PCII los DVR (-0.820) en la figura 12 podemos ver que no existe una separación dada por este par de componentes.

Después del ACP, se procedió a realizar un análisis discriminante con su respectivo gráfico, el cual se utilizó para observar que tan bien se puede discriminar entre los tres grupos de individuos de acuerdo a sus variables morfométricas. En la tabla 37 apreciamos que el grupo *P. suttkusi* está conformado por 89 organismos, de los cuales fue clasificado 75 veces como *P. suttkusi* es decir una efectividad del 84.2% en clasificación, dos veces dentro del grupo raro (2.2%) y 12 veces (13.4%) como grupo Churince. El grupo Raro contenía 33 organismos de los cuales fue identificado nueve ocasiones como raro (27.2%), mientras que seis veces como *P. suttkusi* (18.1%) y 18 ocasiones como Churince (54.5%). El grupo Churince estuvo conformado por 66 individuos, de los cuales 43 de ellos se clasificaron como Churince, es decir un 65.1% de efectividad de clasificación, mientras que 17 fueron clasificados como *P. suttkusi* (25.7%) y seis como raro (9%), pero en la figura 13, no nos permite observar la conformación de grupos.

En la tabla 38 correspondiente al análisis discriminante en las hembras, mostró que el grupo *P. suttkusi* conformado por 39 organismos, fue clasificado dentro del grupo *P. suttkusi* en 33 ocasiones representando un 84.6% de efectividad, tres veces como el grupo raro (7.6%) y otras tres como el grupo Churince (7.6%). El grupo raro conformado por 22 individuos fue clasificado 15 veces como grupo raro con un 68.1% de efectividad, tres veces como el grupo *P. suttkusi* (13.6%), y 4 veces como grupo Churince (18.1%). El grupo Churince conformado por 30 individuos fue clasificado en 23 ocasiones como grupo Churince, lo que representa un 76% de efectividad, cinco veces como *P. suttkusi* (16.6%) y dos veces como grupo raro (6.6%). En la figura 14 se esperaba ver una clara distinción de los tres grupos debido a la efectividad del análisis pero no fue posible, pues se aprecia un cumulo de puntos al centro de la figura.

Para finalizar se llevó a cabo un UPGMA utilizando las distancias euclidianas, tanto en machos como para hembras, utilizando las variables morfométricas y como se había demostrado en los análisis posteriores, todos los grupos se encuentran conformando un mosaico heterogéneo impidiendo la conformación de los grupos, esto sucedió en machos y hembras (figs. 15 y 16).

Tabla 3. Datos morfométricos y merísticos de *Palaemon* ♂ del VCC, medidas en mm y con promedios. LT, LC, LR, P, C, M, LPP, I2, M2, C2, P2, L2P, DDR, DVR y EAM.*Los valores fueron redondeados pues son estructuras merísticas y se manejan en números enteros.

Variables morfométricas y merísticas	Localidad								
	Río Salado	Pozas Azules	Los Hundidos	Santa Teclita	Río Mezquites	Poza Azul	El Antiojo	La Becerra	Churince
LT	16-34.4 (24.4)	14.8-22.8 (18.8)	15.6-26.1 (21.8)	15.9-26.6 (21.3)	16.0-22.9 (20.0)	18.7-23.8 (20.6)	17.8-22.7 (19.8)	13.9-21.1 (17.4)	15.6-25.6 (21.3)
LC	3-7 (4.7)	3.1-4.9(3.6)	3.1-5.1 (4.2)	3.0-5.5 (4.2)	3.2-4.2 (3.7)	3.3-4.6 (3.8)	3.5-4.6 (3.9)	2.9-3.7 (3.3)	3.1-5.1 (4.1)
LR	2.9-6.5 (4.8)	3.4-6.0 (3.7)	3.5-2.0 (4.1)	3.1-5.9 (4.3)	2.7-4.6 (3.9)	3.4-4.7 (3.7)	3.5-4.5 (3.7)	2.7-4.1 (3.4)	3.1-5.6 (4.3)
P	1-1.8 (1.3)	0.9-1.2 (1.0)	0.9-1.5 (1.2)	0.9-1.5 (1.1)	1.0-1.7 (1.1)	1.0-1.3 (1.1)	0.9-1.3 (1.0)	0.8-1.2 (1.0)	1.0-1.3 (1.1)
C	1.3-3.5 (2.3)	1.3-2.0 (1.6)	1.4-3.0 (2.0)	1.4-2.8(2.0)	1.3-2.0 (1.7)	1.3-2.2 (1.7)	1.6-2.2 (1.8)	1.2-1.9 (1.6)	1.2-2.6 (1.9)
M	1.2-3.7 (2.0)	1.2-1.7 (1.4)	1.2-2. (1.6)	1.2-2.1 (1.6)	1.3-1.7 (1.5)	1.4-1.8 (1.5)	1.4-1.8 (1.6)	1.0-1.7 (1.3)	1.2-2.3 (1.7)
LPP	3.6-8.1 (5.7)	3.4-4.8 (4.1)	3.6-5.9 (4.8)	3.5-6.4 (4.8)	3.8-5.0 (4.4)	3.9-5.1 (4.3)	4.1-5.3 (4.5)	3.1-4.6 (4.0)	3.4-6.1 (4.8)
I2	1.4-3.0 (2.1)	1.4-2.2 (1.7)	1.3-2.4 (1.9)	1.6-2.7 (2.0)	1.5-2.1 (1.8)	1.7-2.2 (1.9)	1.6-2.1 (1.8)	1.3-1.9 (1.6)	1.3-2.5 (2.0)
M2	1.3-2.7 (1.91)	1.3-1.7 (1.5)	1.3-2.2 (1.7)	1.5-2.2 (1.7)	1.8-1.9 (1.7)	1.6-2.0 (1.7)	1.5-1.8 (1.6)	1.2-1.8 (1.4)	1.1-2.3 (1.8)
C2	1.9-4.3 (2.9)	1.8-2.6 (2.2)	1.5-3.3 (2.5)	2.3-3.8 (2.7)	2.2-2.8 (2.4)	2.2-3.0 (2.4)	2.2-2.9 (2.4)	1.7-2.5 (2.1)	1.6-3.5 (2.6)
P2	1.5-3.4 (2.1)	1.3-2.2 (1.6)	1.4-2.2 (1.8)	1.5-2.2 (1.8)	1.9-2.3 (1.9)	1.4-2.2 (1.9)	1.6-2.1 (1.7)	1.4-2.0 (1.6)	1.5-2.3 (1.9)
L2P	6.1-13.4 (9.1)	5.8-8.7 (7.1)	5.5-10.1 (8.0)	6.9-10.3 (8.3)	7.4-9.1 (7.8)	6.9-9.4 (8.0)	6.9-8.9 (7.6)	5.6-8.2 (6.8)	5.5-10.6 (8.5)
DDR	7-8 (7)*	6-9 (7)	6-8 (7)*	6-8 (7)*	7-9 (8)*	7-8 (7)*	6-8 (7)*	7-8(7)*	7-9 (8)
DVR	2-3(2)*	2-3 (3)*	2-5 (2)*	1-2 (2)*	2-3 (3)*	2-3 (3)*	1-2(2)*	2-3 (2)*	2-3 (3)*
EAM	4-6 (5)*	3-6 (4)*	4-5 (4)*	3-5 (4)*	4-6 (5)	4-5 (5)*	4-5 (5)	3-6 (5)*	4-6 (5)*

Tabla 4. Datos morfométricos y merísticos de *Palaemon* ♀ del VCC, medidas en mm y con promedios. LT, LC, LR, P, C, M, LPP, I2, M2, C2, P2, L2P, DDR, DVR.*Los valores fueron redondeados pues son estructuras merísticas y se manejan en números enteros.

Variables morfométricas y merísticas	Localidad								
	Río Salado	Pozas Azules	Los Hundidos	Santa Teclita	Río Mezquites	Poza Azul	El Antiojo	La Becerra	Churince
LT	14.6-34.6 (24.0)	17.0-20.1 (19.2)	19.7-33.6 (26.5)	19.7-32.0 (26.6)	14.5-28.8 (21.7)	23.4-29.1 (25.9)	22.6-32.6 (27.4)	21.9-28.6 (24.7)	16.2-36.1 (24.1)
LC	3.9-6.9 (4.9)	3.5-4.4(4.0)	3.7-7.1 (5.5)	3.7-7.1 (5.7)	3.0-5.9 (4.5)	4.8-6.7 (5.7)	5.0-6.3 (5.6)	5.0-5.9 (5.4)	3.3-6.8 (5.1)
LR	3.8-6.0 (4.6)	3.2-4.1 (3.7)	3.7-6.2 (5.0)	3.7-6.2 (5.0)	3.0-5.7 (4.9)	4.5-5.9 (5.0)	4.5-6.1 (5.2)	4.6-5.3 (4.8)	3.6-5.9 (4.6)
P	1-1.8 (1.4)	1.0-1.3 (1.1)	1.2-1.9 (1.5)	1.2-1.8 (1.5)	1.0-1.6 (1.3)	1.3-1.9 (1.5)	1.2-1.7 (1.5)	1.3-1.6 (1.4)	1.0-1.8 (1.4)
C	1.7-3.6 (2.4)	1.6-2.0 (1.8)	1.8-3.3 (2.6)	1.8-3.3(2.7)	1.4-2.8 (2.1)	2.3-3.5 (2.8)	2.3-3.2 (2.8)	2.4-2.8 (2.6)	1.6-3.2 (2.4)
M	1.5-2.8 (2.0)	1.4-1.7 (1.5)	1.6-2.9 (2.2)	1.6-2.8 (2.3)	1.5-2.4 (1.8)	1.8-3.0 (2.2)	1.9-2.6 (2.2)	2.0-2.3 (2.1)	1.3-2.6 (2.0)
LPP	4.3-8.2 (5.9)	4.0-4.7 (4.4)	4.7-8.0 (6.4)	4.7-7.8 (6.5)	4.0-6.7 (5.3)	5.4-8.4 (6.6)	5.7-7.3 (6.4)	5.7-6.6 (6.2)	3.9-7.3 (5.8)
I2	1.7-3.4 (2.3)	1.7-2.1 (1.8)	1.6-3.6 (2.5)	1.6-3.0 (2.4)	1.5-3.0 (2.2)	2.1-4.3 (2.5)	2.5-3.3 (2.8)	2.4-3.1 (2.6)	1.6-4.0 (2.6)
M2	1.5-2.9 (2.1)	1.6-1.9 (1.7)	1.6-3.3 (2.5)	1.6-3.1 (2.4)	1.5-2.9 (2.1)	2.1-3.5 (2.6)	2.3-3.0 (2.6)	2.0-2.9 (2.4)	1.5-3.1 (2.3)
C2	2.3-4.3 (3.1)	2.2-2.8 (2.4)	2.5-4.8 (3.7)	2.5-4.8 (3.7)	2.0-4.1(3.0)	2.8-5.1 (3.7)	3.3-4.5 (3.9)	3.3-4.3 (3.7)	2.1-4.6 (3.5)
P2	1.8-3.5 (2.5)	1.4-2.2 (1.9)	2.1-4.6 (3.1)	2.1-3.8 (3.0)	1.8-3.8 (2.7)	2.5-4.5 (3.2)	2.8-3.9 (3.3)	2.2-3.4 (2.6)	1.6-4.2 (2.9)
L2P	7.6-14.0(10.6)	7.3-8.9 (8-0)	7.8-16.0 (12.0)	7.8-14.3 (11.7)	6.8-13.8 (10.1)	9.5-16.5 (12.1)	10.9-14.7 (12.7)	10.0-13.6 (11.5)	6.8-15.9 (11.4)
DDR	5-7 (6)*	6-7 (6)*	6	5-7 (6)*	6-7 (6)*	6-7 (6)*	5-6 (6)*	5-7 (6)	7-8 (7)*
DVR	2-3 (2)*	2-3 (2)*	2-3 (3)*	2-3 (2)*	2-3 (3)*	2-3 (3)*	1-2 (2)*	2-3 (3)	3

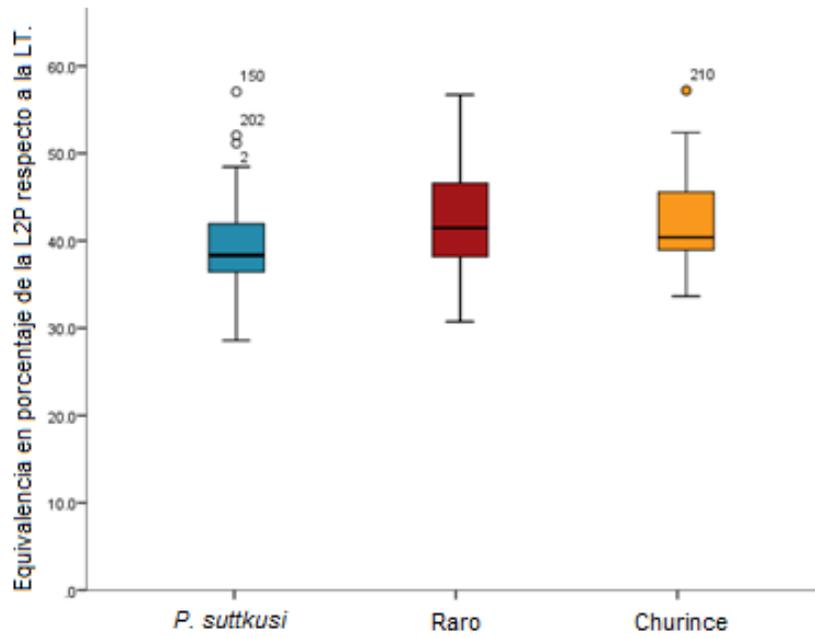


Figura 7. Porcentaje de la L2P respecto a la LT en los *Palaemon* del VCC.

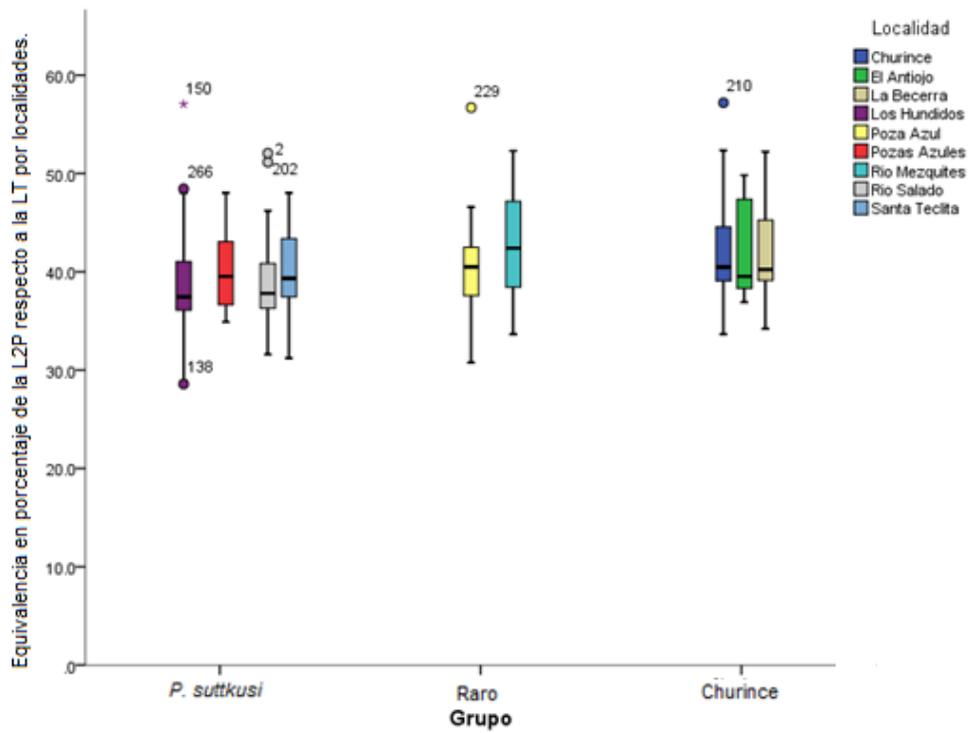


Figura 8. Porcentaje de la L2P respecto a la LT en los *Palaemon* del VCC por localidad.

Tabla 5. Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. En negritas aquellas medidas que no son normales en machos.

Variables Morfométricas	Río Salado	Pozas Azules	Los Hundidos	Santa Teclita	Río Mezquites	Poza Azul	El Antiojo	La Becerra	Churince
LC	0.535	0.053	0.325	0.865	0.106	0.191	0.101	0.140	0.630
LR	0.210	0.662	0.142	0.439	0.196	0.002	0.009	0.545	0.649
P	0.003	0.002	0.069	0.053	0.000	0.066	0.512	0.026	0.002
C	0.323	0.149	0.129	0.260	0.267	0.017	0.297	0.375	0.166
M	0.032	0.243	0.116	0.166	0.191	0.038	0.534	0.286	0.118
LPP	0.654	0.890	0.823	0.882	0.392	0.556	0.297	0.057	0.840
I2	0.645	0.238	0.071	0.004	0.459	0.231	0.207	0.333	0.289
M2	0.640	0.036	0.169	0.028	0.141	0.025	0.167	0.051	0.094
C2	0.384	0.249	0.014	0.022	0.029	0.278	0.070	0.556	0.357
P2	0.139	0.026	0.422	0.464	0.327	0.993	0.621	0.293	0.517
L2P	0.606	0.977	0.120	0.047	0.872	0.196	0.188	0.548	0.354

Tabla 6. Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. En negritas aquellas medidas que no son normales en hembras.

Variables Morfométricas	Río Salado	Pozas Azules	Los Hundidos	Santa Teclita	Río Mezquites	Poza Azul	El Antiojo	La Becerra	Churince
LC	0.051	0.621	0.637	0.012	0.953	0.948	0.960	0.898	0.406
LR	0.209	0.730	0.984	0.221	0.966	0.384	0.725	0.089	0.122
P	0.348	0.500	0.366	0.144	0.468	0.911	0.027	0.000	0.168
C	0.100	0.223	0.953	0.012	0.962	0.406	0.705	0.578	0.247
M	0.093	0.333	0.567	0.083	0.172	0.426	0.970	0.080	0.268
LPP	0.139	0.551	0.583	0.014	0.702	0.538	0.919	0.030	0.293
I2	0.034	0.437	0.690	0.253	0.927	0.259	0.329	0.059	0.635
M2	0.216	0.389	0.506	0.411	0.951	0.288	0.970	0.855	0.346
C2	0.205	0.193	0.734	0.352	0.821	0.519	0.985	0.861	0.352
P2	0.036	0.837	0.497	0.945	0.731	0.308	0.997	0.511	0.751
L2P	0.076	0.246	0.677	0.360	1.000	0.377	0.875	0.639	0.607

Tabla 7. Resultados de la ANOVA para las variables morfométricas en machos. En negritas aquellas medidas donde existieron diferencias significativas.

Variables Morfométricas	F	P
LC	11.758	0.000
LR	9.317	0.000
P	8.908	0.000
C	10.714	0.000
M	10.128	0.000
LPP	12.333	0.000
I2	8.010	0.005
M2	8.160	0.010
C2	7.648	0.003
P2	8.537	0.000
L2P	8.100	0.009

Tabla 8. Resultados de la ANOVA para las variables morfométricas en hembras. En negritas aquellas medidas donde existieron diferencias significativas.

Variables Morfométricas	F	P
LC	2.859	0.011
LR	1.637	0.007
P	2.061	0.127
C	3.380	0.002
M	2.923	0.006
LPP	3.095	0.004
I2	1.382	0.217
M2	1.724	0.105
C2	2.290	0.029
P2	1.337	0.237
L2P	1.608	0.135

Tabla 9. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del cefalotórax en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LC	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.287							
[3] LH	0.291	1.000						
[4] RM	0.000	0.008	0.005					
[5] PAZS	0.000	0.002	0.001	1.000				
[6] CH	0.092	0.998	0.994	0.027	0.005			
[7] LB	0.000	0.000	0.000	0.121	0.217	0.000		
[8] EA	0.038	0.684	0.629	0.936	0.829	0.898	0.094	
[9] PAZ	0.006	0.302	0.239	0.957	0.838	0.586	0.020	1.000

Tabla 10. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del rostro en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LR	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.454							
[3] LH	0.067	0.903						
[4] RM	0.023	0.458	0.949					
[5] PAZS	0.000	0.003	0.062	0.972				
[6] CH	0.452	1.000	0.902	0.456	0.003			
[7] LB	0.000	0.000	0.000	0.207	0.374	0.000		
[8] EA	0.004	0.108	0.469	0.997	1.000	0.108	0.613	
[9] PAZ	0.001	0.032	0.271	0.993	1.000	0.032	0.508	1.000

Tabla 11. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del propodio en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

P	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.039							
[3] LH	0.094	1.000						
[4] RM	0.302	1.000	1.000					
[5] PAZS	0.000	0.035	0.004	0.266				
[6] CH	0.008	1.000	0.995	1.000	0.002			
[7] LB	0.000	0.021	0.003	0.170	0.999	0.004		
[8] EA	0.015	0.766	0.550	0.815	1.000	0.739	0.990	
[9] PAZ	0.000	0.662	0.307	0.813	0.869	0.496	0.655	1.000

Tabla 12. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del carpo en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

C	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.190							
[3] LH	0.184	1.000						
[4] RM	0.000	0.032	0.051					
[5] PAZS	0.000	0.000	0.000	0.712				
[6] CH	0.130	1.000	1.000	0.072	0.000			
[7] LB	0.000	0.000	0.000	0.771	1.000	0.001		
[8] EA	0.045	0.917	0.946	0.800	0.139	0.975	0.158	
[9] PAZ	0.000	0.028	0.044	1.000	0.861	0.062	0.891	0.738

Tabla 13. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del mero en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

M	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.112							
[3] LH	0.072	1.000						
[4] RM	0.004	0.059	0.130					
[5] PAZS	0.000	0.000	0.000	0.659				
[6] CH	0.216	0.996	0.937	0.005	0.000			
[7] LB	0.000	0.000	0.000	0.228	0.953	0.000		
[8] EA	0.024	0.844	0.963	0.825	0.089	0.383	0.025	
[9] PAZ	0.009	0.328	0.559	0.989	0.146	0.050	0.043	0.998

Tabla 14. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del primer pereiópodo en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LPP	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.070							
[3] LH	0.055	1.000						
[4] RM	0.001	0.192	0.153					
[5] PAZS	0.000	0.000	0.000	0.293				
[6] CH	0.070	1.000	1.000	0.119	0.000			
[7] LB	0.000	0.000	0.000	0.185	0.999	0.000		
[8] EA	0.009	0.807	0.793	0.998	0.245	0.734	0.156	
[9] PAZ	0.000	0.053	0.033	1.000	0.364	0.024	0.236	0.976

Tabla 15. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del isquio en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

I2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.777							
[3] LH	0.227	0.910						
[4] RM	0.018	0.127	0.870					
[5] PAZS	0.001	0.003	0.183	0.955				
[6] CH	0.837	1.000	0.857	0.097	0.002			
[7] LB	0.000	0.000	0.001	0.075	0.488	0.000		
[8] EA	0.024	0.179	0.832	1.000	0.992	0.146	0.235	
[9] PAZ	0.207	0.898	1.000	0.668	0.057	0.832	0.000	0.657

Tabla 16. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del mero en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

M2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.359							
[3] LH	0.132	0.995						
[4] RM	0.174	0.999	1.000					
[5] PAZS	0.000	0.001	0.030	0.036				
[6] CH	0.894	0.968	0.659	0.747	0.000			
[7] LB	0.000	0.000	0.007	0.008	0.935	0.000		
[8] EA	0.022	0.592	0.976	0.954	0.417	0.144	0.115	
[9] PAZ	0.341	1.000	1.000	1.000	0.025	0.939	0.006	0.853

Tabla 17. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del carpo en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

C2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.936							
[3] LH	0.181	0.712						
[4] RM	0.006	0.036	0.958					
[5] PAZS	0.000	0.000	0.292	0.821				
[6] CH	0.775	1.000	0.883	0.076	0.001			
[7] LB	0.000	0.000	0.013	0.066	0.537	0.000		
[8] EA	0.052	0.249	0.983	1.000	0.978	0.374	0.395	
[9] PAZ	0.065	0.345	1.000	1.000	0.732	0.526	0.094	1.000

Tabla 18. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del propodio en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

P2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.007							
[3] LH	0.063	0.908						
[4] RM	0.330	0.413	0.980					
[5] PAZS	0.000	0.314	0.008	0.002				
[6] CH	0.405	0.168	0.874	1.000	0.000			
[7] LB	0.000	0.446	0.026	0.006	1.000	0.001		
[8] EA	0.020	1.000	0.824	0.459	0.925	0.312	0.952	
[9] PAZ	0.546	0.836	0.999	1.000	0.086	1.000	0.111	0.741

Tabla 19. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del segundo pereiópodo en machos. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

L2P	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	0.381							
[3] LH	0.118	0.993						
[4] RM	0.033	0.825	1.000					
[5] PAZS	0.000	0.002	0.066	0.162				
[6] CH	0.707	0.998	0.810	0.362	0.000			
[7] LB	0.000	0.000	0.005	0.015	0.875	0.000		
[8] EA	0.023	0.512	0.926	0.992	0.921	0.226	0.403	
[9] PAZ	0.169	0.997	1.000	0.999	0.106	0.881	0.012	0.917

Tabla 20. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del cefalotórax en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LC	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.993	0.864						
[4] RM	0.183	0.093	0.293					
[5] PAZS	0.137	0.075	0.201	1.000				
[6] CH	0.872	0.610	0.990	0.957	0.941			
[7] LB	1.000	0.993	0.972	0.045	0.021	0.751		
[8] EA	1.000	0.999	0.857	0.022	0.009	0.596	1.000	
[9] PAZ	1.000	1.000	0.986	0.370	0.350	0.871	1.000	1.000

Tabla 21. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del rostro en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LR	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	1.000	1.000						
[4] RM	0.610	0.528	0.427					
[5] PAZS	0.281	0.220	0.155	0.999				
[6] CH	0.973	0.966	0.957	0.998	0.926			
[7] LB	0.992	0.986	0.974	0.787	0.355	1.000		
[8] EA	1.000	1.000	1.000	0.283	0.094	0.892	0.880	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.880	0.633	0.999	1.000	0.999

Tabla 22. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del propodio en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

P	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	1.000	1.000						
[4] RM	0.437	0.307	0.611					
[5] PAZS	0.127	0.091	0.254	0.982				
[6] CH	0.959	0.881	0.974	0.999	0.886			
[7] LB	1.000	1.000	1.000	0.704	0.438	0.933		
[8] EA	1.000	0.999	1.000	0.509	0.161	0.984	0.997	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.749	0.518	0.950	1.000	0.999

Tabla 23. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del carpo en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

C	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.954	0.976						
[4] RM	0.090	0.140	0.494					
[5] PAZS	0.030	0.055	0.223	0.999				
[6] CH	0.644	0.720	0.994	0.960	0.731			
[7] LB	0.998	1.000	0.995	0.044	0.015	0.734		
[8] EA	1.000	1.000	0.790	0.011	0.004	0.334	0.949	
[9] PAZ	1.000	1.000	0.986	0.475	0.337	0.853	1.000	1.000

Tabla 24. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del mero en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

M	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	1.000	0.998						
[4] RM	0.143	0.083	0.358					
[5] PAZS	0.056	0.034	0.172	0.998				
[6] CH	0.682	0.513	0.890	0.996	0.911			
[7] LB	0.985	0.916	1.000	0.268	0.111	0.939		
[8] EA	1.000	1.000	1.000	0.059	0.026	0.590	0.973	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.8837	0.705	0.973	1.000	1.000

Tabla 25. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del primer pereiódodo en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

LPP	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.998	0.995						
[4] RM	0.128	0.119	0.420					
[5] PAZS	0.032	0.035	0.155	0.995				
[6] CH	0.725	0.669	0.967	0.988	0.801			
[7] LB	1.000	1.000	1.000	0.174	0.048	0.850		
[8] EA	1.000	1.000	0.993	0.019	0.005	0.518	1.000	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.666	0.492	0.929	1.000	1.000

Tabla 26. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del isquío en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

I2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	1.000	0.974						
[4] RM	0.814	0.962	0.487					
[5] PAZS	0.724	0.914	0.411	1.000				
[6] CH	1.000	0.999	1.000	0.874	0.816			
[7] LB	1.000	0.970	1.000	0.361	0.301	1.000		
[8] EA	0.868	0.504	0.995	0.053	0.050	0.996	0.965	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.981	0.964	1.000	1.000	0.982

Tabla 27. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del mero en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

M2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.987	1.000						
[4] RM	0.864	0.612	0.295					
[5] PAZS	0.739	0.490	0.233	1.000				
[6] CH	1.000	1.000	0.977	0.970	0.910			
[7] LB	1.000	1.000	1.000	0.383	0.311	0.998		
[8] EA	0.687	0.924	0.999	0.016	0.027	0.724	0.885	
[9] PAZ	0.999	1.000	1.000	0.868	0.805	0.997	1.000	1.000

Tabla 28. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del carpo en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

C2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.995	1.000						
[4] RM	0.585	0.362	0.115					
[5] PAZS	0.583	0.367	0.169	1.000				
[6] CH	1.000	1.000	0.999	0.785	0.751			
[7] LB	0.909	1.000	0.999	0.040	0.075	0.969		
[8] EA	0.793	0.997	0.987	0.023	0.050	0.920	1.000	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.895	0.870	1.000	1.000	1.000

Tabla 29. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del propodio en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

P2	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.924	0.985						
[4] RM	0.998	0.871	0.576					
[5] PAZS	0.776	0.366	0.222	0.983				
[6] CH	1.000	1.000	0.982	0.997	0.846			
[7] LB	1.000	0.975	0.750	1.000	0.916	1.000		
[8] EA	0.959	0.998	1.000	0.526	0.161	0.995	0.755	
[9] PAZ	0.998	1.000	1.000	0.958	0.793	1.000	0.985	1.000

Tabla 30. Tabla de contingencia de los valores obtenidos a partir del análisis Games-Howell para la longitud del segundo pereiópodo en hembras. En negritas los datos donde existieron diferencias estadísticamente significativas. Ver las abreviaturas de las localidades en la Tabla 2.

L2P	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] RS								
[2] STT	1.000							
[3] LH	0.987	0.999						
[4] RM	0.868	0.655	0.318					
[5] PAZS	0.680	0.463	0.214	1.000				
[6] CH	1.000	1.000	0.998	0.937	0.816			
[7] LB	1.000	1.000	0.999	0.445	0.305	1.000		
[8] EA	0.825	0.941	1.000	0.050	0.047	0.959	0.934	
[9] PAZ	1.000	1.000	1.000	0.930	0.858	1.000	1.000	1.000

Tabla 31. Valores o “loadings” del análisis de componentes principales (ACP) para cada variable morfométrica en machos.

Caracteres	CPI	CPII
Longitud del cefalotórax	-0.324	0.309
Longitud del rostro	-0.346	
Longitud del propodio		
Longitud del mero		
Longitud del carpo	-0.180	0.263
Longitud del primer pereiópodo	-0.417	-0.520
Longitud del Isquio2	-0.154	-0.133
Longitud del mero 2	-0.129	
Longitud del carpo2	-0.225	-0.233
Longitud del propodio 2	-0.144	-0.135
Longitud del segundo pereiópodo	-0.651	-0.597

Tabla 32. Valores o “loadings” del análisis de componentes principales (ACP) para cada variable merística en machos.

Caracteres	CPI	CPII
Dientes Dorsales del Rostro	-0.701	-0.444
Dientes Ventrales del Rostro	-0.423	-0.372
Espinulación <i>Appendix masculina</i>	-0.575	0.815

Tabla 33. Valores o “loadings” del análisis de componentes principales (ACP) para cada variable morfométrica en hembras.

Caracteres	CPI	CPII
Longitud del cefalotórax	-0.295	-0.520
Longitud del rostro	-0.234	-0.234
Longitud del propodio		
Longitud del mero	-0.118	-0.276
Longitud del carpo	-0.152	-0.154
Longitud del primer pereiópodo	-0.330	-0.525
Longitud del Isquio2	-0.164	0.117
Longitud del mero 2	-0.148	
Longitud del carpo2	-0.226	
Longitud del propodio 2	-0.212	0.243
Longitud del segundo pereiópodo	-0.751	0.468

Tabla 34. Valores o “loadings” del análisis de componentes principales (ACP) para cada variable métrica en hembras.

Caracteres	CPI	CPII
Dientes Dorsales del Rostro	-0.820	0.572
Dientes Ventrales del Rostro	0.572	-0.820

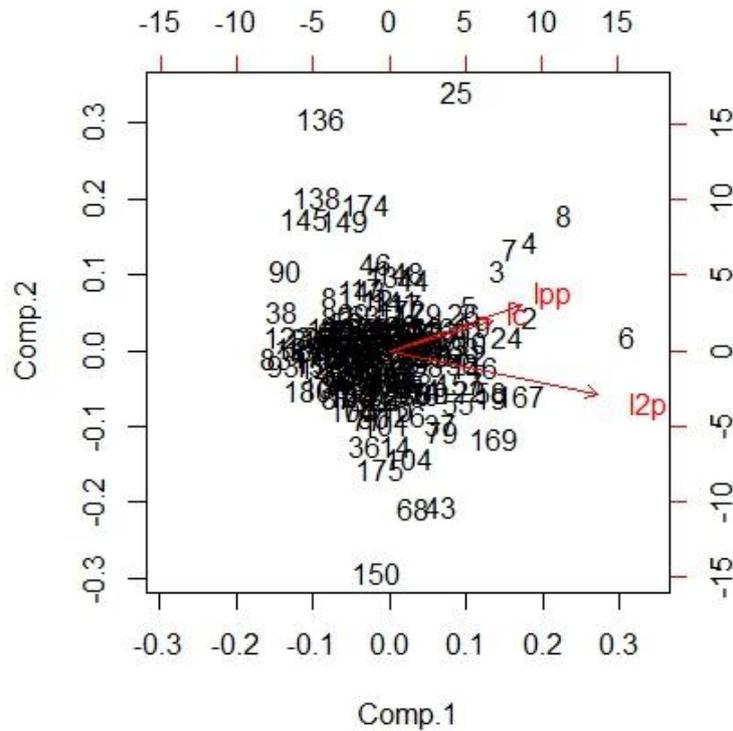


Figura 9. Vector gráfico de las variables morfométricas en machos, para CPII y CPII.

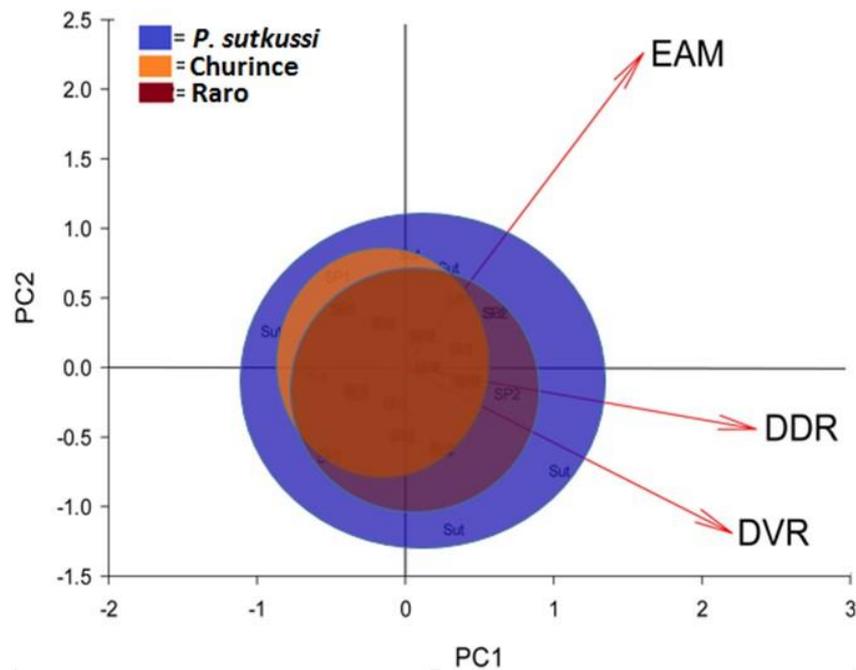


Figura 10. Vector gráfico de las variables métricas en machos, para CPI y CPII. En color azul la especie *P. sutkussi*, en café el grupo raro o **Raro** (Chaves-Campos, 2010) y en naranja el grupo Churince (Alvarez *et al.*, 2014).

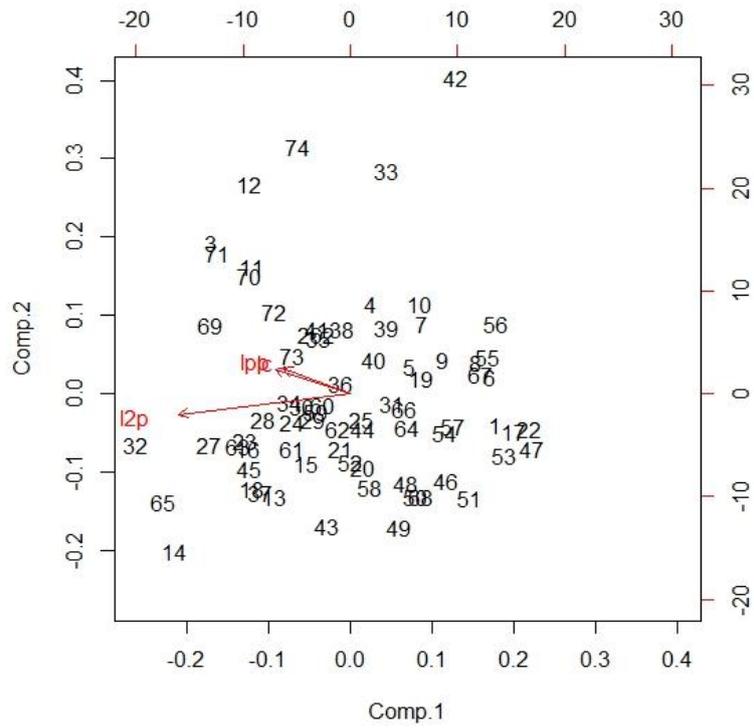


Figura 11. Vector gráfico de las variables morfométricas en hembras, para CP I y CPII.

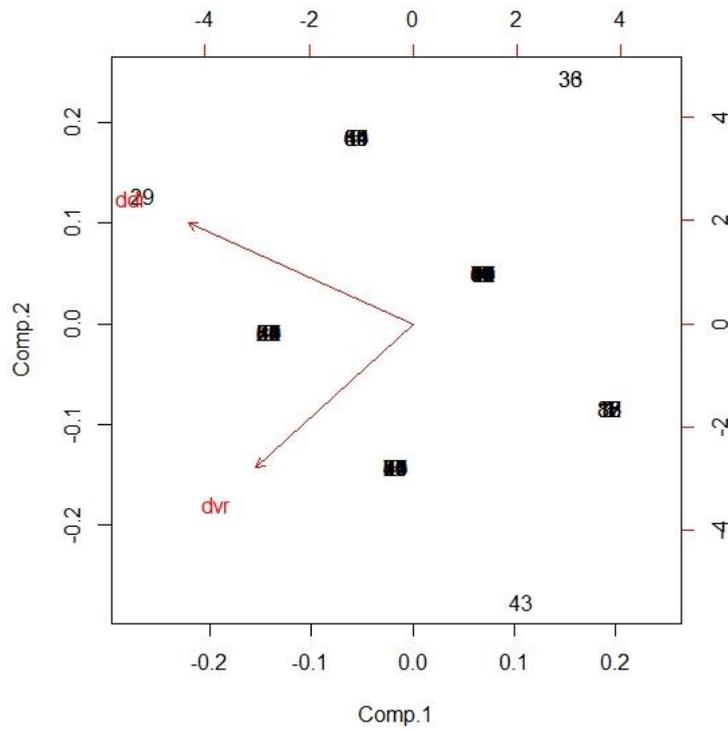


Figura 12. Vector gráfico de las variables merísticas en hembras, para CP I y CPII.

Tabla 35. Comparación de los ejes ancho y largo de los huevos de las especies de *Palaemon*. Tomada y modificada de Rodríguez-Almaraz *et al.* (2010).

Especie	Intervalo del eje más largo (alto) (mm)	Intervalo del eje menor (ancho) (mm)	Referencia
<i>P. hobsii</i>	0.90-1.60	0.80-1.10	Rodríguez-Almaraz <i>et al.</i> , 2010.
<i>P. mexicanus</i>	1.10-1.80	0.70-1.40	Rodríguez-Almaraz <i>et al.</i> , 2010.
<i>P. paludosus</i>	1.10-1.80	0-80-1.00	Dobkin, 1963.
<i>P. kadiakensis</i>	1.40	1.10	Broad y Hubschman, 1963.
<i>P. cummingi</i>	1.40	----	Dobkin, 1971.
<i>P. suttkusi</i>	1.50	1.10	Rodríguez-Almaraz <i>et al.</i> , 1997.
<i>P. suttkusi</i> del VCC	1.00-1.70	0.80-1.30	Este estudio.
<i>P. suttkusi</i> (RS)	1.00-1.50	0-80-1.30	Este estudio.
<i>P. suttkusi</i> (ST)	1.10-1.50	0.90-1.20	Este estudio.
<i>Palaemon</i> (PAZS)	1.50-1.70	1.10-1.20	Este estudio.
<i>Palaemon</i> (PAZ)	1.40	1.00	Este estudio.
<i>Palaemon</i> (LB)	1.40	1.00	Este estudio.

Tabla 36. Promedios y rangos de la longitud del caparazón y volumen de los huevos de las hembras de *Palaemon* del VCC.

Localidades	n	Longitud del cefalotórax (mm)		Numero de huevos		Promedio del volumen del huevo (mm ³)
		Promedio	Rango	Promedio	Rango	
Río Salado	8	7.2	6.8-8.0	48.2	33-69	1.27
Pozas Azules	5	4.6	3.5-5.6	21.4	17-23	1.40
Poza Azul	1		5.5		32	1.09
Santa Teclita	2	5.35	3.7-7.0	14	13-15	1.09
La Becerra	1		5.5		19	1.20

Tabla 37. Matriz del análisis discriminante de la frecuencia de asignación por grupo de especies en machos de *P. suttkusi*, Churince (CHU) y Raro (RCC).

	<i>P. suttkusi</i>	RCC	CHU
<i>P. suttkusi</i>	75	6	17
RCC	2	9	6
CHU	12	18	43
Total	89	33	66

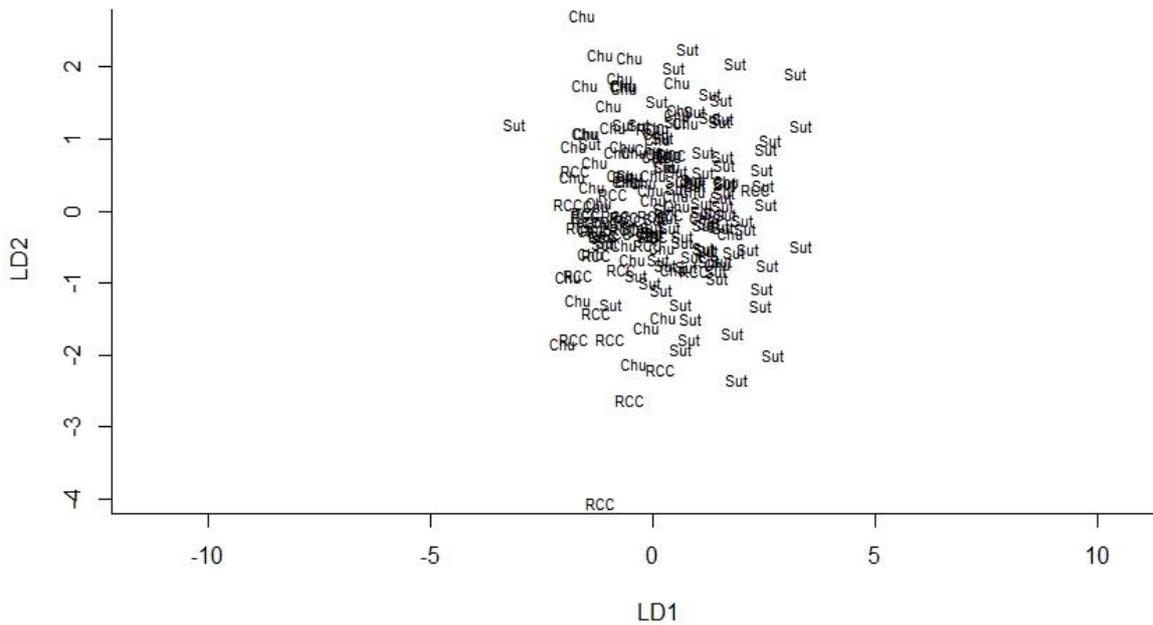


Figura 23. Análisis discriminante de las medidas morfométricas en machos de la especie *P. suttkusi*, los grupos Raro y CHU.

Tabla 38. Matriz del análisis discriminante de la frecuencia de asignación por grupo de especies en hembras de *P. suttkusi*, Churince (CHU) y Raro (RCC).

	<i>P. suttkusi</i>	RCC	CHU
<i>P. suttkusi</i>	33	3	5
RCC	3	15	2
CHU	3	4	23
Total	39	22	30

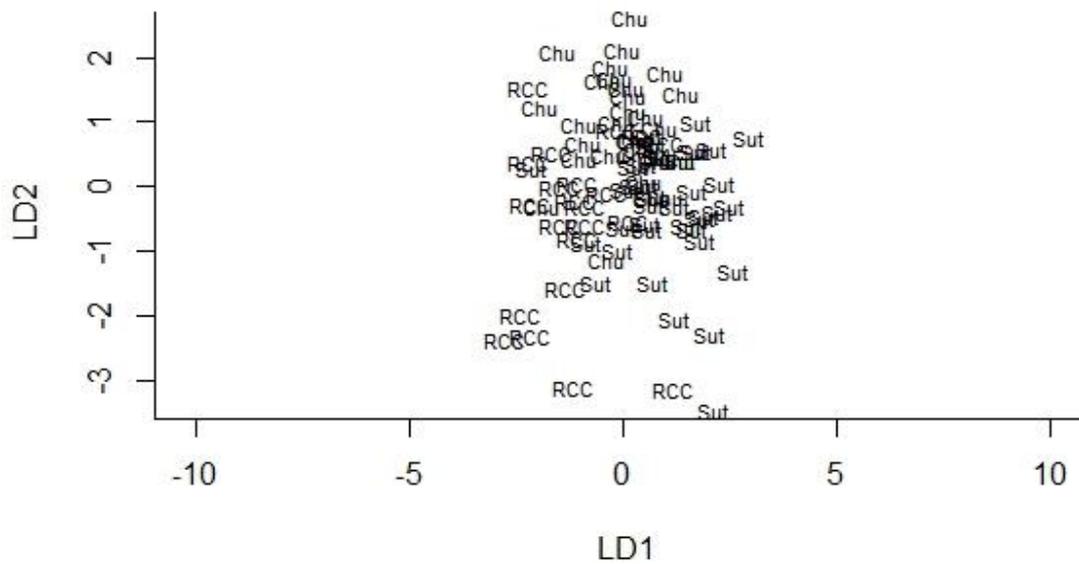


Figura 14. Análisis discriminante de las medidas morfométricas en hembras de la especie *P. suttkusi*, los grupos Raro y CHU.

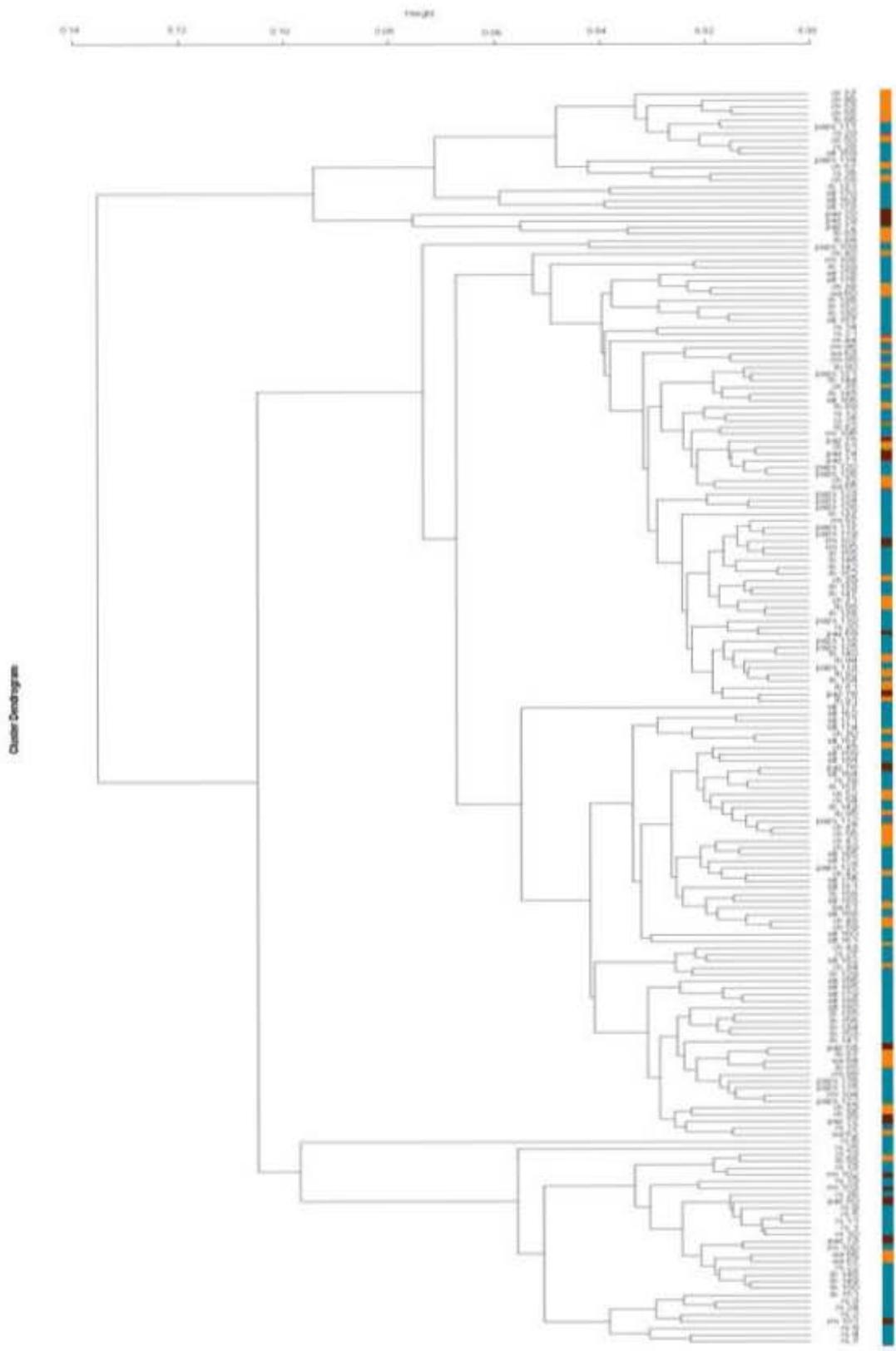


Figura 35. Diagrama de agrupación (UPGMA) con todos los especímenes analizados de los machos. En color rojo se presenta la especie tipo *P. suttkusi*, en color azul la especie Churince y en verde la especie de Poza Azul o Raro.

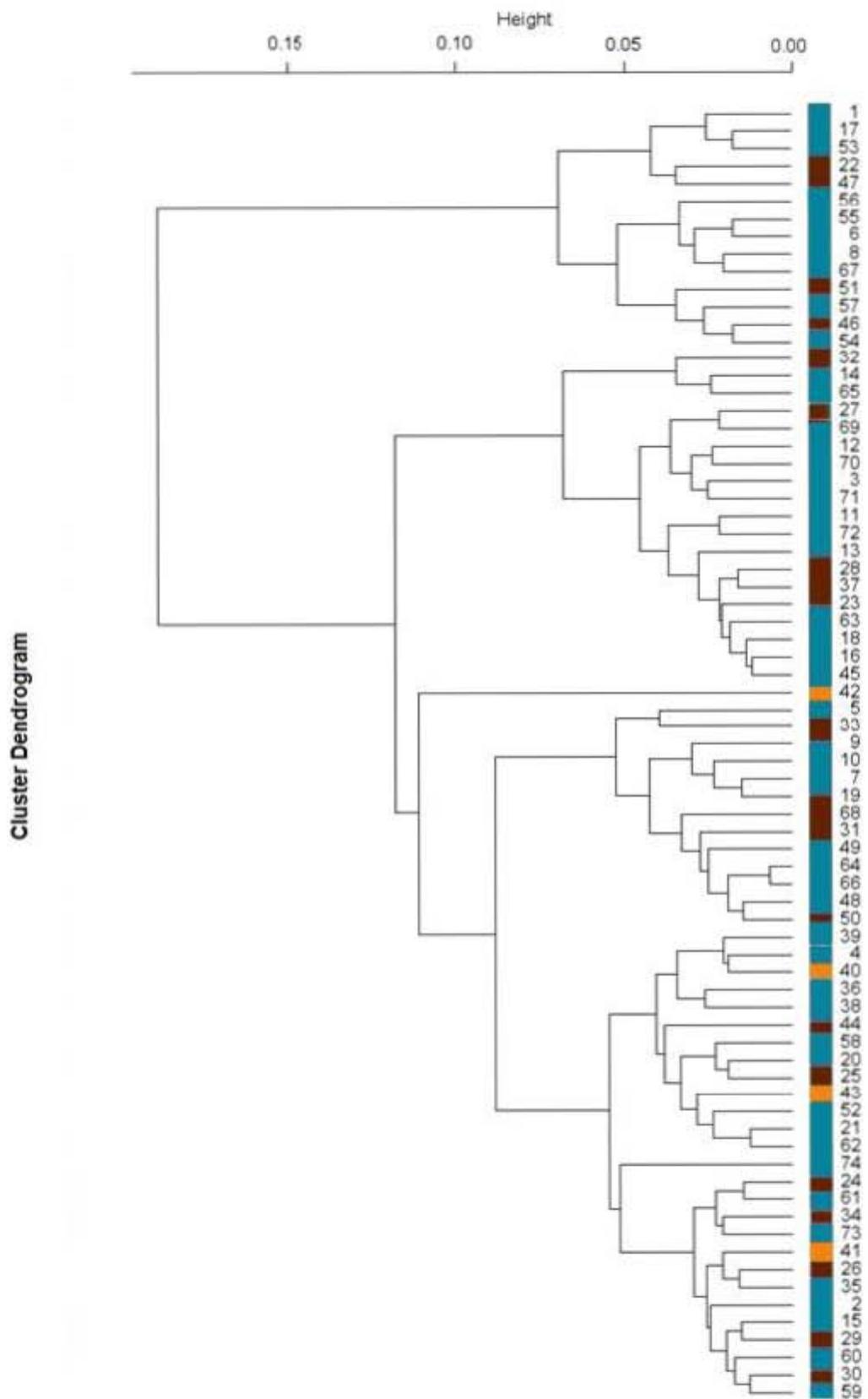


Figura 46. Diagrama de agrupación (UPGMA) con todos los especímenes analizados de las hembras. En color rojo se presenta la especie tipo *P. suttkusi*, en color azul el grupo Churince y en verde el grupo de poza azul o Raro.

DISCUSION

La base para iniciar la discusión se encuentra enfocada principalmente a la localidad del río Salado de los Nadadores, ya que de este sitio se obtuvieron los especímenes con los cuales se llevó a cabo la descripción de la especie *P. suttkusi*, por lo que se quiso apreciar que tan distintos son los grupos Churince y Raro con respecto a éste.

Se esperaba que con la ayuda de las medidas morfométricas, se pudiera llegar a una distinción de grupos, sin embargo, esto no fue posible, pues al tratarse de “especies hermanas”, éstas se vuelven muy parecidas y es muy difícil lograr una clara distinción, al menos con las variables morfométricas que se tomaron en cuenta para este estudio.

Las discrepancias morfológicas se hallaron principalmente asociadas a caracteres merísticos: como el número de dientes en el rostro tanto en la región ventral como dorsal y en el número de espinas en el *appendix masculina* y se discuten a continuación. La espinulación en el *appendix masculina* comienza a partir de los 13.9 mm de longitud, esto nos indica que el organismo ha alcanzado la madurez sexual, por lo que está listo para comenzar su etapa reproductiva. La espinulación del *appendix masculina* que en teoría es el carácter más importante para discriminar entre especies, mostró que en la localidad tipo (río Salado de los Nadadores) además de la presencia de *P. suttkusi* se encontraron organismos que presentaban 5-6 espinas en el ápice. Esto haría pensar que son *P. lindsayi* o *P. mexicanus*, lo que es prácticamente imposible, pues la distancia entre la localidad tipo de *P. suttkusi*, el río Salado de los Nadadores, y la localidad tipo de *P. lindsayi*, la laguna de la Media Luna en San Luis Potosí, es de unos 400 km aproximadamente y con la localidad tipo de *P. mexicanus* en Ciudad Valles alrededor de 430 km. Por otra parte, se sospecha la presencia de *P. paludosus*, en las localidades de Pozas Azules, los Hundidos y Santa Teclita ya que el promedio de espinas apicales en estas localidades es de cuatro. *P. paludosus* originalmente se distribuye del este al oeste de Texas, aunque Hayden *et al.* (1963) y St. Amant *et al.* (1969) mencionan que se ha introducido al sur de California y al norte de México. Esto debe ser analizado a profundidad mediante análisis más específicos dirigidos hacia otras estructuras morfológicas que no presenten tanta variación.

La prueba de Games-Howell muchas veces mostró que la localidad de Churince presentaba valores iguales a los del grupo *P. suttkusi*, pero en la red de haplotipos de Alvarez *et al.* (2014) este grupo es independiente, pero morfológicamente es muy parecido a *P. suttkusi*. Caso similar observado en la localidad Pozas Azules, su comportamiento hace pensar que forma parte del grupo raro, cuando en realidad es del grupo *P. suttkusi*.

La prueba de Games-Howell indicó que la LR en especímenes de *P. suttkusi* del río Salado de los Nadadores son diferentes con al menos cinco localidades, entre ellas Pozas Azules, río mezquites, la Becerra, el Antiojo y poza Azul, mientras que es muy parecido al resto de las localidades.

El rostro funciona como una quilla de un barco, brinda estabilidad al momento de desplazarse por el agua. Los especímenes del río Salado de los Nadadores, se encuentran sujetos a una mayor corriente en comparación con el resto de las localidades, aunque como podemos apreciar en la tabla 10, aparentemente existe mucha homogeneidad en el rostro, causada tal vez por la poca o nula corriente existente en el resto de las localidades.

La prueba *post hoc* de Games-Howell indicó para el P en especímenes de *P. suttkusi* del río Salado de los Nadadores son diferentes con al menos seis localidades, que son Santa Teclita, Pozas Azules, río mezquites, la Becerra, el Antiojo y poza Azul, mientras que es homogéneo con los Hundidos y río Mezquites.

El propodio del primer pereiópodo es una estructura implicada principalmente en el acarreo de la comida hacia el aparato bucal. Por lo que las diferencias en tamaño del propodio, estarían relacionadas con la competencia por la ganancia del alimento.

Este comportamiento de las diferencias morfométricas en las longitudes de las estructuras del primer pereiópodo se ven relacionadas con el resto de los especímenes analizados, por lo que nos detendremos a prestarle atención directamente a la longitud del segundo pereiópodo, la cual se pensaba ser propuesta como un carácter de diferenciación entre especies.

La L2P es la suma de los apéndices I2, M2, C2, P2, y esta estructura presenta diferencias entre los especímenes del río Salado de los Nadadores con respecto a Santa Teclita, Pozas Azules, la Becerra y el Antiojo, y muy parecida al resto de los especímenes, por lo tanto no es factible su uso como carácter discriminatorio.

Los resultados de los análisis morfométricos muestran que los machos presentan variaciones en los rasgos morfométricos mientras que en las hembras ocurre lo contrario, por lo que la estabilidad morfométrica observada entre las poblaciones, podría estar siendo influenciada a distintos niveles, por el sexo y por factores ambientales, ecológicos, genéticos, que en este estudio no fueron analizados.

Las hembras no son tomadas en cuenta en la literatura para poder discriminar entre especies pero una vez analizado su comportamiento en la variación morfométrica, nos reveló que estas presentan mayor estabilidad en las variables morfométricas. Esto es relevante ya que hasta este momento no existe algún trabajo relacionado con la estabilidad morfométrica de los machos con respecto a las hembras en crustáceos para poder comparar los resultados, sin embargo, en otros grupos de artrópodos si se ha encontrado esta tendencia. Carrillo-Ruiz *et al.* (2014), con el escarabajo *Strategus aloeus*, encontraron que las hembras presentan un comportamiento estable en sus variables morfométricas, ya que no generan estructuras como los cuernos de los machos y por lo mismo sugieren que los machos podrían estar sujetos a diferentes presiones de selección principalmente sexual, en donde sería más fuerte la presión sobre el cuerno medio que sobre los cuernos laterales, pues éste sirve en el comportamiento social, ya que está directamente relacionado con la condición para combatir por las hembras para poder reproducirse.

El ACP para los machos, extrajo dos componentes principales (CPI y CPII), los cuales explican el 95% de la varianza. De acuerdo a los resultados de cada variable morfométrica (Tabla 31), se puede asumir que el CPI está expresando la longitud del segundo pereiópodo. Para este género esta estructura es de utilidad en el comportamiento social relacionado a la lucha y la depredación (Bauer, 2004). Así como también para llevar el alimento hacia la boca, para el acicalamiento y también como apéndices quimiotáctiles como en los Hippolytidae y Alpheidae (Bauer, 2004). El CPII

está asociado a la longitud del primer pereiópodo. Ambos componentes están relacionados con la captura del alimento. El vector gráfico de las variables morfométricas, para los dos componentes principales (CPI y CPII), se encuentra en la figura 6. En este gráfico no podemos apreciar una separación que está dada por este par de componentes, ya que todo aparece aglomerado al centro del gráfico, por lo tanto, podríamos decir que no es posible lograr una separación mediante las características morfométricas.

El segundo ACP en los machos, extrajo dos componentes principales (CPI y CPII), los cuales explican el 85% de la varianza. De acuerdo a los resultados de cada variable morfológica (Tabla 8), se puede asumir que el carácter más importante son los dientes dorsales del rostro. De acuerdo con Bauer (2004), los dientes del rostro actúan como una quilla en un barco, pero en los camarones se encuentra al revés, pero cumple la misma función que es brindar estabilidad al camarón mientras este se desplaza en el agua. La espinulación del *appendix masculina*, que encontramos como el segundo en importancia dentro del CPI, sirve esencialmente para guiar al esperma hacia el cuerpo de la hembra (Needler, 1931), mientras que el CPII está asociado a los dientes ventrales del rostro y la espinulación del *appendix masculina*. En la figura 7 se aprecian los elipses marcando el grado máximo de variación de los caracteres morfológicos para cada uno de los grupos, donde podemos apreciar que *P. suttkusi*, en color azul, engloba por completo a los otros dos grupos que son el Raro (en café) y el Churince (en anaranjado). Esto nos hace pensar en la existencia de cripticidad de estos grupos.

Lo observado en este estudio fue que el número de dientes dorsales del rostro, así como los ventrales, presentan una elevada variación, por lo que no se recomendaría el uso de estos como parte de cualquier clave de discriminación entre especies de *Palaemon*.

El rango de la talla en hembras ovígeras del VCC fue un poco diferente respecto a las otras dos especies de *Palaemon* que están relativamente cercanas geográficamente, pues su rango es de 17-38.7mm, mientras que *P. paludosus* en Baja California tiene un rango de 20-44 mm y *P. kadiakensis* en el río Bravo su rango es de 23-49 mm (Meehan, 1936).

Las hembras ovigeras más pequeñas en LC fueron de la localidad de Pozas Azules (perteneciente al grupo raro), mientras que la talla más grande de LC se encontró en la localidad del río Salado de los Nadadores (Especie *P. suttkusi*). Estos resultados son similares a lo observado por Rodríguez-Almaraz *et al.* (2010) en las especies mexicanas *P. mexicanus* y *P. hobsii*. Este resultado de la LC es igual a lo encontrado por Rodríguez-Almaraz *et al.* (1997).

En lo que respecta al número de huevos, las hembras del VCC presentaron un rango de 13-69, resultado diferente a lo visto por Rodríguez-Almaraz *et al.* (1997) para la especie *P. suttkusi*, donde obtuvieron conteos de 11-18 huevos, en contraste con *P. cummingi* 30-35 huevos (Dobkin, 1971), *P. paludosus* 8-85 huevos (Beck y Cowell, 1976), *P. kadiakensis* 40-160 huevos (Meehan, 1936), *P. hobbsi* 31 huevos, *P. mexicanus* 17 huevos (Rodríguez-Almaraz *et al.*, 2010). Estos resultados concuerdan con lo observado por Beck y Cowell (1976) en donde a mayor tamaño de las hembras el número de huevos incrementa.

Los huevos de mayor tamaño en los *Palaemon* del VCC se encontraron en Pozas Azules (Raro), mientras que los de menor tamaño se localizaron en Poza Azul (Raro) y La Becerra (CHU) respectivamente, lo cual se encuentra dentro de lo reportado por Rodríguez-Almaraz *et al.* (1997), lo cual representaría que las condiciones ambientales se han mantenido estables, pues las tallas de los huevos son afectadas por presiones ambientales. En cuanto al volumen de los huevos, los que presentaron una menor cantidad son aquellos de Poza Azul (Raro) y Santa Teclita (*P. suttkusi*), mientras que la mayor cantidad se encontró en Pozas Azules (Raro), en la localidad de la especie tipo el río Salado de los Nadadores presenta una cantidad de media en comparación al resto. La sobrevivencia de las larvas está íntimamente relacionada con sus reservas vitelinas (Giménez y Anger, 2001). Se ha estudiado que la temperatura (Wear, 1974; Steel y Steel, 1975) y la salinidad (Bas y Spivak, 2000) son los factores abióticos de mayor relevancia para la variabilidad del tamaño de los huevos. Los factores genéticos (Mashiko, 1992), la edad y la talla de las hembras promueven alteraciones ontogenéticas de tamaño (Stella *et al.*, 1996). Los crustáceos decápodos que presentan huevos pequeños poseen un desarrollo embrionario más rápido, al contrario de lo que ocurre con aquellos de huevos más grandes (Herring, 1974). Por otro lado, un menor volumen en los huevos

pequeños, hace que la descendencia pase a través de un mayor número de estadíos larvales, lo que ocasiona que permanezcan más tiempo en el plancton, por lo tanto se vuelven más susceptibles a la depredación. Rodríguez *et al.* (1993), mencionan que la variación del tamaño de los huevos podría indicar una preadaptación a ambientes con salinidades fluctuantes. Observando lo que sucedió con el tamaño de los huevos, los cuales varían entre especies debido a la cantidad de volumen contenido para llevar a cabo su desarrollo durante la incubación en el abdomen de la hebra. Este estudio, hace suponer que está ocurriendo una situación similar a lo descubierto por Nishino (1980) en la variación del tamaño del huevo en las poblaciones locales de *Palaemon paudicens*, lo cual le llevó a suponer una estructura de la población altamente subdividida y genéticamente diferente, similar a lo encontrado en este trabajo a diferencia de que está sustentado con la evidencia molecular de Alvarez *et al.* (2014) donde se demuestra la presencia de grupos genéticamente diferentes. Las diferencias en el tamaño del huevo, podrían ser traducidas también en diferencias de fecundidad e historias de vida.

Sobre la existencia de dos categorías de agua, una fría con baja salinidad y otra cálida de alta salinidad según lo dicho por Forti *et al.*, (2003), y una vez que se ha visto que la salinidad y la temperatura son los dos parámetros fisicoquímicos más importantes pues afectan el crecimiento y la supervivencia de los organismos acuáticos (Kinne, 1963, 1964). Jane y Goldman (1978) reportaron que el crecimiento de un acócil de agua dulce *Pacifastacus leniusculus* decreció con el incremento de la salinidad al igual que la alimentación. Yen y Bart (2008) en su estudio hecho con *Macrobrachium rosenbergii* respecto al peso de las hembras, fue que a salinidades menores los langostinos toman más agua en la ecdisis que en salinidades mayores y esto fue traducido en un aumento de tamaño, esto explicaría que hacia el lado este del VCC, las hembras y los machos son de mayor tamaño, ya que el agua es más dulce en comparación con la del lado oeste, la cual es más salina y los camarones presentan tallas menores.

Basados en el ACP no es posible apreciar, como sucedió en los machos, una separación que esté dada por este par de componentes, ya que todo vuelve a aparecer aglomerado al centro del gráfico. El segundo ACP en las hembras, sugiere que los caracteres más importantes son los dientes dorsales del rostro.

El resultado de los análisis discriminantes tanto para machos como para hembras, no mostró diferencias entre grupos de especies (Figs. 10 y 11). La clasificación de los análisis discriminantes (tablas 37 y 38), a pesar de que indican un elevado porcentaje de clasificación entre los grupos de especies de *P. suttkusi*, raro y Churince, no es posible apreciarlo de manera visual en sus respectivos gráficos.

El UPGMA confirma los resultados previamente obtenidos en el ACP y en los análisis discriminantes no se muestran grupos discretos, siendo *P. suttkusi*, la que presenta la mayor variabilidad y por lo que la podemos observar distribuida por todo el cluster (figuras 12 y 13).

Realizando una interpretación del mapa de la red de haplotipos de Alvarez *et al.* (2014) que se muestra en la introducción y si la comparamos con los mapas de Wolaver (2008), podemos apreciar claramente la evidencia de que existe un contacto entre los canales que drenan las diversas pozas del VCC y que tienen un punto común de unión en el río Puerto Salado, a las afueras del valle. Otro punto importante que menciona Wolaver (2008), son las concentraciones del Cloro como ion, en donde si analizamos las pozas del lado oeste, es donde se encuentran juntos los grupos haplotipos Raro y Churince, siendo el de mayor presencia este último, donde las pozas de Churince y la Becerra presentan concentraciones de Cloro entre 103.55-104.80 (mg/L) y con un pH 6.9 considerado ácido (7 es el valor neutro en la escala de pH), y 91.50-104 (mg/L) respectivamente, la poza del Tío Cándido presenta valores de 95.91-119.00 (mg/L); estos dos grupos entran en contacto mediante el canal de la Becerra. El agua en estas localidades es más ácida, esto implicaría una adaptación morfológica a nivel del epitelio branquial para tolerar la acidez del medio y garantizar la regulación osmótica. La localidad donde se encontró en mayor cantidad el haplotipo Raro fue Poza Azul con una concentración de Cloro 59.98-91.50 (mg/L) y muy cercano a esta localidad el río Mezquites con un pH de 7.3 (neutro), Poza Tierra Blanca 101.00-114.70 (mg/L) y en contraste con el grupo de la especie tipo *P. suttkusi* al lado este del VCC, la poza Santa Tecla muestra valores entre 29.00-30.50 (mg/L), en Santa Teclita 29.60 (mg/L), aguas menos ácidas, el río Salado de los Nadadores presenta un pH de 8.7 (alcalino). La acidificación del agua está, provocando una disminución drástica de las poblaciones de

invertebrados y peces, especialmente de crustáceos y gasterópodos (Camargo y Alonso, 2007).

Estas características ecológicas de las localidades, sugieren la existencia de nichos ecológicos diferentes para cada grupo de *Palaemon*. Las tres grupos (genotípicos) se encuentren en simpatria en la Poza Azul y el río Mezquites, como lo demostró la red de haplotipos de Alvarez *et al.* (2014) estos dos son sitios donde aparentemente existe mezcla de dos aguas del VCC, la salada proveniente del este y la dulce del oeste, lo que nos lleva a pensar que las especies deben ser ecológicamente distintas, pues el genotipo de la especie *P. suttkusi* únicamente se encuentra del lado este del VCC y no se presenta en el lado oeste, lo que nos estaría reflejando una barrera ecológica, principalmente influenciada por la salinidad, la cual ocasionaría polimorfismos genéticos nucleares como los que ocurren en los peces del género *Cyprinodon*, en el que distintos clados están asociados con la variación de la salinidad en los manantiales a través de distintos hábitats en el desierto de Chihuahua (Echelle *et al.* 1987, Stockwell y Mulvey 1998). La salinidad también trae consigo otra consecuencia y es que los organismos de agua dulce gastan más energía en la regulación anisomótica a la cual se enfrentan cuando existen diferentes salinidades en el medio (Augusto *et al.*, 2009), lo que los obliga a efectuar procesos para el restablecimiento del volumen original de las células, esto es llevado a cabo mediante un aumento o disminución de la concentración interna de solutos osmóticamente activos, provocando que la presión osmótica interna y externa se igualen logrando con esto que el gradiente osmótico disminuya (Massieu *et al.*, 1998), garantizando sus procesos esenciales.

El hecho de que dentro del VCC exista una canalización y esta se encuentre afectando la distribución de los organismos dentro del valle, nos hace suponer el cruce entre poblaciones (migraciones o flujo génico), lo cual podría imponer una diversificación adaptativa entre ambientes (Langerhans *et al.*, 2003). En este contexto, las especies de *Palaemon*, presentan un interesante modelo de distribución alrededor del VCC.

De acuerdo Garland y Kelly (2006) la plasticidad fenotípica es inducida por heterogeneidad o estrés ambiental, cambios en la temperatura, humedad o concentración de oxígeno, entre otros factores. En nuestro caso, la variación merística

a nivel poblacional, constituye una evidencia de plasticidad fenotípica, producto de diversas presiones selectivas, a la cuales han sido expuestas estas poblaciones. Esto puede deberse a la salinidad, turbidez del agua, concentración de oxígeno disuelto o algún otro factor ambiental que puede estudiarse en el futuro.

Es importante mencionar que Cuatro Ciénegas podría representar una zona de microrefugios, definidos por Rull *et al.* (2010) como una pequeña área con características ambientales locales favorables, en la que pequeñas poblaciones pueden sobrevivir fuera de su área de distribución principal. Esto nos brindaría una comprensión de la actual estructura genética de las especies y de sus poblaciones.

Knowlton (1986) menciona que entre los crustáceos decápodos, aún existen muchos complejos no reconocidos de especies crípticas. Los análisis genéticos nos indican que el complejo de especies del VCC conforma grupos genéticamente diferentes (Alvarez *et al.*, 2014), pero los análisis efectuados hasta ahora no permiten encontrar una característica morfológica confiable para discriminar entre las tres especies del VCC. El descubrimiento de especies endémicas y/o crípticas es cada vez más importante para la planificación de la conservación de la biodiversidad (Bickford *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

En los caracteres morfológicos analizados la magnitud de las diferencias fenotípicas es discontinua entre las poblaciones de *Palaemon* del VCC, no se encontró un grado de variación morfológica suficiente como para proponer la existencia de nuevas especies.

Los resultados sugieren que en los machos del género *Palaemon* del VCC las variables morfométricas tienen comportamientos menos estables que en las hembras, por lo que sería ideal encaminar estudios hacia estructuras morfológicas específicas en estas últimas.

Se propone una redescrición de la especie *P. suttkusi*, incluyendo a los machos y a las hembras, así como toda la variación morfométrica reportada en este trabajo, incluyendo el tamaño y el número de huevos de las hembras.

Los tres grupos del VCC parecen ocupar nichos ecológicos diferentes, posiblemente cada una presente adaptaciones a los distintos ambientes.

Los resultados aquí presentados permiten afirmar la existencia de especies cripticas dentro del VCC.

Se propone realizar estudios directamente sobre el tejido epitelial de las branquias para analizar la estructura y diferenciación entre las localidades del este y del oeste del VCC, así como las interacciones químicas y la regulación osmótica de los camarones con respecto al ambiente.

LITERATURA CITADA

- Alessio-Robles, V. 1938. Coahuila y Texas en la Época Colonial. Editorial Cultura, México, D. F. Arellano, A. R. V.
- Alvarez, F., Villalobos, J. L. y Lira, E. 1996. Decápoda. En J. E. Llorente B., A. García Aldrete y E. González Soriano (Eds). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 103–109.
- Alvarez, F., y Villalobos, J. L. 1997. *Pseudotelphusa ayutlaensis*, a new species of freshwater crab (Crustacea: Brachyura: Pseudotelphusidae) from Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 100: 388-392.
- Alvarez, F., Pedraza, C., y Villalobos, J. L. 2014. The identity of freshwater shrimp populations (*Palaemon* Weber, 1795) from northern Mexico: genetic variation at local and regional scales. *Journal of Crustacean Biology*. 34:481-493.
- Anastasiadou, C., y Leonardos, I. D. 2008. Morphological variation among Populations of *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) (Decapoda: Caridea: Atyidae) from freshwater habitats of northwestern Greece. *Journal of Crustacean Biology*. 28: 240-247.
- Anderson G. 1985. Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal Fishes and Invertebrates (Gulf of Mexico): Grass shrimp. *US Fish and Wildlife Service Biological Report*. 82(11.35) TR EL-82-4.
- Ashelby, C.W., Page, T.J., De Grave, S., Hughes, J.M. y Johnson, M.L. 2012. Regional scale speciation reveals multiple invasions of freshwater in Palaemoninae (Decapoda). *Zoologica Scripta*. 41: 293–306.
- Augusto, A., Pinheiro, A., Greene, L. J., Laure, H. J. y McNamara, J. C. 2009. Evolutionary transition to freshwater by ancestral marine palaemonids: evidence from osmoregulation in a tide pool shrimp. *Aquatic Biology* 7: 113-123.
- Bas, C., y E. Spivak. 2000. Effect of salinity on embryos of two southwestern Atlantic estuarine grapsid crab species cultured in vitro. *Journal of Crustacean Biology*. 20: 647–656.

- Bauer, R. T. 2004. Remarkable Shrimps: Adaptations and Natural History of the Carideans. Norman: University of Oklahoma Press. 281p.
- Bickford, D., Lohman, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K., Meier, R., Winker, K., Ingram, K. y Das, I. 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 22: 148–155.
- Bell, S. S. y Coull, B. C. 1978. Field evidence that shrimp predation regulates meiofauna. *Oecologia* 35:141-148.
- Boschi, E. E. 1961. Sobre el primer estadio larval de dos especies de camarones de agua dulce (Crustacea, Decapoda). En Actas y Trabajos, 1 Congreso Sudamericano de Zoología, La Plata, Argentina. 69-77.
- Camargo, J.A., y Alonso, A. 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas* 16 (2): 98-110.
- Carrillo, R. H., Alvarez, A. H., y Carrillo, T. M. S. 2014. Morfometría y relaciones de escalamiento en el escarabajo *Strategus aloeus* L. (COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA). *Entomología Mexicana*. 1: 1139– 1143
- Carvalho F. L., Pileggi, L. G., Mantelatto, F. L. 2013. Molecular data raise the possibility of cryptic species in the Brazilian endemic prawn *Macrobrachium potiuna* (Decapoda, Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research*. 41(4): 707–717.
- Chávez-Cabello, G., Aranda-Gómez, J. J., Molina-Garza, R. S., Cossio-Torres, T., Arvizu-Gutiérrez, I., y González-Naranjo, G. A., 2005. La falla San Marcos: una estructura jurásica de basamento multireactivada del noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 57 (1): 27-52.
- Chaves-Campos, J., Johnson, S. G., García de León, F. J. y Hulsey, C. D. 2010. Phylogeography, genetic structure, and gene flow in the endemic freshwater shrimp *Palaemonetes suttkusi* from Cuatro Ciénegas, Mexico. *Conservation Genetics*. 12 (2): 557-567.
- CONABIO. 1998. Arriaga, L., Aguilar, V., Alcocer, J., Jiménez, R., Muñoz, E. y Vázquez, E. (coordinadores). 1998. Regiones Hidrológicas Prioritarias: fichas técnicas y mapa (escala 1:4,000,000). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. p. 63-64,

- CONABIO. 2013. Página de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. "Cuatro Ciénegas", Sitio electrónico de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_048.html. Consulta 1/octubre/2013.
- CONAFOR, 2011. Unidad de manejo forestal desierto oeste de Coahuila. CONAFOR. México, Coahuila. p. 169.
- Darwin, C. The Origin of Species by Means of Natural Selection. 1859. John Murray, London, Reino Unido.
- Day, R. W., y Quinn, G. P. 1989. Comparisons of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs*. 59:433–463.
- Diéguez, C. 2003. Flora y vegetación durante el Jurásico y el Cretácico. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*. 11:53-62.
- Dobkin, S. 1963. The larval development of *Palaemonetes paulodus* (Gibbes) (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*. 6:21-41.
- Echelle, A. A., Echelle, A. F. y Edds, D. R. 1987. Population structure of four pupfish species (Cyprinodontidae: Cyprinodon) from the Chihuahuan Desert region of New Mexico and Texas: allozyme variation. *Copeia*. 1987:668–681.
- Fleming, L. E. 1969. Use of male external genitalic details as taxonomic characters in some species of *Palaemonetes* (Decapoda: Palaemonidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 82:443-452.
- Forti, P., Giulivo, I., Piccini, L., y Tedeschi, R. 2003 The karst aquifer feeding the Cuatro Cienegas pools (Coahuila, Mexico): its vulnerability and safeguard. *Proceedings of the First International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk*. Salamanca, Guanajuato, México. 2:87-299.
- Garland, Jr. T. y Kelly, S.A. 2006. Phenotypic plasticity and experimental evolution. *Journal of Experimental Biology*. 209: 2344-2361.
- Giménez, L., y K. Anger. 2001. Relationships among salinity, egg size, embryonic development, and larval biomass in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851. *Marine Ecology Progress Series*. 260: 241– 257.
- Gordon, I. 1935. On new or imperfectly known species of Crustacea Macrura. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*. 39(266): 307–351.

- Hayden, R. P. y Ringo, R. D. 1963. Introduction of *Palaemonetes paludosus*, a freshwater shrimp, into the lower Colorado river. *California Fish and Game*.49: 304-306.
- Herring, P. J. 1974. Observations on the embryonic development of some deep-living decapod crustaceans, with particular reference to species of *Acantheephyra*. *Marine Biology*. 25:25–33.
- Heller, C. 1869. Zur näheren Kenntiss der in den süßen Gewässern des südlichen Europa vorkommenden Meerescrustaceen.*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*.19: 156-162.
- Holthuis, L. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The sumfamily Palaemoninae. *Allan Hancock Ocassional Paper*. 12: 1-396.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992. *Atlas Ejidal del estado de Coahuila. Encuesta Nacional Agropecuaria Ejidal*, 1988. México. p. 182.
- Jane, R. y Goldman, C. R. 1978. Growth and food conversion efficiency of juvenile *Pacifastacus leniusculus* along a salinity gradient. *Freshwater Crayfish*. 4: 105-114.
- Jayachandran, K. V. 2001. *Palaemonid* prawns: biodiversity, taxonomy, biology and management. Science Publishers: New Hampshire. p.624.
- Johannesson, K. H., Cortes, A., y Kilroy, K. C. 2004. Reconnaissance isotopic and hydrochemical study of Cuatro Ciénegas groundwater, Coahuila, Mexico. *Journal of Society American Earth Sciences*. 17:171-180.
- Kinne, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals: 1.Temperature. *Oceanography and Marine Biology An Annual Review*. 1: 301-440.
- Knowlton, N. 1986. Cryptic and sibling species among the decapod crustacea. *Journal of Crustacean Biology*. 6(3): 356-363.
- Langerhans, R. B., Layman, G. A., Langerhans, A. K., y Dewitt, T. J. 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society*. 80: 689-698.

- Mashiko, K. 1992. Genetic egg and clutch size variations in freshwater prawn populations. *Oikos*. 63: 454-458.
- Massieu, Lourdes. 1998. Osmorregulación. *En*; Biología funcional de los animales. Fanjul, M. L., Hiriart, M., y Fernández, F. M. (Editores). Siglo Veintiuno Editores. PP 553-571.
- McDonald, J. 2009. Handbook of Biological Statistics, 1st edition. Baltimore: Sparky House Publishing. 554 p.
- McLaughlin, P. A., Taylor, G. T., y Tracey, M. L. 1982. Systematic methods in research. *En*: Abele, L. G., (eds). The biology of Crustacea. 1. 29-63. *Academic Press, New York*.
- Meehan, O. L. 1936. Notes on the freshwater shrimp *Palaemonetes paludosa* (Gibbes). *Transactions of the American Microscopical Society*. 55:433–441.
- Menu-Marque, S. A. 1973. Desarrollo larval de *Palaemonetes argentinus* (Nobili, 1901) en el laboratorio (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). *Physis*.32:149-169.
- Minckley, W.L. 1969. Environments of the Bolson of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. *Texas Western Press*. University of Texas at El Paso. 2: 65.
- Minckley, W.L. 1992. Three decades near Cuatro Ciénegas, Mexico: photographic documentation and a plea for area conservation. *Proceedings of the Arizona-Nevada Academy of Science*. 26 (2): 89-119.
- Muñiz-Martínez, J. R. 2012. Sistemática y estado actual de la distribución geográfica-ecológica de los langostinos del género *Palaemonetes* de agua dulce del noreste de México y Norte de San Luis Potosí. Tesis doctoral Universidad Autónoma de Nuevo León. p. 364.
- Needler, A. B. 1931. Mating and ovoposition in *Pandalus danae*. *Canadian Field-Naturalist*. 45: 107-108.
- Nosil, P. Ecological Speciation. *Oxford University Press*. 2012.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>).
- Rafinesque, C. S. 1815. Analyse de la Nature Tableau de l'Univers et corps organisés. 1–224. Palermo.

- Rodríguez-Almaraz, G. A. y Campos, E. 1996. "New locality records of freshwater decapods from Mexico (Crustacea: Atyidae, Cambaridae, and Palaemonidae)", *En: Proceedings of the Biological Society of Washington*. 109: 34-38.
- Rodríguez-Almaraz, G. A., González-Aguilar, J. A y Mendoza-Alfaro, R. 1997. Biological and Ecological Notes of *Palaemonetes suttkusi* (Crustacea: Palaemonidae) from Cuatro Ciénegas Basin, Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 42: 501-503.
- Rodríguez-Almaraz, G.A., R. Muñiz-Martínez y A. Millán-Cervantes. 2010. Desarrollo larval de *Palaemonetes mexicanus* y *P. hobbsi* (Caridea: Palaemonidae) cultivadas en el laboratorio. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: S73-S97.
- Rodríguez, F., Barroso, F. J. y Galindo, M. D. 1993. Estudio biométrico y morfológico de los huevos de *Palaemonetes varians* Leach de dos localidades del suroeste español. *Limnetica*, 9:67–72.
- Rosales, O. G. J. 2005. *Historia de la educación en Coahuila, 1800-1860*. (Tesis para obtener el grado de Maestría en Historia). Universidad Iberoamericana. México. 1097pp.
- Rull, V. 2010. On microrefugia and cryptic refugia. *Journal of Biogeography*, 37: 1623-1627.
- Saez, A. G. y Lozano, E. 2005. Body doubles. *Nature*. 433: 111.
- Sneath, P. H. y Sokal, R. R. 1973. *Numerical Taxonomy*. San Francisco. W.H. Freeman. p. 230-234.
- SPSS 22. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corporation.
- St Amant, J. A. y Hulquist, R. G. 1969. *Palaemonetes paludosus* collected in the Rio Hardy and Colorado river Baja California. *California Fish and Game*, 55. 252.
- Smalley, A.E. 1964. A new *Palaemonetes* from Mexico (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*.6: 229-232.
- Steele, D.H. y Steele, V.J. 1975. Egg size and duration of embryonic development in Crustacea. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*. 60: 711-715.
- Stella, V. S., López, L. S., y Rodríguez, E. M. 1996. Fecundity and brood biomass investment in the estuarine crab *Chasmagnathus granulatus* Dana, 1851 (Decapoda, Brachyura, Grapsidae). *Crustaceana*. 69: 306– 312.

- Souza, V., Espinosa-Asuar, L., Escalante, A. E., Eguiarte, L. E., Farmer, J., Forney, L., Lourdes, L., Rodríguez-Martínez, J. M., Soberón, X., Dirzo, R., y Elser, J. J. 2006. An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 103: 6565-6570.
- Stockwell, C. A., y Mulvey, M. 1998. Phosphogluconate dehydrogenase polymorphism and salinity in the White Sands pupfish. *Evolution*. 52:1856–1860.
- Strenth, N. E. 1976. A review of the systematics and zoogeography of the freshwater species of *Palaemonetes* Heller from North America (Crustacea: Decapoda). *Smithsonian contributions to Zoology*. 228:1-27.
- Strenth, N. E. 1994. A new species of *Palaemonetes* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from northeastern Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 107:291-295.
- Thorpe, R.S. 1980. A comparative study of ordination techniques in numerical taxonomy in relation to racial variation in the ringed snake, *Natrix natrix* (L.). *Biological Journal of the Linnean Society*. 13: 7-40.
- Villalobos-Figueroa, A. y Hobbs, H. H. Jr. 1974. Three new crustaceans from La Media Luna, San Luis Potosí, Mexico. *Smithsonian Contributions to Zoology*. 174: 1-18.
- Villalobos-Figueroa, A. 1982. Decapoda, *En*: Hulbert, S.H. y Villalobos, A. (Eds.). Aquatic Biota of Mexico, Central America and West Indies. San Diego State University of San Diego, California, p. 215-239.
- Wear, R. G. (1974) Incubation in British Decapod crustacea and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 54: 745-762.
- Wellborn, G. A y Cothran, R. D. 2004. Phenotypic similarity and differentiation among sympatric cryptic species in a freshwater amphipod species complex. *Freshwater Biology*. 49: 1-13.
- Wolaver, B., Sharp, J. M., Rodríguez, J. M., e Ibarra, J. C. 2008. Delineation of Regional Arid Karstic Aquifers: An Integrative Data Approach. *Ground Water*. 46: 396–413.
- Yan, H. Y. 1987. Comparative Reproductive Strategies of the Grass Shrimps, *Palaemonetes vulgaris* and *P. pugio* (Decapoda, Natantia) in Great Sippewissett Salt Marsh, Massachusetts, U.S.A. *Crustaceana*. 52: 141-144.

Yen, P. T. and Bart, A. N. (2008). Salinity effects on reproduction of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 280: 124-128.