



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable

**RELACIONES ECOLÓGICAS Y VARIACIONES BIOMÉTRICAS DE
LANGOSTINOS DEL GÉNERO *MACROBRACHIUM*, CON DESARROLLO
LARVAL ABREVIADO, EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO USUMACINTA**

TESIS

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

Presenta

Rocío Yazmín Perera Pech

Director de Tesis

Luis Manuel Mejía Ortíz

Cozumel, Q. Roo, Octubre de 2014.

DEDICATORIA

- **Esta tesis se la dedico a mis Padres, quienes me han apoyado para llegar hasta esta instancia en mi trayectoria de estudio, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral, mental y emocionalmente.**
- **A mi hermano Armando que aunque esté lejos físicamente, siempre tiene palabras de optimismo y aliento cuando las necesito.**
- **Dedico de manera especial a mi hermana Sandra pues ella fue el principal cimiento e inspiración para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación personal, en ella tengo un espejo en el que me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.**

¡Los amo.....gracias por confiar y creer en mí!

“No hay triunfo sin renuncia, victoria sin sufrimiento, libertad sin sacrificio”

Anónimo

AGRADECIMIENTOS

- **Agradezco a Dios por toda la fortaleza que recibí durante mis años de estudio, pues gracias a él o ella, pude seguir adelante hasta la culminación de esta etapa de mi vida.**
- **A la Universidad y así mismo a todos los que la integran y forman parte de ella.**
- **A la Fundación Comunitaria de Cozumel, de quienes obtuve la beca para cubrir las colegiaturas por los dos últimos años.**
- **Agradezco a mis Profesores por sus enseñanzas y apoyo durante mi formación profesional.**
- **Agradezco a Toñito Chale por ayudarme con mis mediciones, pero más aún por hacerme compañía en el laboratorio.**
- **Al Dr. Luis Mejía quien fue muy paciente conmigo, aun cuando me desesperaba él nunca flaqueó y me ayudó en todo el proceso de tesis hasta la finalización. Gracias por su apoyo, por el esfuerzo que puso por enseñarme un poco de todo lo mucho que sabe. Además de ser un excelente Maestro considero que es una gran persona a quien admiro y respeto.**
- **A mis amigos que me motivaron y me dieron apoyo cuando me hizo falta, no necesito decir sus nombres, muy bien saben ellos quiénes son...**
- **Y a todas las personas que me ayudaron para la finalización de esta meta...**

CONTENIDO

| | PAG. |
|--|-----------|
| 1-RESUMEN..... | 5 |
| 2-INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| 3-ANTECEDENTES..... | 9 |
| 4-JUSTIFICACIÓN..... | 10 |
| 5-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 11 |
| HIPÓTESIS..... | 11 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 11 |
| OBJETIVOS PARTICULARES..... | 11 |
| 6-ÁREA DE ESTUDIO..... | 12 |
| 7-MATERIALES Y MÉTODOS..... | 14 |
| 8-RESULTADOS..... | 16 |
| • Descripción del ambiente general..... | 16 |
| • Variables fisicoquímicas y ubicación geográfica..... | 18 |
| • Análisis morfológico..... | 19 |
| • Análisis ambiental..... | 36 |
| • Fotografías de los langostinos..... | 38 |
| • Análisis de microscopía electrónica..... | 43 |
| • Mapa de distribución de las poblaciones de langostinos..... | 48 |
| 9- DISCUSIÓN..... | 49 |
| 10-CONCLUSIONES..... | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |
| ANEXOS..... | 60 |

1-RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo identificar las relaciones ecológicas de los langostinos con desarrollo larval abreviado del género *Macrobrachium* y determinar su relación con la variabilidad morfométrica en las diferentes poblaciones de la cuenca del río Usumacinta. Estos animales son un grupo de decápodos de agua dulce que actualmente sólo tienen valor comercial en acuarios, descubierto por primera vez en México hace quince años. Desde entonces, se han reportado ocho nuevas especies para las zonas altas de las cuencas de los ríos más importantes del Golfo de México (Papaloapan, Grijalva y Usumacinta). La cuenca alta del Usumacinta muestra, por sus características orográficas, un alto potencial de especies de este grupo pero se carece de estudios al respecto. Por ello, este trabajo consistió en conocer las relaciones ecológicas y variaciones biométricas de los langostinos que habitan en la zona alta del río Usumacinta. En este estudio se obtuvieron dos resultados el primero fue el morfológico: el cual consistió en analizar estadísticamente las 17 poblaciones que fueron colectadas, donde se obtuvo ocho formas diferentes. En el segundo se analizaron los parámetros ambientales, para conocer las variables que definieron los hábitats, siendo estas: la temperatura, el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno. Finalmente se realizó la comparación de ambos análisis donde se demostró que el análisis ecológico no agrupa las poblaciones como lo hizo el morfológico.

2-INTRODUCCIÓN

Los **crustáceos** (del latín *crusta*, "costra" y *aceum*, "relación o la naturaleza de algo") son un extenso subfilo de artrópodos con más de 67.000 especies y, sin duda, faltan por descubrir hasta cinco o diez veces este número (Brusca, 2005). Incluyen varios grupos de animales como las langostas, los camarones, los cangrejos, los langostinos y los percebes, entre otros. Los crustáceos son principalmente acuáticos y habitan en todas las profundidades, tanto en el medio marino, salobre y de agua dulce; unos pocos han colonizado el medio terrestre, como la cochinilla de la humedad (isópodos). Los crustáceos son uno de los grupos zoológicos con mayor éxito biológico, tanto por el número de especies vivientes como por la diversidad de hábitats que colonizan; dominan los mares, como los insectos dominan la tierra.

El Subfilo Crustacea se caracteriza por un cuerpo que se divide en cefalotórax (donde se fusiona la cabeza y el tórax) y abdomen. Algunos crustáceos cuentan con apéndices en el abdomen y otros no. Presentan seis pares de apéndices cefálicos y el número de apéndices torácicos es variable desde 2 ó 3 pares, hasta decenas de ellos (Fig.2.1). Cuando se presentan apéndices en el abdomen, éstos se utilizan para acarrear sacos de huevecillos fecundados. Todos los apéndices de los crustáceos son birrámeos, es decir, tienen dos ramas: la interna se llama endópodo y la externa exópodo (Brusca, 2005).

Los decápodos de dulceacuícolas son un grupo que presenta una gran variedad de formas y cuenta con una amplia distribución a lo largo del territorio nacional, estando representado por 6 familia; Alpheidae, Cambaridae, Atyidae, Trichodactylidae, Pseudothelphusidae y Palmonidae (Rojas, 1998).

La familia Palaemonidae se ha diversificado gracias a su capacidad adaptiva, la cual le ha permitido ocupar una gran variedad de ambientes. En México está representada por los géneros: *Creaseria*, *Cryphiops*, *Neopalemon*, *Palaemonetes* y *Macrobrachium* (Villalobos *et al.*, 1993).

En México, el género *Macrobrachium* cuenta con un registro 22 especies hasta el momento (Tabla 2.1). Estos organismos ocupan tanto medios lóticos como lénticos, se distribuyen en zonas de climas tropicales. Son organismos típicamente epígeos, pero existen formas troglógenas o troglóbias (Villalobos, 1967). La mayoría de estas especies pasan gran parte de su vida en cuerpos de agua salobre, sin embargo existen especies que viven completamente alejadas del medio marino, lo cual sugiere que llevan a cabo su desarrollo en ambientes dulceacuícolas (Williamson, 1972).

Dentro del género *Macrobrachium* se pueden distinguir tres tipos de desarrollo larval: extendido o normal, parcialmente abreviado y completamente abreviado (Jalihal *et al.*, 1993; Pereira *et al.*, 1995). Estos autores consideran que este género pudo haber tenido su origen de en un ancestro marino del Pleistoceno temprano y a partir de ese momento haber ocupado casi toda clase de cuerpos de agua.

Ejemplo de un langostino:

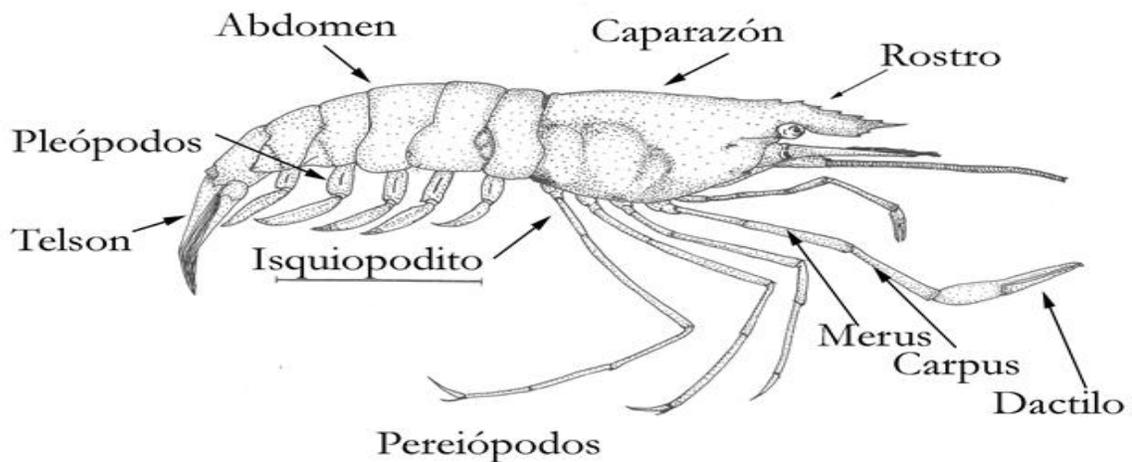


Fig.2.1. Morfología de un langostino del género *Macrobrachium* (Mejía Ortiz y López Mejía, 2011).

Subfilo: *Crustacea*,

Superfamilia: *Palaemonoidea Rafinesque*,

Familia: *Palaemonoidea Rafinesque*,

Género: *Macrobrachium* (Bate, 1868).

El género *Macrobrachium* tiene descrita actualmente 22 especies en México, las cuales se describen en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Especies del género *Macribrachium*.

| Género | Especie | Autor |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| <i>Macrobrachium</i> | <i>acanthurus</i> | (Wiegmann,1836) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>acanthochirus</i> | Villalobos,1966 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>acherontium</i> | Holthuis,1977 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>americanum</i> | (Bate,1968) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>carcinus</i> | (Linnaeus,1758) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>cosolapaense</i> | Mejía Ortiz y López-Mejía,2011 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>digueti</i> | Bouvier,1985 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>faustinum</i> | (Holthuis,1977) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>heterochirus</i> | (Wiegmann,1836) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>hobbsi</i> | Villalobos y Nates,1990 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>jacatepecense</i> | Mejía Ortiz y López-Mejía,2011 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>mazatecum</i> | Mejía Ortiz y López-Mejía,2011 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>michoacanus</i> | Villalobos y Nates,1990 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>oaxacae</i> | Mejía Ortiz y López- Mejía,2011 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>occidentale</i> | (Holthuis,1952) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>olfersii</i> | (Wiegmann,1836) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>sbordonii</i> | Mejía, Baldari y López, 2008 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>tenellum</i> | (Smith,1971) |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>totonacum</i> | Mejía Ortiz y López-Mejía,2011 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>tuxtlaensis</i> | Villalobos y Álvarez, 1999 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>vicconi</i> | Román, Ortega y Mejía, 2000 |
| <i>Macrobrachium</i> | <i>villalobosi</i> | Hobbs,1973 |

3-ANTECEDENTES

Los langostinos del género *Macrobrachium* son decápodos de agua dulce que, durante la segunda mitad del siglo pasado, se creía que en el país solo habitaban organismos asociados a los ríos principales de ambas vertientes (Pacífico y Golfo de México), pues necesitaban agua salobre en sus primeros estadios de vida para sobrevivir (lo que se conoce como desarrollo larval extendido). En los estudios realizados durante ese periodo se registraron las siguientes especies para el Golfo de México: *Macrobrachium carcinus*, *M. heterochirus*, *M. olfersii*, *M. hobbsi*, *M. acanthurus* y para el Océano Pacífico fueron registradas: *Macrobrachium americanum*; *M. occidentale*, *M. digueti*, *M. tenellum*, *M. acanthochirus* (Holthuis, 1952). Así mismo, se establecieron los límites ecológicos en gradientes altitudinales de las especies para el Golfo de México, identificando organismos que habitaban en sitios bastante alejados de la costa con altos contenidos de oxígeno disuelto, otros preferían las pozas profundas y con menor velocidad de la corriente, así como los que prefieren ríos alternos con baja profundidad, una mayor temperatura y una velocidad de corriente constante, hasta aquellos que viven exclusivamente en ambientes costeros (Mejía-Ortíz *et al.*, 2001).

Sin embargo, había en los últimos años del siglo pasado dos especies reportadas para ambientes cavernícolas de las cuales se conocía muy poco acerca de su biología y ecología, al igual que sus relaciones entre ellas. Estas son: *Macrobrachium villalobosi* y *Macrobrachium acherontium*, mismas que fueron descubiertas por las exploraciones de cavernas por parte de investigadores estadounidenses e italianos, respectivamente. Para los años 1999 y 2000, se reportan por primera vez en México dos especies epigeas con desarrollo larval abreviado, una para el estado de Veracruz: *Macrobrachium tuxtlaense* y otra para el estado de Chiapas *Macrobrachium vicconi* (Villalobos y Álvarez, 1999; Román *et al.*, 2000).

4-JUSTIFICACIÓN

Los resultados previos sobre la existencia de langostinos con desarrollo larval y sus registros de micro-distribución, así como también la fisiografía diversa que presenta el sureste de México, derivaron en una revisión con más detalle (Mejía-Ortíz y López-Mejía, 2011), contando hasta el momento diez especies reportadas, con esta característica en su desarrollo, lo que permitió plantear si todas las poblaciones ubicadas en la cuenca del Usumacinta tienen las mismas características morfológicas y cuáles son los hábitats que estos animales ocupan. Para consiguientemente, poder aportar más información a futuros estudios en la zona.

5-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las relaciones ecológicas de los langostinos con respecto a su distribución geográfica?

¿Existe alguna relación con la variabilidad morfométrica en las diferentes poblaciones de la cuenca del río Usumacinta?

HIPÓTESIS

Debido a las condiciones climáticas existentes, así como a su relieve accidentado, es posible encontrar una alta diversidad ecológica en los ríos y arroyos de la cuenca del río Usumacinta, con lo cual se estima que, en las poblaciones de langostinos del género *Macrobrachium*, existe una alta variabilidad morfométrica relacionada con las subcuencas en donde estas poblaciones coexisten.

OBJETIVO GENERAL

Identificar las relaciones ecológicas de los langostinos con respecto a la variabilidad morfométrica existente en las diferentes poblaciones de la cuenca del río Usumacinta.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Registrar las variables ambientales de sitios diferentes en la zona alta de la cuenca del río Usumacinta.
- Colectar las diferentes poblaciones de langostinos del género *Macrobrachium* existentes en estos sitios.
- Realizar un análisis morfométrico, comparando estadísticamente los diferentes artejos de las poblaciones de langostinos del género *Macrobrachium* de la cuenca del río Usumacinta.
- Analizar cuáles son las relaciones ecológicas que existen entre los sitios y las poblaciones del género *Macrobrachium* de la cuenca del río Usumacinta.

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

La cuenca hidrográfica es una unidad definida por la existencia divisoria de las aguas de un territorio dado, son unidades morfológicas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como parteaguas. El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativamente entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; de la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisiones que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

Para efectos prácticos, una cuenca hidrográfica puede ser dividida en tres secciones:

Cuenca alta: que es la que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente (ver en la fig.6.2).

Cuenca media: la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

Cuenca baja: la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

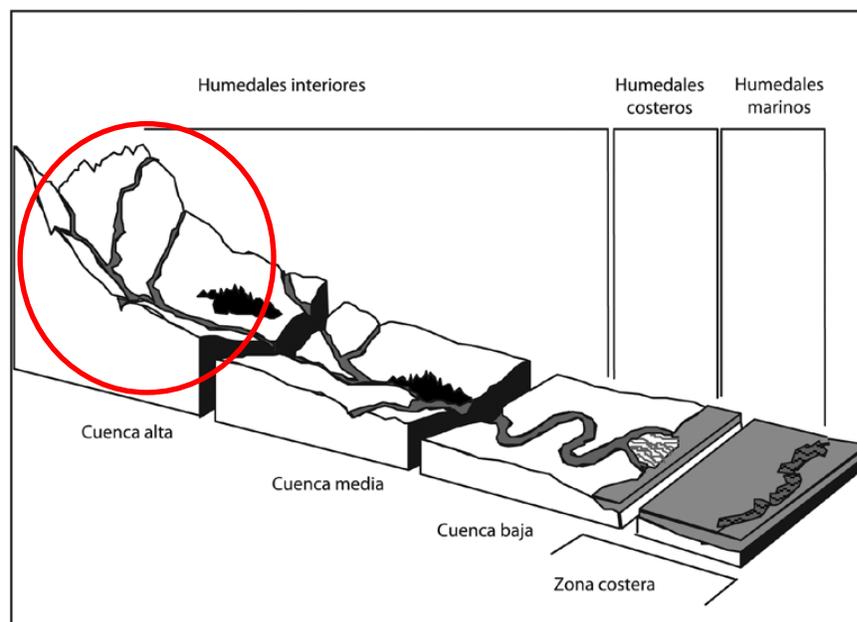


Fig.6.2. Área de distribución de los langostinos

7-MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron dos muestreos de quince días en las subcuencas mencionadas en el área de estudio de la parte alta del río Usumacinta. Durante este muestreo se revisaron los nacimientos y arroyos, en donde se registró la posición geográfica con un GPS (Garmin -Etrex); se midió la temperatura, el oxígeno disuelto, porcentaje de saturación del oxígeno, salinidad y el pH del agua utilizando un salino-termo-conductivímetro (YSI 0.01 mg/l, 0.1 °C, 0.01 ups) y un potenciómetro (OAKTON pH 310 series 0.1 pH, 0.1 °C) de campo. Paralelamente se registró el tipo de ambiente, si era lótico o léntico. En cuanto a los componentes bióticos del sitio, se registró el tipo de vegetación riparia, así como la fauna que coexiste con estos organismos (cangrejos, acociles, moluscos, peces, entre otros). Todos estos datos se anotaron en una hoja de campo diseñada ex profeso (**Anexo 3**). Asimismo se registraron aspectos como contaminación, uso del agua de los sitios; por ejemplo, para el turismo, entre otros usos. De los organismos de estudio, así como otros crustáceos coexistiendo con ellos, como son acociles y cangrejos dulceacuícolas; fueron colectados al menos, 30 animales, con una red de cuchara, de las raíces de la vegetación riparia o de la hojarasca depositada en el fondo de los arroyos o nacimientos. De cada una de las poblaciones se seleccionaron a los organismos más grandes y se les tomaron fotografías en vivo para ilustrar la variabilidad en color de las poblaciones estudiadas.

Los organismos colectados fueron etiquetados y conservados en alcohol al 70 % para su análisis en el laboratorio, en donde, en primera instancia, se separaron por machos y hembras y se colocaron frascos individuales para la realización de la morfometría: en donde se registró: la fórmula rostral, las mediciones de cada uno de los artejos de los primeros dos pares de apéndices ambulatorios.

Con todos estos datos, se realizó un primer análisis exploratorio comparativo usando el programa Statgraphics con procedimiento de ANOVA, con la prueba de Fisher para los 17 sitios, con el objetivo de identificar qué poblaciones eran diferentes entre sí y que nos permitieran agrupar algunas poblaciones. Posteriormente, se hicieron otros análisis comparativos (utilizando el mismo procedimiento), entre la especie conocida en la región *M. vicconi* y dos cuencas (Chancalá y Chansayab) pero para este caso, sólo se compararon las proporciones del segundo pereiópodo. En el caso de poblaciones colectadas en un solo sitio, pero de cuenca hidrológica diferente, se utilizó la prueba de t de student para comparar las proporciones del segundo pereiópodo con *M. vicconi*.

Subsecuente, se realizó un análisis de componentes principales utilizando todas las poblaciones con todas las proporciones analizadas. Finalmente, este análisis de componentes principales se realizó considerando las cuencas Chansayab y Chancalab, así como otros sitios, pero solo considerando los promedios de los segundos pereiópodos.

Otro tipo de análisis que se realizó fue el tipo clúster, en este se obtuvieron dos tipos de dendrogramas: el primero derivado de la utilización de todas las proporciones; y el segundo de las proporciones del segundo pereiópodo; seguidamente se realizó otro dendrograma en el cual solo se utilizaron los parámetros ambientales, consiguientemente se procedió a la realización de un análisis de agrupación con variables ambientales, de acuerdo al método de López-Mejía, 2006).

Así mismo, se tomaron muestras de los apéndices masculina e interna de los machos más representativos y se realizó el análisis en microscopio electrónico, en el Instituto de Biología de la UNAM.

Método de muestreo y tipo de ambientes donde se colectaron langostinos.

Se puede observar un tipo de ambiente lótico (A) y otro léntico (B). , en lo referente a la figura (C) y (D) se muestra el tipo de trampa a utilizar (red de chuchara) y la forma de colecta de los organismos.



Fig. 7.1 Ejemplos de algunos sitios donde se colectaron los langostinos y la forma de colecta (red de cuchara).

8-RESULTADOS

Descripción física general del ambiente

Se localizaron organismos en ambientes lóticos principalmente, con un sitio léntico Poza Tres Lagunas (Tabla 8.1). Pero, en general, los 17 sitios, se caracterizan por estar en latitudes trópicas (Tabla 8.3), pero cabe destacar que hasta el momento no fueron registrados ambientes subterráneos habitados por estos decápodos. Pero se puede clasificar a los sitios, de forma general, en nacimientos, cascadas, pozas y arroyos primarios así como secundarios. También destaca la profundidad registrada (de 1 a 5 metros), casi siempre con vegetación riparia, constituida por árboles de mediana altura o vegetación de potrero; el sedimento se puede clasificar en lodoso, arcilloso, y pedregoso (Tabla 8.2). Cabe destacar que hubo sitios con poca abundancia en las colectas (Poza Tres Lagunas, Tres Lagunas y Puente Guarumbo), en donde no se colectaron más allá de 10 individuos. Pero hubo otros sitios con una abundancia muy alta, con más de 60 animales: Arroyo Welib Ha y Nueva Palestina, (ver tabla 8.3).

Descripción de variables ambientales

Las características ambientales que se tomaron en los 17 sitios de muestreo fueron la temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno.

Los rangos de temperatura que se obtuvieron fueron de 22° a 28.3°C, dando como resultado una media de 23.77 °C ; el de pH fue de 3.03 a 8.63, sólo en un sitio se obtuvo un valor tan bajo de pH, y es por eso que es el más alejado de la media de 6.96; la salinidad fue de 0.1 a 0.3 ups, siendo la media de 0.24; en lo referente a oxígeno disuelto, su valor máximo fue de 5.59mg/l siendo el valor más bajo de 0.87 mg/l y, a su vez, el más alejado al promedio que fue de 3.59 mg/l; con respecto a la saturación de oxígeno su valor mínimo fue 11.3% y el máximo de 65.1%, sólo en dos sitios se obtuvieron valores muy por debajo de la media, que fue de 42.60% (Ver tabla 8.2).

Tabla 8.1. Descripción individual de cada sitio de muestreo:

| Sitio de muestreo | Tipo de ambiente | Descripción |
|-------------------------------------|------------------|---|
| 1-Cascada Cedros | lótico | Es un arroyo con cascada, con pozas remanentes antes del puente sin vegetación, en el centro del arroyo hay una velocidad de corriente del agua importante. |
| 2-Lacanja Hotel | lótico | Es un arroyo con vegetación circundante de árboles, con fondos rocosos, algunas pozas profundas de 2 ó 3 metros, y un área de pequeños rápidos. |
| 3-Sta. María Jatate | lótico | Es un río con una anchura máxima de 20 metros, con pocos árboles en la zona de colecta, un sedimento bastante rocoso y con mucha velocidad de corriente en el centro. |
| 4-Arroyo Jolha | lótico | Arroyo con algunos árboles de mediana altura, es un río con poca profundidad, cuenta con pocas pozas profundas. |
| 5-Tres lagunas | lótico | Arroyos muy someros que conectan las tres lagunas del centro, con poca profundidad asociada al agua como hojas elegantes y con mucha hojarasca. |
| 6-José Castillo | lótico | Río que tiene pozas profundas con árboles circundantes y cascadas de 2 a 3 metros, con un sedimento rocoso y raíces en el agua. |
| 7-Río Shupa | lótico | Río que tiene pozas profundas y cuenta con una ribera rodeada de árboles principalmente <i>Bursera</i> spp. Esto produce una buena cantidad de raíces en donde estos animales se encuentran. |
| 8-Campamento Tucán | lótico | Cascada con vegetación de árboles circundantes, de poca profundidad y sedimentos rocosos. |
| 9-Arroyo Welib Ha | lótico | Cascadas amplias de una profundidad de 2 a 3 metros, con pocos árboles cercanos y la vegetación circundante es de potrero, principalmente arbustos. |
| 10- <i>M.vicconi</i> (Base Militar) | lótico | Río que tiene una anchura aproximadamente de 15 metros, con una corriente importante en el centro, existen algunos árboles y arbustos ribereños, la velocidad de la corriente es menor en las orillas. En algunas partes tiene el sedimento bastante limoso y en otras es totalmente pedregoso. |
| 11-Cascada Maya | Lótico | Arroyo con cascada, con una profundidad de 3 metros y con bastante concentración de carbonato de calcio visible en troncos. |
| 12-Nueva Palestina | Lótico | Río que tiene una vegetación riparia principalmente por árboles de tamaño medio, de 3 a 5 metros. |
| 13-Bonampak | Lótico | Pequeño afluente que atraviesa la carretera de la entrada a Bonampak, cuenta con bastante vegetación circundante, de árboles de más de 5 metros. |
| 14-Reforma Agraria | Lótico | Afluente que nace a unos 5 kilómetros del área de colecta, existen algunos árboles pero principalmente la vegetación circundante es de potrero. |
| 15-Poza Tres Lagunas | Léntico | Poza es producida por el desbordamiento de un arroyo, es temporal y no tiene conexión directa con el arroyo, tiene un sedimento lodoso y la vegetación que existe es de <i>nymphæas</i> . |
| 16-Puente Guarumbo | Lótico | Afluente que carece de árboles y es más bien los restos de la vegetación que se deposita en el fondo del río lo que produce los sitios en donde los camarones se esconden. |
| 17-San Javier | Lótico | Arroyo a unos metros del nacimiento del río con vegetación circundante de potrero. |

Tabla 8.2. Variables fisicoquímicas de los sitios de muestreo:

| Parámetros | Promedio | Desviación estándar | Máximo | Mínimo |
|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|------------|
| Temperatura | 23.77 °c | ± 1.39 | 28.3 °c | 22°c. |
| pH | 6.96 | ± 1.42 | 8.63 | 3.03. |
| Salinidad | 0.24 ups | ± 0.06 | 0.3 ups | 0.1 ups |
| Oxígeno disuelto | 3.59 mg/l | ± 1.19 | 5.59 mg/l | 0.87 mg/l. |
| Saturación de oxígeno | 42.60 % | ± 13.68 | 65.1 % | 11.3%. |

Se obtuvieron en total 529 organismos (Ver tabla 8.3), se puede observar que los lugares donde, se colectaron más organismos fueron Arroyo Welib Ha, Nueva Palestina y San Javier; por otro lado, los sitios donde se colectó el menor número de organismos fueron en Poza Tres lagunas, Tres Lagunas y Puente Guarumbo.

Tabla 8.3. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo y número de organismos del género *Macrobrachium*

| LOCALIDAD | GPS | | NÚMERO DE ORGANISMOS |
|-----------------------------------|------------|------------|----------------------|
| | Latitud | Longitud | |
| Cascada Cedros | 16°43.332' | 91°07.987' | 33 |
| Lacanja Hotel | 16°45.430' | 91°08.050' | 26 |
| Sta. María Jatate | 16°52.243' | 92°02.406' | 13 |
| Arroyo Jolha | 17°24.514' | 91°54.170' | 46 |
| Tres Lagunas | 16°50.449' | 91°08.646' | 9 |
| José Castillo | 17°23.855' | 91°43.901' | 17 |
| Rio Shupa | 17°26.888' | 91°57.672' | 36 |
| Campamento Tucán | 16°45.936' | 91°07.909' | 17 |
| Arroyo Welib Ha | 17°22.506' | 91°47.818' | 62 |
| Base Militar(<i>M. vicconi</i>) | 16°53.412' | 91°46.626' | 36 |
| Cascada Maya | 16°45.144' | 91°08.001' | 47 |
| Nueva Palestina | 16°49.499' | 91°15.092' | 60 |
| Bonampak | 16°43.007' | 91°41.740' | 43 |
| Reforma Agraria | 17°24.395' | 91°39.381' | 11 |
| Poza Tres lagunas | 16°49.404' | 91°07.405' | 5 |
| Puente Guarumbo | 16°50.551' | 91°14.423' | 9 |
| San Javier | 16°48.531' | 91°06.529' | 59 |
| Total | | | 529 |

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

ANÁLISIS MORFOLÓGICO

El primer resultado del análisis morfológico se obtuvo utilizando el procedimiento de ANOVA, con la prueba de Fisher para la comparación de promedios de las proporciones de los artejos del primero y segundo pereiópodo, así como de otras estructuras para las 17 poblaciones bajo estudio. Asimismo se incorporó el análisis de frecuencias de las formulas rostrales para cada población (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Resumen de los promedios de las diferentes proporciones (Longitud/Ancho de la escama: L/A escama, Telson/Sexto; Primer pereiópodo: Longitud/ancho de la palma: LP/AP1P, Propodio/dáctilo: Prop/Dac1P, Propodio/carpus: Prop/Car1P, Carpus/merus: Carp/Mer1P, Merus/ Isquiopodito: Mer/Isq1P; Segundo Pereiópodo: Longitud/ancho de la palma: LP/AP2P, Propodio/dáctilo: Prop/Dac2P, Propodio/Carpus: Prop/Car2P; Carpus/Merus: Carp/Mer2P; Merus/Isquiopodito: Mer/Isq2P) para cada población de langostinos estudiada.

| Lugar | Formulas rostrales | Frecuencia | L/A escama | LP/AP 2P | LP/AP 1P | Prop/Carp 2P | Prop/Carp 1P | Carp/Mer 2P | Carp/Mer 1P | Mer/Isq 2P | Mer/Isq 1P | Prop/Dac 2P | Prop/Dac 1P | Telson/Sexto |
|---------------------------|--------------------|------------|------------|----------|----------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| Rio Shupa | 10(3)3 | 9 | 2.91608 | 3.59596 | 2 | 1.36 | 0.7 | 1.14286 | 1.15385 | 1.47222 | 2.08333 | 2.06667 | 1.85714 | 1.67544 |
| | 9(3)2 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 11(3)2 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| Cascada Cedros | 9(3)3 | 9 | 3 | 3.96429 | 2.2 | 1.31579 | 0.66667 | 1.17647 | 1.11806 | 1.45455 | 2 | 2.25833 | 2 | 1.56167 |
| | 9(3)4 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | 8(3)3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Lacanja Hotel | 9(3)3 | 10 | 2.87368 | 4.375 | 2.42222 | 1.55556 | 0.62 | 0.909091 | 0.930288 | 1.65 | 2.44 | 2.46667 | 2.07941 | 1.58824 |
| | 10(4)3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | 10(3)3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Sta. Maria Jatate | 8(3)1 | 2 | 2.93333 | 3.57143 | 2 | 1.84375 | 0.64 | 1.25 | 1.36364 | 1.36364 | 2 | 2.10526 | 2.05556 | 1.59664 |
| | 9(3)3 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Arroyo Jolha | 8(3)2 | 12 | 3.1887 | 4 | 2.22222 | 1.3812 | 0.69 | 1 | 1 | 1.55398 | 2 | 2.25 | 2 | 1.70457 |
| | 9(3)2 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 8(3)3 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| Arroyo Welib Ha | 9(3)3 | 14 | 2.9 | 4.16667 | 2.125 | 1.38 | 0.7 | 1.10556 | 1 | 1.57143 | 2.2 | 2.21622 | 1.85714 | 1.63667 |
| | 8(3)2 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | 8(3)3 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| Campamento Tucán | 9(3)3 | 4 | 2.89474 | 4.44444 | 2.14286 | 1.41176 | 0.636364 | 1.125 | 1.08333 | 1.66667 | 2.13333 | 2.38462 | 1.88235 | 1.75862 |
| | 9(3)2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Jose Castillo | 9(3)3 | 4 | 3.15217 | 4.16667 | 2.45 | 1.46667 | 0.690476 | 1.06667 | 1.03571 | 1.5 | 2 | 2.27273 | 2 | 1.75 |
| | 9(3)2 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | 7(3)2 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Tres Lagunas | 10(3)3 | 3 | 3.38095 | 4 | 2 | 1.22222 | 0.64 | 1.16667 | 1 | 1.28571 | 1.75 | 2.2 | 2 | 1.49091 |
| | 9(3)3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| M. vicconi (Base Militar) | 11(4)3 | 11 | 2.91813 | 4 | 2.33333 | 1.46906 | 0.666667 | 1.1125 | 1.09091 | 1.6 | 2.33333 | 2.20714 | 1.92308 | 1.65074 |
| | 11(3)3 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| | 10(4)3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Cascada Maya | 10(3)3 | 22 | 3 | 4.22222 | 2.14286 | 1.3 | 0.64 | 1.16667 | 1.11111 | 1.83333 | 2.333333 | 2.28571 | 2 | 1.66667 |
| | 9(3)3 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | 10(3)4 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| Nueva Palestina | 9(3)3 | 12 | 3.04762 | 4.34874 | 2.22222 | 1.3901 | 0.614214 | 1.14286 | 1.09091 | 1.725 | 2.4 | 2.20347 | 2 | 1.66667 |
| | 10(3) | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 10(4)3 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| Bonampak | 10(3)3 | 13 | 3.04545 | 4.28571 | 2.14286 | 1.25 | 0.666667 | 1.25 | 1.11111 | 1.75 | 2.2 | 2.29819 | 2 | 1.75862 |
| | 9(3)3 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 9(3)4 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Reforma Agraria | 9(3)3 | 3 | 2.9 | 4.28205 | 2.15 | 1.25468 | 0.625 | 1.23661 | 1.11111 | 1.75 | 2.25 | 2.18056 | 1.9 | 1.69122 |
| | 9(4)3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | 8(3)3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Poza Tres Lagunas | 10(3)3 | 3 | 3.35484 | 4.44444 | 2.5 | 1.26316 | 0.666667 | 1.11765 | 1.12 | 1.625 | 2.25 | 2.05263 | 2 | 1.74916 |
| Puente Guarumbo | 10(3)3 | 4 | 3.07692 | 4.33036 | 1.85833 | 1.20417 | 0.7 | 1.21825 | 1.16667 | 1.61364 | 2 | 2.225 | 1.8 | 1.73333 |
| | 9(3)3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| San Javier | 10(3)3 | 16 | 3.09524 | 4.47222 | 2.25 | 1.24265 | 0.615385 | 1.19375 | 1.09091 | 1.73214 | 2.33333 | 2.23611 | 2 | 1.68 |
| | 9(3)3 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | 10(3)4 | 6 | | | | | | | | | | | | |

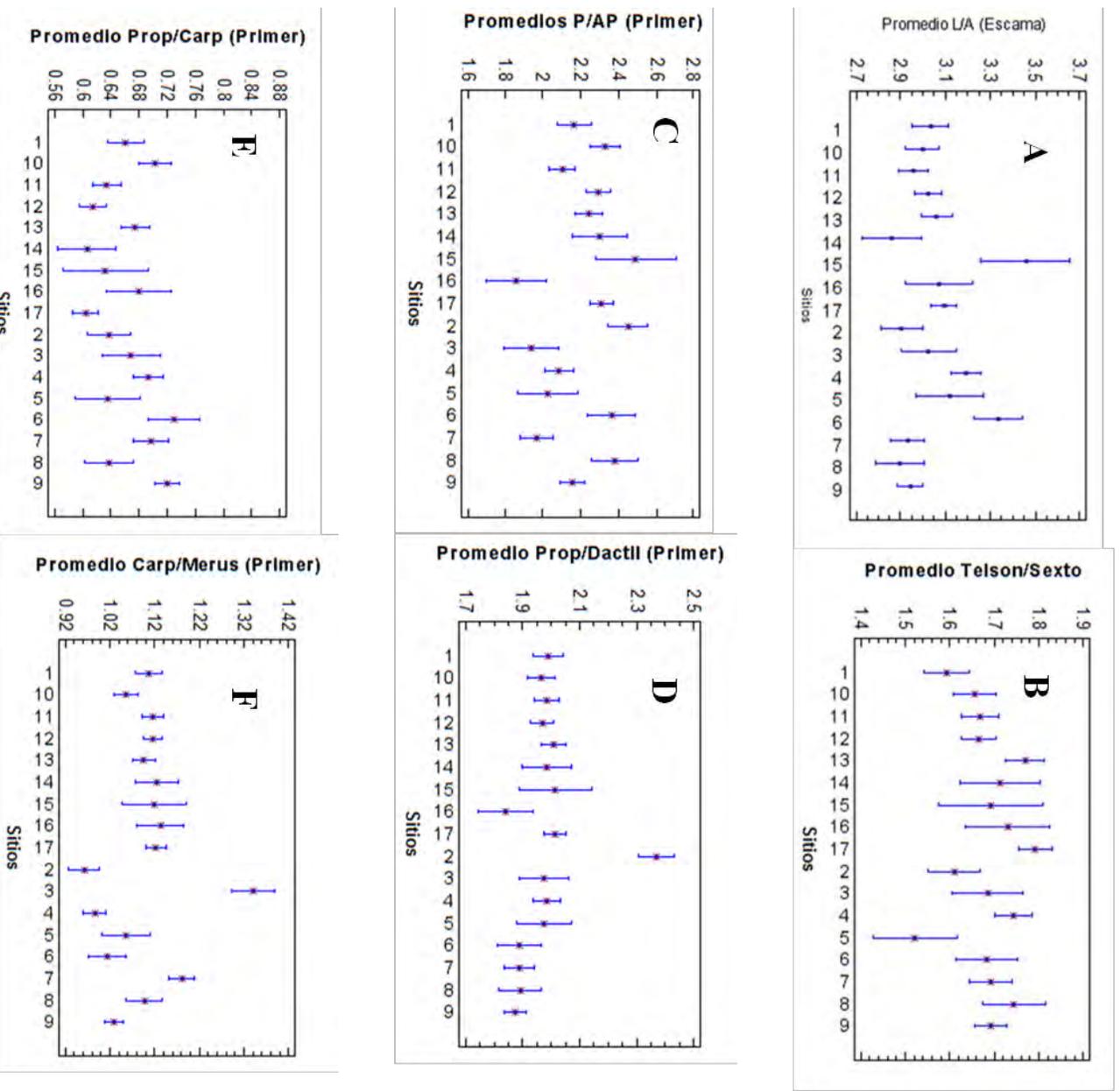
Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

Subsecuentemente se incorporó la desviación estandar de cada proporción y el valor estadístico de la prueba de fisher construyendo esto para las 17 poblaciones (Tabla 8.5). En donde se puede ver que en cada caso de comparación se identifica si son estadísticamente diferentes cuando el valor de $P < 0$. Asimismo en la fig 1 se muestra la representación grafica de la comparación de los promedios mas menos la desviación estándar.

Tabla 8.5. Comparación de los datos promedio \pm desviación estándar de las siguientes proporciones (Longitud/Ancho de la escama: L/A escama, Telson/Sexto; Primer pereiópodo: Longitud/ancho de la palma: LP/AP1P ,Propodio/dáctilo: Prop/Dac1P ,Propodio/carpus: Prop/Car1P ; Carpus/merus: Carp/Mer1P; Merus/ Isquiopodito: Mer/Isq1P ; Segundo Pereiópodo: Longitud /ancho de la palma: LP/AP2P ; Propodio/dáctilo: Prop/Dac2P ; Propodio/Carpus: Prop/Car2P ; Carpus/Merus: Carp/Mer2P ; Merus/Isquiopodito: Mer/Isq2P), utilizando el procedimiento de ANOVA y la prueba de Fisher.

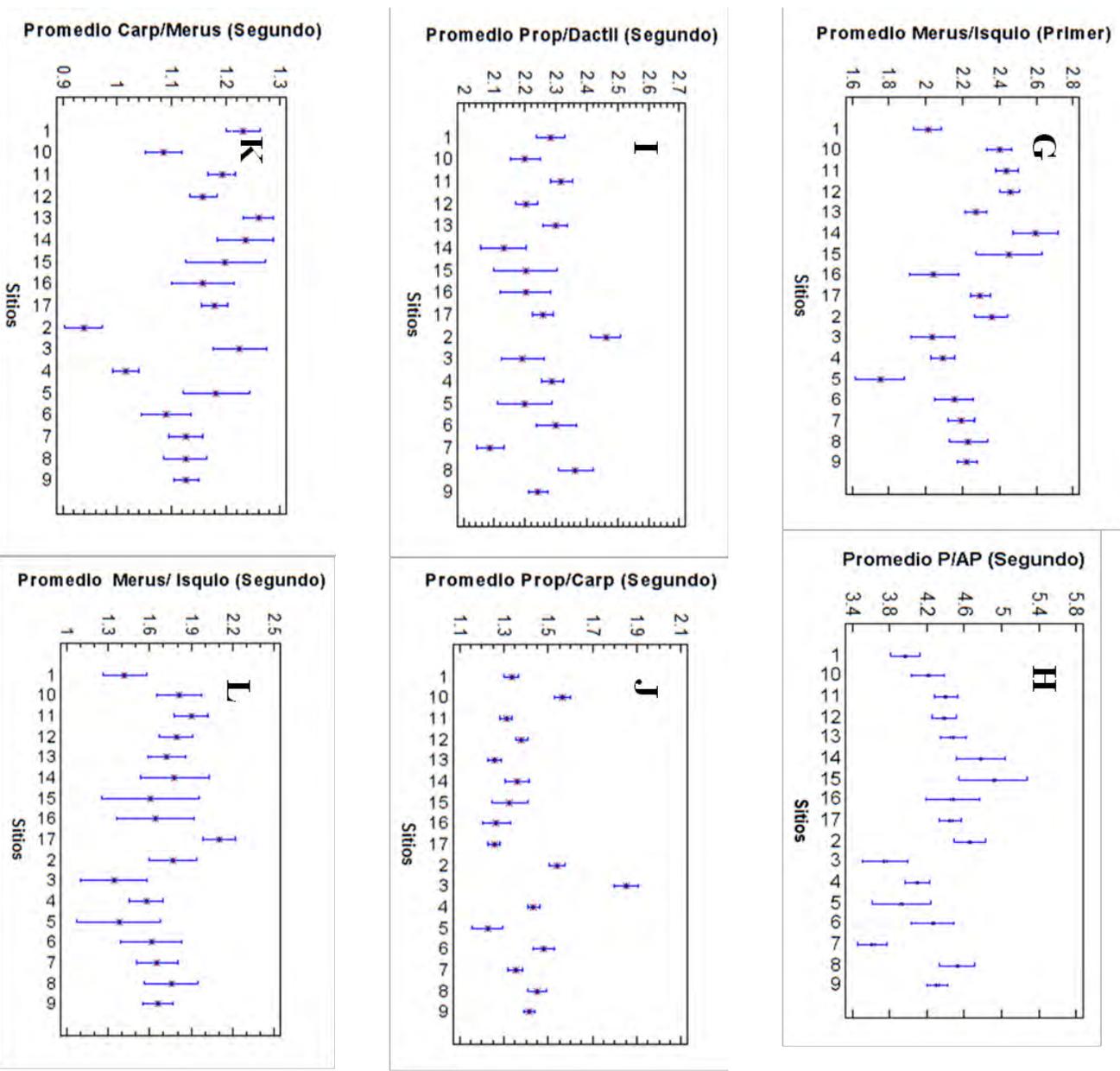
| Proporción | Localidades | | | | | | | | | | | | | | | | | Valores Estadísticos | |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|------------|
| | Río Shupa | Cascada Cedros | Lacanja Hotel | Sta.MaríaJatate | Arroyo Jolha | Arroyo Weilib Ha | Campamento Túcán | Jose Castillo | Tres Lagunas | M. vicconi (Base Militar) | Cascada Maya | Nueva Palestina | Bonampak | Reforma Agraria | Poza TresLagunas | Puente Guarumbo | San Javier | Valor de F | Valor de P |
| L/A escama | 2.91 \pm 0.46 | 3 \pm 0.36 | 2.87 \pm 0.40 | 2.93 \pm 1.00 | 3.18 \pm 0.38 | 2.9 \pm 0.47 | 2.89 \pm 0.23 | 3.15 \pm 0.69 | 3.38 \pm 1.19 | 2.91 \pm 0.33 | 3 \pm 0.46 | 3.04 \pm 0.38 | 3.04 \pm 0.27 | 2.9 \pm 0.43 | 3.35 \pm 0.21 | 3.07 \pm 0.39 | 3.09 \pm 0.29 | 1.93 | $P < 0$ |
| LP/AP2P | 3.59 \pm 0.55 | 3.96 \pm 0.35 | 4.37 \pm 0.66 | 3.57 \pm 0.45 | 4 \pm 0.80 | 4.16 \pm 0.77 | 4.44 \pm 0.84 | 4.16 \pm 0.70 | 4 \pm 0.43 | 4 \pm 1.18 | 4.22 \pm 1.05 | 4.34 \pm 0.74 | 4.28 \pm 0.96 | 4.28 \pm 1.31 | 4.44 \pm 1.56 | 4.33 \pm 0.63 | 4.47 \pm 0.59 | 3.11 | $P < 0$ |
| LP/AP1P | 2 \pm 0.43 | 2.2 \pm 0.42 | 2.42 \pm 0.56 | 2 \pm 0.27 | 2.22 \pm 0.46 | 2.12 \pm 0.50 | 2.14 \pm 1.25 | 2.45 \pm 0.24 | 2 \pm 0.35 | 2.33 \pm 0.32 | 2.14 \pm 0.33 | 2.22 \pm 0.44 | 2.14 \pm 0.45 | 2.15 \pm 0.58 | 2.5 \pm 0.35 | 1.85 \pm 0.34 | 2.25 \pm 0.38 | 2.52 | $P < 0$ |
| Pro/Carp2P | 0.7 \pm 0.17 | 1.31 \pm 0.14 | 1.55 \pm 0.18 | 1.84 \pm 0.14 | 1.38 \pm 0.20 | 1.38 \pm 0.12 | 1.41 \pm 0.19 | 1.46 \pm 0.13 | 1.22 \pm 0.08 | 1.46 \pm 0.24 | 1.3 \pm 0.16 | 1.39 \pm 0.18 | 1.25 \pm 0.13 | 1.25 \pm 0.34 | 1.26 \pm 0.18 | 1.20 \pm 0.17 | 1.24 \pm 0.15 | 12.14 | $P < 0$ |
| Pro/Carp1P | 1.14 \pm 0.07 | 0.66 \pm 0.07 | 0.62 \pm 0.06 | 0.64 \pm 0.16 | 0.69 \pm 0.14 | 0.7 \pm 0.18 | 0.63 \pm 0.08 | 0.69 \pm 0.17 | 0.64 \pm 0.07 | 0.66 \pm 0.26 | 0.64 \pm 0.08 | 0.61 \pm 0.09 | 0.66 \pm 0.15 | 0.62 \pm 0.05 | 0.66 \pm 10 | 0.7 \pm 0.07 | 0.61 \pm 0.09 | 2.71 | $P < 0$ |
| Carp/Mer2P | 1.42 \pm 0.14 | 1.17 \pm 0.22 | 0.90 \pm 0.15 | 1.25 \pm 0.15 | 1 \pm 0.18 | 1.10 \pm 0.14 | 1.12 \pm 0.15 | 1.06 \pm 0.12 | 1.16 \pm 0.06 | 1.11 \pm 0.19 | 1.16 \pm 0.12 | 1.14 \pm 0.13 | 1.25 \pm 0.13 | 1.23 \pm 0.110 | 1.11 \pm 0.20 | 1.21 \pm 0.13 | 1.19 \pm 0.21 | 6.61 | $P < 0$ |
| Carp/Mer1P | 1.15 \pm 0.22 | 1.11 \pm 0.11 | 0.93 \pm 0.12 | 1.36 \pm 0.11 | 1 \pm 0.14 | 1 \pm 0.13 | 1.08 \pm 0.07 | 1.03 \pm 0.10 | 1 \pm 0.13 | 1.09 \pm 0.18 | 1.11 \pm 0.13 | 1.09 \pm 0.13 | 1.11 \pm 0.13 | 1.11 \pm 0.26 | 1.12 \pm 0.12 | 1.16 \pm 0.19 | 1.09 \pm 0.21 | 5.49 | $P < 0$ |
| Mer/Isq2P | 1.47 \pm 0.57 | 1.45 \pm 0.15 | 1.65 \pm 0.47 | 1.36 \pm 0.11 | 1.55 \pm 0.33 | 1.57 \pm 0.24 | 1.66 \pm 0.40 | 1.5 \pm 0.50 | 1.28 \pm 0.30 | 1.6 \pm 0.56 | 1.83 \pm 0.47 | 1.72 \pm 0.37 | 1.75 \pm 0.24 | 1.75 \pm 0.44 | 1.62 \pm 0.55 | 1.61 \pm 0.28 | 1.73 \pm 0.21 | 1.46 | $P \geq 0$ |
| Mer/Isq1P | 2.08 \pm 0.42 | 2 \pm 0.37 | 2.44 \pm 0.31 | 2 \pm 0.30 | 2 \pm 0.49 | 2.2 \pm 0.39 | 2.13 \pm 0.25 | 2 \pm 0.32 | 1.75 \pm 0.17 | 2.33 \pm 0.44 | 2.33 \pm 0.42 | 2.4 \pm 0.35 | 2.2 \pm 0.39 | 2.25 \pm 0.77 | 2.25 \pm 0.65 | 2 \pm 0.43 | 2.33 \pm 0.28 | 4.83 | $P < 0$ |
| Pro/Dac2P | 2.06 \pm 0.15 | 2.25 \pm 0.15 | 2.46 \pm 0.17 | 2.10 \pm 0.26 | 2.25 \pm 0.17 | 2.21 \pm 0.18 | 2.38 \pm 0.20 | 2.27 \pm 0.14 | 2.2 \pm 0.07 | 2.20 \pm 0.22 | 2.28 \pm 0.31 | 2.20 \pm 0.35 | 2.29 \pm 0.19 | 2.18 \pm 0.53 | 2.05 \pm 0.28 | 2.22 \pm 0.14 | 2.23 \pm 0.16 | 3.07 | $P < 0$ |
| Prop/Dac1P | 1.57 \pm 0.15 | 2 \pm 0.29 | 2.07 \pm 0.86 | 2.05 \pm 0.23 | 2 \pm 0.20 | 1.85 \pm 0.16 | 1.88 \pm 0.51 | 2 \pm 0.32 | 2 \pm 0.18 | 1.92 \pm 0.14 | 2 \pm 0.24 | 2 \pm 0.16 | 2 \pm 0.32 | 1.9 \pm 0.29 | 2 \pm 0.22 | 1.8 \pm 0.17 | 2 \pm 0.13 | 3.35 | $P < 0$ |
| Telson/Sexto | 1.67 \pm 0.26 | 1.56 \pm 0.29 | 1.58 \pm 0.23 | 1.59 \pm 0.22 | 1.70 \pm 0.25 | 1.63 \pm 0.26 | 1.75 \pm 0.17 | 1.75 \pm 0.30 | 1.49 \pm 0.19 | 1.65 \pm 0.18 | 1.66 \pm 0.16 | 1.66 \pm 0.30 | 1.75 \pm 0.30 | 1.69 \pm 0.22 | 1.74 \pm 0.29 | 1.73 \pm 0.20 | 1.68 \pm 0.47 | 1.4 | $P \geq 0$ |

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.



Figuras 8.1: Análisis exploratorio comparativo usando el procedimiento de ANOVA con la prueba de Fisher. En todos los casos se compara el promedio A) Longitud/Ancho de la escama, B) Telson/Sexto;Primer pereiópodo: C) Longitud/ancho de la palma, D) propodio/dáctilo, E) Propodio/carpus; F) Carpus/merus. Para las 17 poblaciones (1-Cascada Cedros, 2-Lacanja Hotel, 3-Sta. Maria Jatate, 4-Arroyo Jolha, 5-Tres Lagunas, 6-José Castillo, 7- Río Shupa, 8-Campamento Tucán, 9-Arroyo Welib Ha, 10-M. vicconi (Base Militar), 11-Cascada Maya, 12-Nueva Palestina, 13-Bonampak, 14- Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16- Puente Guarumbo, 17-San Javier).

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.



Figuras 8.2: Análisis exploratorio comparativo usando el procedimiento de ANOVA con la prueba de Fisher. En todos los casos se compara el promedio: (G) Merus/Isquiopodito; Segundo Pereiópodo: (H) Longitud /anchode la palma; (I) Propodio/dáctilo; (J) Propodio/Carpus; (K) Carpus/Merus; (L) Merus/Isquiopodito, para las 17 poblaciones (1-Cascada Cedros, 2-Lacanja Hotel, 3-Sia. Maria Jatate, 4-Arroyo Jolja, 5-Tres Lagunas, 6-José Castillo, 7- Río Shupa, 8-Campamento Tucán, 9-Arroyo Welib Ha, 10-M. vicconi (Base Militar), 11-Cascada Maya, 12-Nueva Palestina, 13-Bonampak, 14-Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16- Puente Guarumbo, 17-San Javier).

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

Cuando se comparan los promedios de la relación entre la longitud y el ancho de la escama antenal para esta proporción es posible diferenciar a la población de Poza Tres Lagunas de las 16 restantes ($F=1.93$ $P < 0.05$ ver fig. 8.1 inciso A), puesto que presenta el promedio más alto. Sin embargo, existen poblaciones que por la magnitud de su promedio \pm desviación estándar se encuentran en subgrupos, como es el caso de las poblaciones Río Shupa, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha, en donde no existen diferencias entre ellas. Así mismo, el valor promedio más bajo para esta proporción se encontró en la población de Reforma Agraria. En el caso de la comparación de los promedios de la relación entre telson y sexto, para esta proporción en el gráfico (B de la fig. 8.1) es posible diferenciar que la población Tres Lagunas está más separada y es el sitio que tiene el valor más bajo de las demás poblaciones ($F=1.40$ $P \geq 0.05$ ver fig. 8.1 inciso B), el promedio más alto o igual se encontró en San Javier; en éste se observan dos grupos: el primer grupo formado por Cascada Cedros, *M. vicconi* (Base Militar), Cascada Maya, Nueva Palestina, Reforma Agraria, Poza Tres Lagunas, Puente Guarumbo, Lacanja Hotel, Sta. María Jatate, José Castillo, Río Shupa, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha, el segundo grupo está conformado por Bonampak, San Javier y Arroyo Jolha.

En todos los casos se comparan los promedios para el primer pereiópodo:

Para la relación Propodio y dácilo, existen diferencias muy marcadas por la población Lacanja Hotel con respecto a Nueva Palestina, Río Shupa y Arroyo Welib Ha. ($F=3.35$ $P < 0.05$ ver fig. 8.1 inciso 1D), el valor más bajo de las 16 fue Nueva Palestina. En la relación Carpus y Merus, se diferencia a la población Sta. María Jatate siendo la más separada y el sitio que tiene el valor más alto de las demás poblaciones ($F=5.49$ $P < 0.05$ ver fig. 8.1 inciso 1F), los sitios con los que tiene diferencia acentuada fueron *M. vicconi* (Base Militar), Hotel, Arroyo Jolha y Arroyo Welib Ha.

En todos los casos se comparan para el segundo pereiópodo:

Al comparar la relación entre Propodio y dácilo, se diferencia que la población Lacanja Hotel es la más separada y es el sitio que tiene el valor más alto de las 16 restantes ($F=3.07$ $P < 0.05$ ver fig. 8.2 inciso 1I), este sitio presenta diferencias estadísticas muy marcadas en la tabla 8.5 con respecto a Río Shupa. Aquí se observan dos grupos, en el primer grupo se compone por Base Militar, Nueva Palestina, Reforma Agraria, Poza Tres Lagunas, Puente Guarumbo, Sta. María Jatate, Tres Lagunas y Río Shupa así mismo siendo este el valor promedio más bajo para esta proporción; el segundo grupo se conforma Cascada Cedros, Cascada Maya, Bonampak, San Javier, Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

Arroyo Jolha, José Castillo, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha. Para la relación Propodio y carpus se diferencia a la población Sta. María Jatate ($F=12.14$ $P < 0.05$ ver fig. 8.2 inciso 1J), este sitio presenta diferencias estadísticas con respecto a Cascada Cedros, Cascada Maya, Nueva Palestina, Bonampak, Reforma Agraria, Poza Tres Lagunas, Puente Guarumbo, San Javier, Arroyo Jolha, Tres Lagunas, Río Shupa, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha. Sin embargo, en el gráfico se observan tres grupos; el primero formado por Bonampak, Puente Guarumbo San Javier y Tres lagunas, así mismo siendo este el valor promedio más bajo para esta proporción; el segundo grupo se conforma por Cascada Cedros, Nueva Palestina, Reforma Agraria, Poza Tres Lagunas, Arroyo Jolha, José Castillo, Río Shupa, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha y el tercer grupo formado por *M. vicconi* (Base Militar) y Lacanja Hotel. Pero comparando la relación carpus y merus, se observa a la población Lacanja Hotel como el sitio que tiene el valor más bajo y diferente ($F=6.61$ $P < 0.05$ ver fig. 8.2 inciso 1K), sus diferencias estadísticas se dan con Cascada Cedros, Arroyo Jolha, Cascada Maya, Bonampak y San Javier. Aunque en el gráfico se pueden observar tres grupos, el primero formado por *M. vicconi* (Base Militar), Arroyo Jolha y José Castillo; el segundo conformado por Cascada Maya, Nueva Palestina, Puente Guarumbo, Poza Tres Lagunas, San Javier, Tres Lagunas, Río Shupa, Campamento Tucán y Arroyo Welib Ha; el tercer grupo está formado por Cascada Cedros, Bonampak, Camino Sta. María Jatate y Reforma Agraria siendo este sitio el que tiene valor promedio más alto para esta proporción.

En lo referente a la Fig. 8.1 incisos C, E, H, y la fig. 8.2 incisos G y L las comparaciones no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Una vez realizado el análisis comparativo para todos los sitios (Tabla 8.4 y 8.5, Fig. 8.1 y 8.2), se procedió a realizar un análisis, pero ahora comparando las subcuencas en donde registramos más de un sitio con organismos. Para ello empezamos con la cuenca de Chancala, que está comprendida por los sitios de Arroyo Jolha, Arroyo Welib Ha y José Castillo todas ellas comparándolas con la localidad de la especie conocida que es *M. vicconi* (Base Militar). Se usó el mismo procedimiento de ANOVA con la prueba de Fisher, pero solo para las proporciones del segundo pereiópodo y de otras estructuras excluyendo las del primero pereiópodo (Tabla 8.6, Fig. 8.3).

Tabla 8.6. Comparación de los datos promedio \pm desviación estándar de las siguientes proporciones: (Segundo Pereiópodo: Longitud /ancho de la palma: LP/AP2P; Propodio/dáctilo: Prop/Dac2P; Propodio/Carpus: Prop/Car2P; Carpus/Merus: Carp/Mer2P; Merus/Isquiopodito: Mer/Isq2P) utilizando el procedimiento de ANOVA y la prueba de Fisher. En este caso se tomaron en cuenta los sitios pertenecientes a la Cuenca Cháncala (Arroyo Jolha, Welib Ha y José Castillo) en comparación a el sitio Base Militar donde se encuentra la especie conocida *M. vicconi*.

| Lugar | Localidades | | | | Valores Estadísticos | |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------|------------|
| | Arroyo Jolha | Arroyo Welib Ha | Jose Castillo | <i>M. vicconi</i> (Base Militar) | Valor F | Valor de P |
| LP/AP2P | 4.09 \pm 0.80 | 4.31 \pm 0.77 | 4.26 \pm 0.70 | 4.21 \pm 1.18 | 0.53 | P \geq 0 |
| Pro/Carp2P | 1.43 \pm 0.20 | 1.41 \pm 0.12 | 1.48 \pm 0.13 | 1.56 \pm 0.24 | 4.15 | P < 0 |
| Carp/Mer2P | 1.01 \pm 0.18 | 1.12 \pm 0.12 | 1.09 \pm 0.12 | 1.08 \pm 0.19 | 3.59 | P < 0 |
| Mer/Isq2P | 1.57 \pm 0.33 | 1.65 \pm 0.24 | 1.61 \pm 0.50 | 1.81 \pm 0.56 | 2.08 | P \geq 0 |
| Pro/Dac2P | 2.28 \pm 0.17 | 2.24 \pm 0.18 | 2.30 \pm 0.14 | 2.20 \pm 0.22 | 1.48 | P \geq 0 |

ANOVAS GRUPO CHANCALA

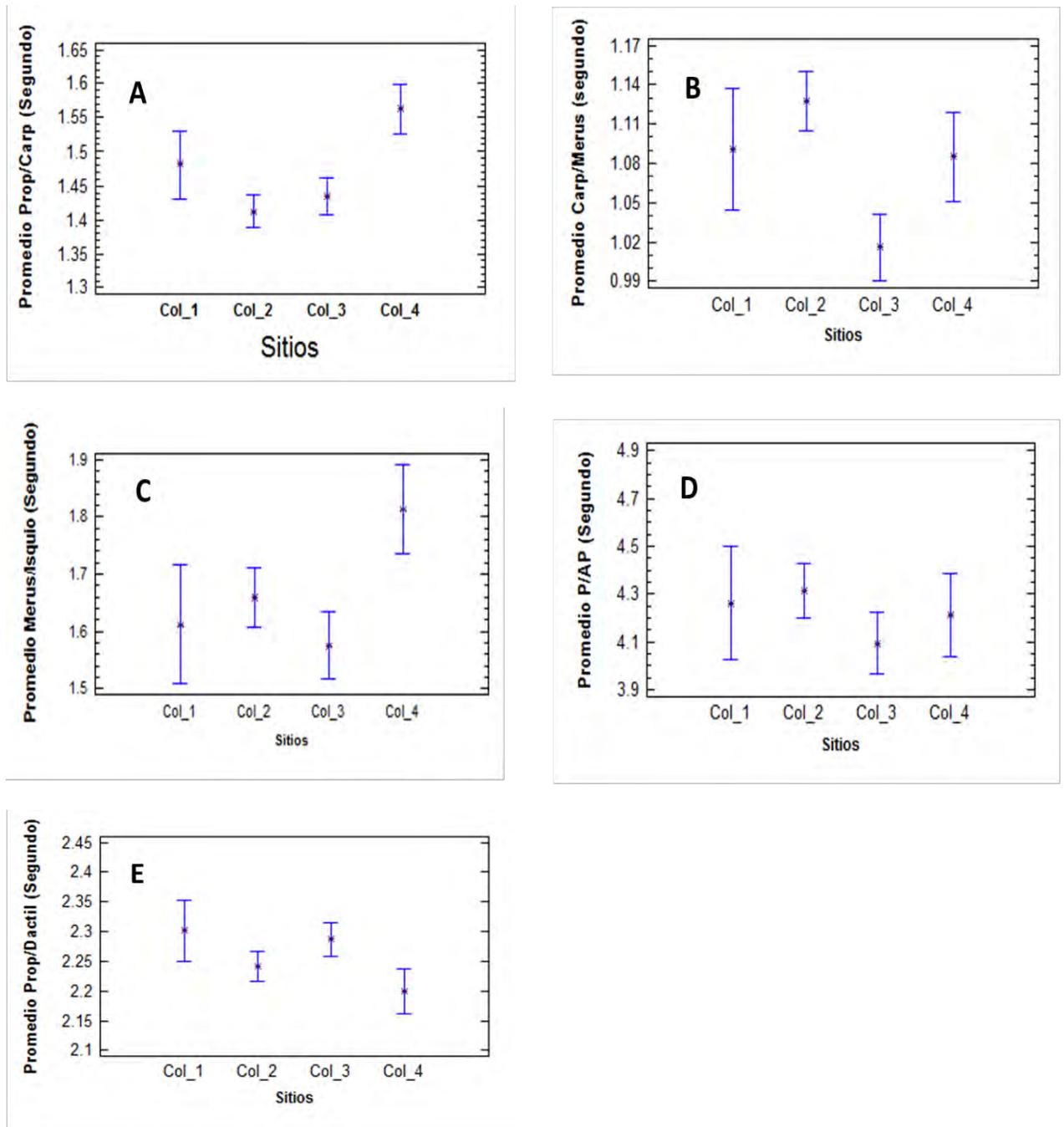


Figura 8.3. Segundo análisis comparativo por cuencas usando el procedimiento de ANOVA con la prueba de Fisher. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Propodio/carpus, B) Carpus/merus, C) Merus/isquio, D) Longitud/ancho de la palma, E) Propodio/dactil. Para la Cuenca Cháncala (1-Jóse Castillo, 2-Welibha, 3-Jolha, 4-*M. vicconi* (Base militar).

En todos los casos se comparan los promedios del segundo pereiópodo

Cuando se comparan los promedios de la relación Propodio/Carpus, es posible diferenciar a la población Base militar más separada y es el sitio que tiene el valor más alto de las tres poblaciones restantes ($F=4.15 < 0.5$ ver fig. 8.3 inciso A), este sitio representa diferencias estadísticas en la tabla con respecto a Arroyo Welib Ha el sitio que presenta el valor más bajo. En el caso la relación Carpus/Merus, es posible diferenciar a la población Jolha, siendo la más separada y el sitio que tiene el valor más bajo de las tres poblaciones restantes ($F=3.59 < 0.5$ Ver Fig. 8.3 inciso B), este sitio representa diferencias estadísticas en la tabla con respecto a Arroyo Welib Ha y que es el que tiene el valor más alto.

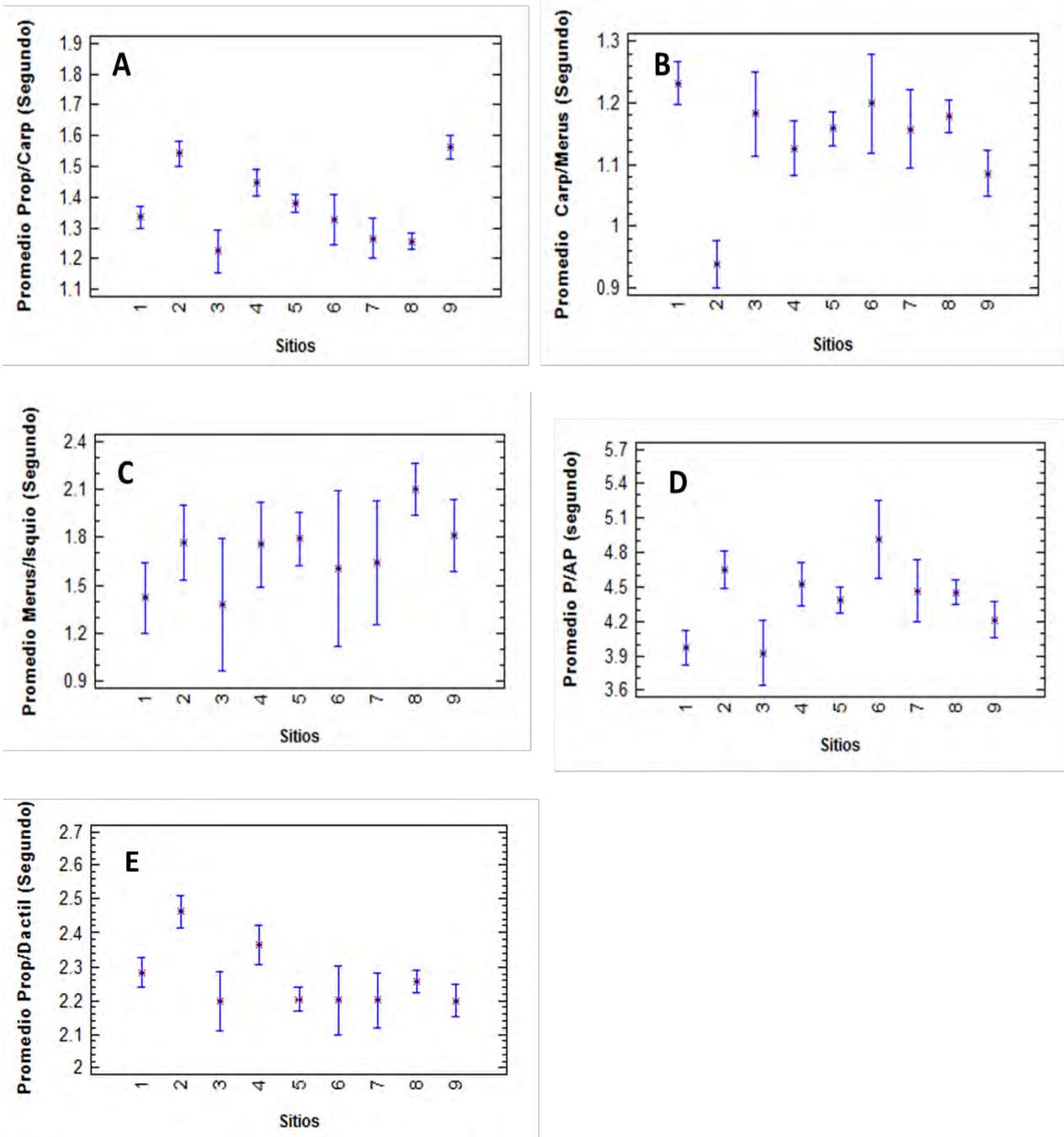
En la fig. 8.3 incisos 2C, 2D y 2E, las proporciones no presentaron diferencias estadísticas significativas en los gráficos.

CUENCA CHANSAYAB

Los datos estadísticos de esta tabla (8.7) se obtuvieron a partir de la realización de ANOVAS donde se obtuvieron los promedios y la desviación estándar para cada proporción del segundo pereiópodo de las poblaciones pertenecientes a la cuenca Chansayab, que fueron: Cascada Cedros, Lacanja Hotel, Campamento Tucán, Tres Lagunas, Nueva Palestina, Poza Tres Lagunas, Puente Guarumbo y San Javier, así como también la especie *M. vicconi* (Base Militar); de igual forma se obtuvieron los valores de F y P.

Tabla 8.7. Comparación de los datos promedio \pm desviación estándar de las siguientes proporciones (Segundo Pereiópodo: Longitud /ancho de la palma: LP/AP2P; Propodio/dáctilo: Prop/Dac2P; Propodio/Carpus: Prop/Car2P; Carpus/Merus: Carp/Mer2P; Merus/Isquiopodito: Mer/Isq2P) utilizando el procedimiento de ANOVA y la prueba de Fisher. En este caso se tomaron en cuenta los sitios pertenecientes a la Cuenca Chansayab (Cascada Cedros, Lacanja Hotel, Campamento Tucán, Tres Lagunas, Nueva Palestina, Poza Tres Lagunas, Puente Guarumbo y San Javier) en comparación al sitio Base Militar donde se encuentra la especie conocida *M. vicconi*.

| Proporción | Localidades | | | | | | | | | Valores Estadísticos | |
|------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------------|------------|
| | Cascada Cedros | Lacanja Hotel | Campamento Tucán | Tres Lagunas | <i>M. vicconi</i> (Base Militar) | Nueva Palestina | Poza Tres Lagunas | Puente Guarumbo | San Javier | Valor de F | Valor de P |
| LP/AP2P | 3.97 \pm 0.35 | 4.65 \pm 0.66 | 4.52 \pm 0.84 | 3.92 \pm 0.43 | 4.21 \pm 1.18 | 4.38 \pm 0.74 | 4.91 \pm 1.56 | 4.46 \pm 0.63 | 4.45 \pm 0.59 | 2.2 | P < 0 |
| Pro/Car2P | 1.33 \pm 0.14 | 1.54 \pm 0.18 | 1.44 \pm 0.19 | 1.22 \pm 0.08 | 1.56 \pm 0.24 | 1.38 \pm 0.18 | 1.32 \pm 0.18 | 1.26 \pm 0.17 | 1.25 \pm 0.15 | 9.47 | P < 0 |
| Carp/Mer2P | 1.23 \pm 0.22 | 0.93 \pm 0.15 | 1.12 \pm 0.15 | 1.18 \pm 0.06 | 1.08 \pm 0.19 | 1.15 \pm 0.13 | 1.19 \pm 0.20 | 1.150.13 | 1.17 \pm 0.21 | 4.98 | P < 0 |
| Mer/Isq2P | 1.42 \pm 0.15 | 1.76 \pm 0.47 | 1.75 \pm 0.40 | 1.37 \pm 0.30 | 1.81 \pm 0.56 | 1.79 \pm 0.37 | 1.60 \pm 0.55 | 1.64 \pm 0.28 | 2.09 \pm 2.11 | 0.97 | P \geq 0 |
| Pro/Dac2P | 2.28 \pm 0.15 | 2.46 \pm 0.17 | 2.36 \pm 0.20 | 2.19 \pm 0.71 | 2.20 \pm 0.22 | 2.20 \pm 0.35 | 2.20 \pm 0.28 | 2.20 \pm 0.14 | 2.25 \pm 0.16 | 3.18 | P < 0 |



Figuras 8.4. Segundo análisis comparativo por cuencas usando el procedimiento de ANOVA con la prueba de Fisher. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Propodio/carpus, B) Carpus /merus, C) Merus/isquio, D) Longitud/ancho de la palma, E) Propodio/dactil. Para la Cuenca Chansayab (1-Cascada Cedros, 2-Lacanja hotel, 3-Tres lagunas, 4-Campamento Túcán, 5-Nueva palestina, 6-Poza Tres Lagunas, 7-Puente Guarumbo, 8-San Javier, 9-*M. vicconi* (Base militar).

En todos los casos se comparan los promedios del segundo pereiópodo

Cuando se comparan los promedios de la relación Propodio/Carpus para esta proporción es posible diferenciar a la población Base militar más separada y es el sitio que tiene el valor más alto de las poblaciones restantes ($F=9.47 < 0.5$ ver fig. 8.4 inciso A), presentando diferencias estadísticas con respecto a Cascada Cedros, Tres Lagunas, Puente Guarumbo y San Javier; más sin embargo, existe otro sitio que presenta también diferencias estadísticamente Lacanja Hotel en referencia a Tres Lagunas y San Javier. En relación a la comparación Carpus/merus se dieron diferencias estadísticas significativas otra vez en Lacanja Hotel con respecto a Cascada Cedros, Nueva Palestina y San Javier ($F=4.98 < 0.5$ ver fig. 8.4 inciso B). Al comparar la relación Propodio/dáctilo se observa nuevamente una diferencia en Lacanja Hotel de las poblaciones restantes pero más separada de Nueva Palestina ($F=3.18 < 0.5$ ver fig. 8.4 inciso E).

En la fig. 8.4 incisos .C y D las proporciones no presentaron diferencias estadísticas significativas en los gráficos.

Para poder comparar aquellas cuencas en donde sólo se registró un sitio, con la especie conocida (*M. vicconi*) se utilizó el procedimiento de pruebas de t-student, usando la mayoría de las proporciones, a excepción de las del primer pereiópodo. Las poblaciones comparadas fueron Cascada Maya (8.8), Sta. María Jataté, (8.9), Reforma Agraria (8.10) y Río Shupa (8.11), como se puede ver en las tablas. Así como las figuras 8.5, 8.6 8.7 y 8.8.

En el análisis de pruebas de t-student, cuando se comparan las proporciones entre las poblaciones de Sta. María Jataté y *M. vicconi* (Base Militar), la variación en algunas proporciones muestra valores extremos que a simple vista no permiten indentificar las diferencias en los gráficos (ver Fig. 8.6). Sin embargo, en las tablas en donde se muestra los valores estadísticos se muestra los valores estadísticos sí se identifica que todas las proporciones son diferentes entre las dos poblaciones (ver tabla 8.9). Lo mismo sucede cuando se comparan las poblaciones de: Cascada Maya, Río Shupa y Reforma Agraria con respecto a *M. vicconi* (Base Militar) (Ver tablas 8.8, 8.10 y 8.11).

Tabla 8.8, 8.9, 8.10 y 8.11. Muestran la comparación de los datos promedio \pm desviación estándar de las siguientes proporciones: (Segundo Pereiópodo: Longitud /ancho de la palma: LP/AP2P; Propodio/dáctilo: Prop/Dac2P; Propodio/Carpus: Prop/Car2P; Carpus/Merus: Carp/Mer2P; Merus/Isquiopodito: Mer/Isq2P) de los organismos por sitio de muestreo, utilizando la Prueba de t-student.

Tabla 8.8

| Proporción | <i>M. Vicconi</i> (Base Militar) | Cascada Maya | Valor de t- student | Valor de P |
|------------|-------------------------------------|-----------------|------------------------|------------|
| LP/AP2P | 4 \pm 1.18 | 4.22 \pm 1.05 | 0.68 | <0 |
| Pro/Carp2P | 1.46 \pm 0.24 | 1.3 \pm 0.16 | -4.97 | <0 |
| Carp/Mer2P | 1.11 \pm 0.19 | 1.16 \pm 0.12 | 2.77 | <0 |
| Mer/Isq2P | 1.6 \pm 0.56 | 1.83 \pm 0.47 | 0.67 | <0 |
| Pro/Dac2P | 2.20 \pm 0.22 | 2.28 \pm 0.31 | 1.58 | <0 |

Tabla 8.9

| Proporción | <i>M. vicconi</i> (Base Militar) | Sta María Jatate | Valor de t-student | Valor de P |
|------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| LP/AP2P | 4 \pm 1.18 | 3.57 \pm 0.45 | -1.25 | <0 |
| Pro/Carp2P | 1.46 \pm 0.24 | 1.84 \pm 0.14 | 3.59 | <0 |
| Carp/Mer2P | 1.11 \pm 0.19 | 1.25 \pm 0.15 | 2.1 | <0 |
| Mer/Isq2P | 1.6 \pm 0.56 | 1.36 \pm 0.11 | -2.73 | <0 |
| Pro/Dac2P | 2.20 \pm 0.22 | 2.10 \pm 0.26 | -0.1 | <0 |

Tabla 8.10

| Proporción | <i>M. vicconi</i> (Base Militar) | Reforma Agraria | Valor de t-student | Valor de P |
|------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------|
| LP/AP2P | 4 \pm 1.18 | 4.28 \pm 1.31 | 1.2 | <0 |
| Pro/Carp2P | 1.46 \pm 0.24 | 1.25 \pm 0.34 | -1.93 | <0 |
| Carp/Mer2P | 1.11 \pm 0.19 | 1.23 \pm 0.110 | 2.29 | <0 |
| Mer/Isq2P | 1.6 \pm 0.56 | 1.75 \pm 0.44 | -0.15 | <0 |
| Pro/Dac2P | 2.20 \pm 0.22 | 2.18 \pm 0.53 | -0.54 | <0 |

Tabla 8.11

| Proporción | <i>M. vicconi</i> (Base Militar) | Río shupa | Valor de t-student | Valor de P |
|------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------|
| LP/AP2P | 4 \pm 1.18 | 3.59 \pm 0.55 | -2.38 | <0 |
| Pro/Carp2P | 1.46 \pm 0.24 | 0.7 \pm 0.17 | -3.6 | <0 |
| Carp/Mer2P | 1.11 \pm 0.19 | 1.42 \pm 0.14 | 0.84 | <0 |
| Mer/Isq2P | 1.6 \pm 0.56 | 1.47 \pm 0.57 | -1.01 | <0 |
| Pro/Dac2P | 2.20 \pm 0.22 | 2.06 \pm 0.15 | -2.07 | <0 |

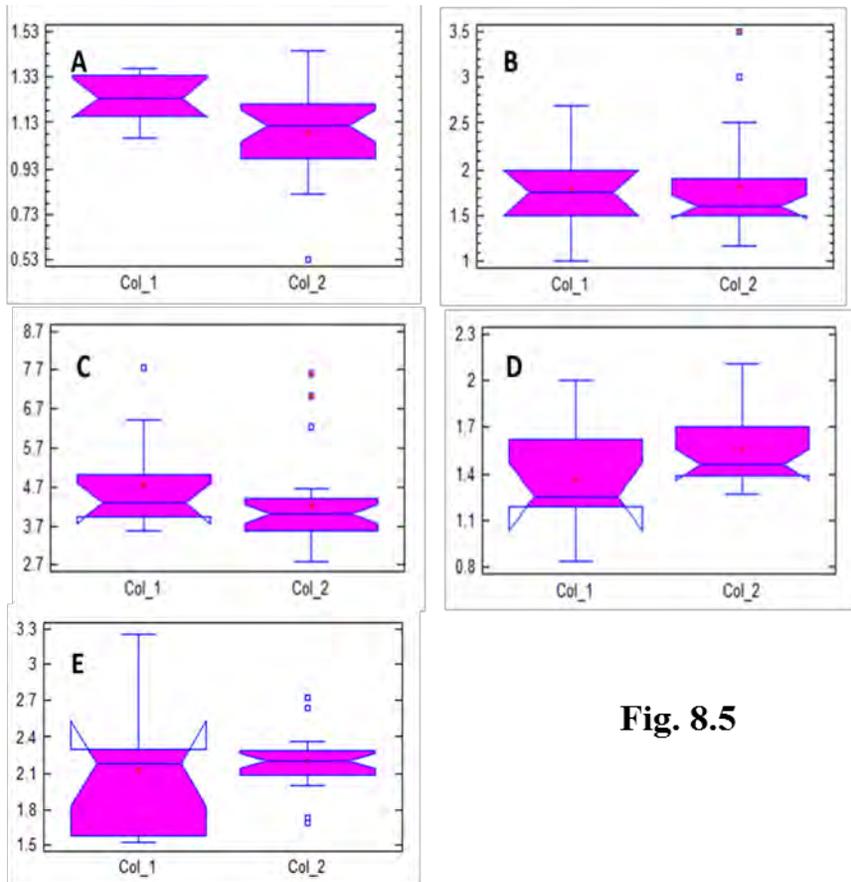


Fig. 8.5

Figuras 8.5. Análisis comparativo por cuencas usando la prueba de t-student. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Carpus/merus, B) Merus/isquiopodito, C) Longitud/ancho de la palma, D) Propodio/carpus, E) Propodio/dáctilo. Donde se compara 1- Reforma Agraria y 2- *M. vicconi* (Base militar).

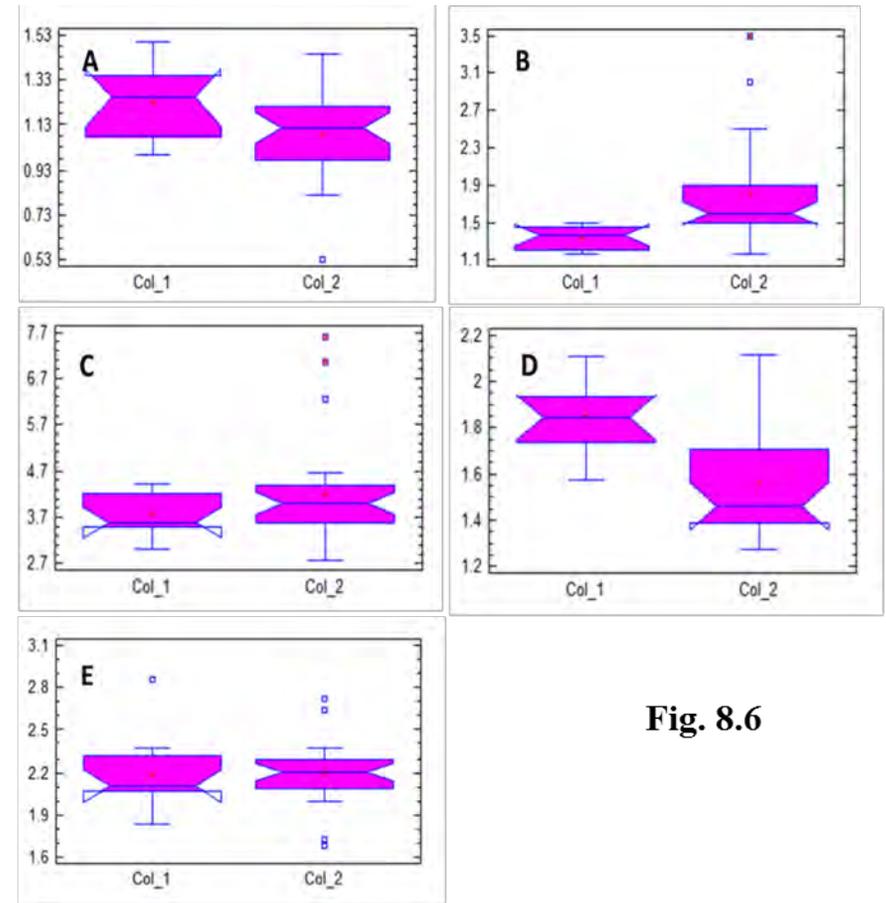


Fig. 8.6

Figuras 8.6. Análisis comparativo por cuencas usando la prueba de t-student. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Carpus/merus, B) Merus/isquiopodito, C) Longitud/ancho de la palma, D) Propodio/carpus, E) Propodio/dáctilo. Donde se compara 1- Sta. María Jatate y 2- *M. vicconi* (Base militar).

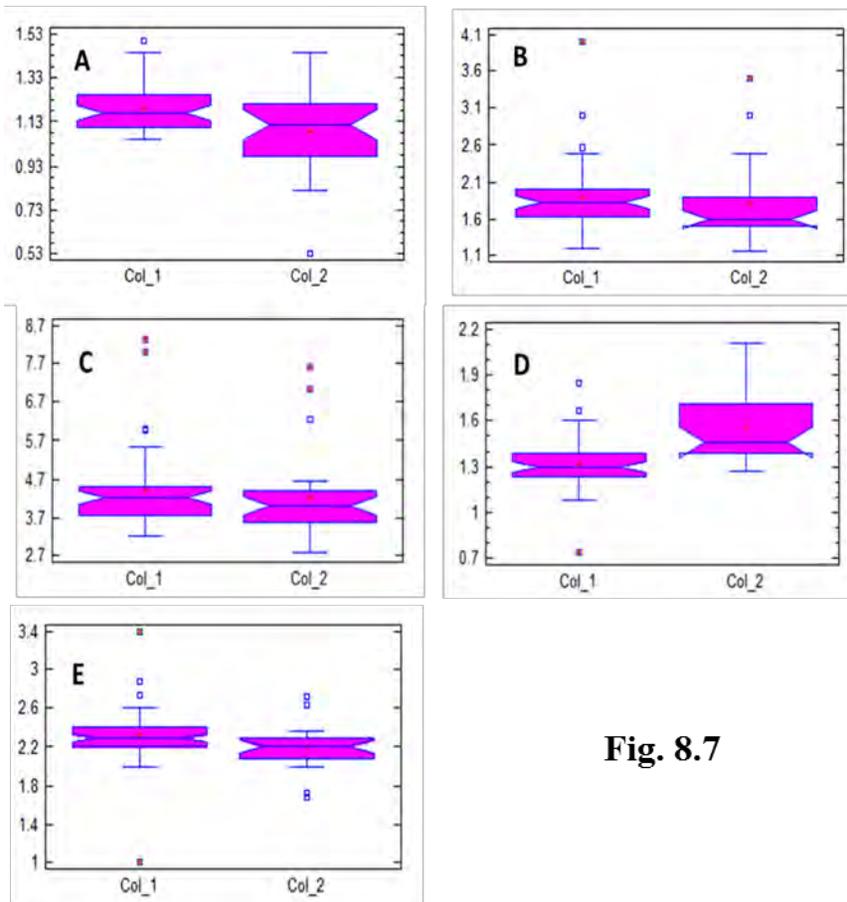


Fig. 8.7

Figura 8.7. Análisis comparativo por cuencas usando la prueba de t-student. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Carpus/merus, B) Merus/isquiopodito, C) Longitud/ancho de la palma, D) Propodio/carpus, E) Propodio/dáctilo. Donde se compara 1- Cascada Maya y 2-*M. vicconi* (Base Militar).

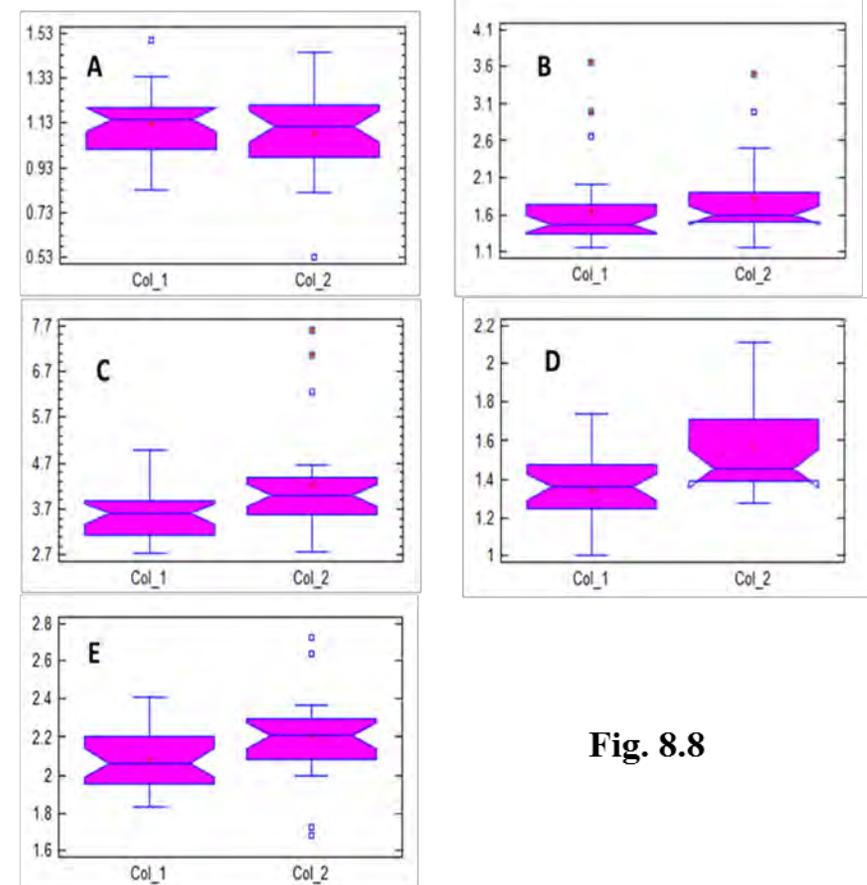


Fig. 8.8

Figura 8.8. Análisis comparativo por cuencas usando la prueba de t-student. En todos los casos se compara el promedio del segundo pereiópodo: A) Carpus/merus, B) Merus/isquiopodito, C) Longitud/ancho de la palma, D) Propodio/carpus, E) Propodio/dáctilo. Donde se compara 1-Río Shupa y 2-*M. vicconi* (Base Militar).

Después de los análisis anteriores con las tablas de las medias de cada proporción, se procedió a un análisis de agrupamiento utilizando en primer lugar todas las proporciones para los 17 sitios (Tabla 8.4). Con éste se obtuvo que existen dos grandes grupos y tres poblaciones que no se agrupan: Tres Lagunas, Sta. María Jatate, Lacanja Hotel; en el primer grupo las poblaciones de Río Shuppa y Cascada Cedros se asocian gradualmente a la asociación que mantiene Welib Ha y Base Militar, incorporándose Puente Guarumbó, en este mismo grupo, pero en otra asociación, las localidades de Arroyo Jolha y José Castillo se agrupan con Poza Tres Lagunas.

En el otro gran grupo las localidades de Cascada Maya, Nueva Palestina, San Javier, Reforma Agraria y Bonampak forman una gran asociación con poca distancia de diferencia lo que permite identificar a una sola población con varias localidades, incorporándose con menor similitud Campamento Tucán a este grupo. (Fig. 8.9).

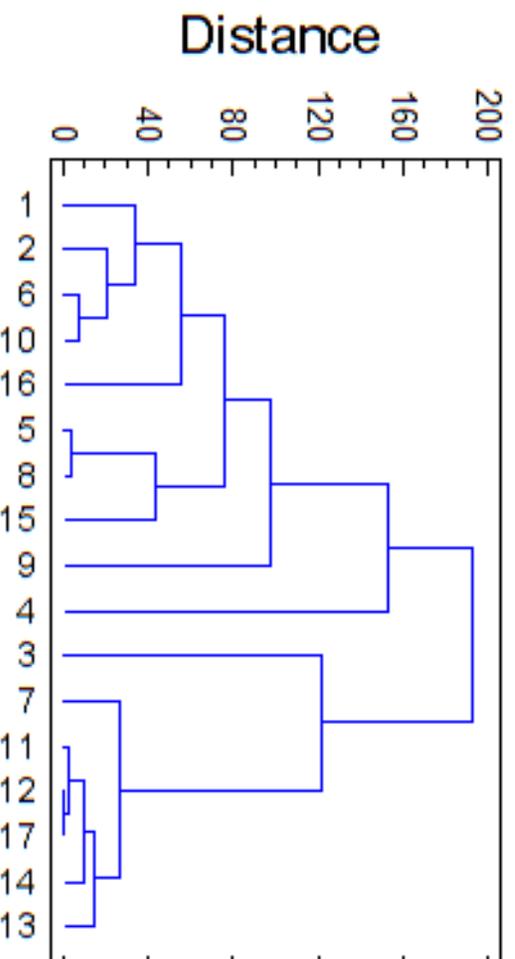


Fig. 8.9. Análisis de clúster de los 17 sitios de muestreo donde: 1-Río Shuppa, 2- Casca Cedros, 3-Lacanja Hotel,4-Sta. María Jatate, 5-Arroyo Jolha ,6-Arroyo Welib Ha, 7-Campamento Tucán, 8-José Castillo, 9-Tres lagunas,10-*M.vicconi* (Base Militar),11-Cascada Maya,12-Nueva Palestina,13-Bonampak, 14-Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16-Puente Guarumbó, 17-San Javier.

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

En el segundo análisis de agrupamiento, donde se utilizó principalmente las proporciones del segundo pereiópodo de las 17 poblaciones (Fig. 8.10), se puede observar que existen cuatro grupos bien diferenciados: el primero compuesto por Río Shupa y Sta. María Jataté; el segundo se forma por Cascada Cedros, Arroyo Welib Ha, Base Militar, Arroyo Jolha, José Castillo y Tres Lagunas. El tercer grupo está formado por Lacanja Hotel y Campamento Tucán. Finalmente, la cuarta agrupación se forma por Cascada Maya, Reforma Agraria, Nueva Palestina, San Javier, Bonampak, Puente Guarumbo y Poza Tres Lagunas.

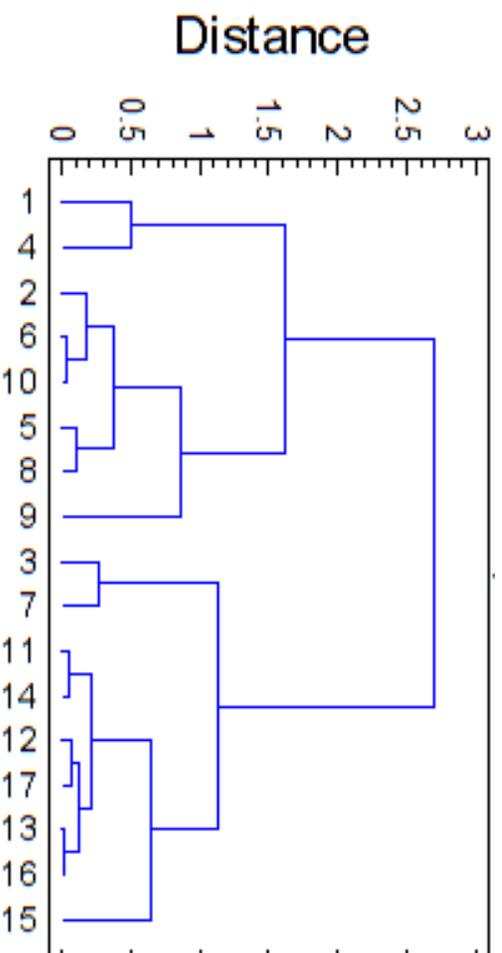


Fig. 8.10. Análisis clúster usando como comparativo el segundo pereiópodo de los 17 sitios de muestreo donde: 1-Río Shupa, 2- Cascada Cedros, 3-Lacanja Hotel,4-Sta.MaríaJataté, 5-Arroyo Jolha, 6-Arroyo Welib Ha, 7-Campamento Tucán, 8- José Castillo, 9-Tres lagunas,10-M. *viccini* (Base Militar), 11-Cascada Maya,12-Nueva palestina,13-Bonampak, 14-Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16- Puente Guarumbo, 17-San Javier

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

ANÁLISIS AMBIENTAL

En el análisis ambiental se observa que existen tres agrupaciones de las localidades y un sitio que no se asocia con ningún otro que es el caso de Poza Tres Lagunas. Sin embargo, los valores ambientales agruparon a tres localidades como un primer grupo que son: Puente Guarumbo, Cascada Maya y Nueva Palestina. La segunda agrupación está formada por Bonampak, Reforma Agraria, San Javier, Cascada Cedros, Lacanja Hotel y Sta. María Jatate, finalmente los sitios José Castillo, Arroyo Welib Ha, Tres Lagunas, Campamento Tucán, Base Militar, Arroyo Jolha y Río Shupa. Como se puede ver la Fig. 8.11, los elementos ambientales que determinan las agrupaciones se pueden observar en el análisis la fig. 8.12.

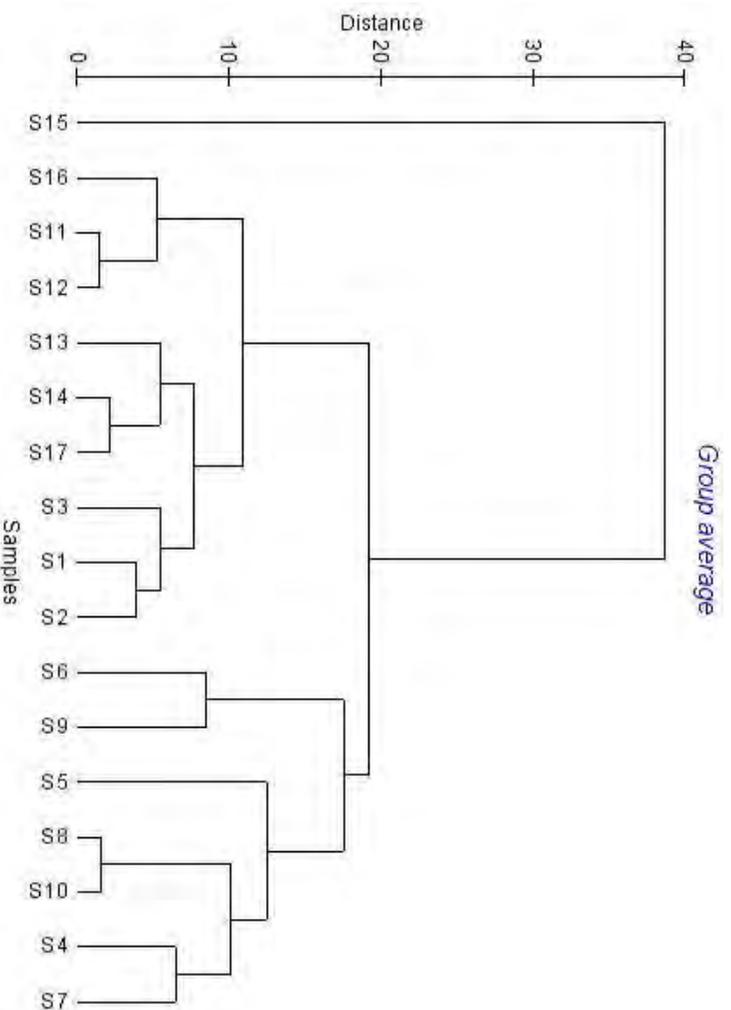


Fig.8.11. Análisis de clúster de los 17 sitios de muestreo donde: 1-Cascada Cedros, 2-Lacanja Hotel, 3-Sta. María Jatate, 4-Arroyo Jolha, 5-Tres Lagunas, 6-José Castillo, 7-Río Shupa, 8-Campamento Tucán, 9-Arroyo Welib Ha, 10-*M.vicconi* (Base Militar), 11-Cascada Maya, 12-Nueva palestina, 13-Bonampak, 14-Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16-Puente Guarumbo, 17-San Javier .

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

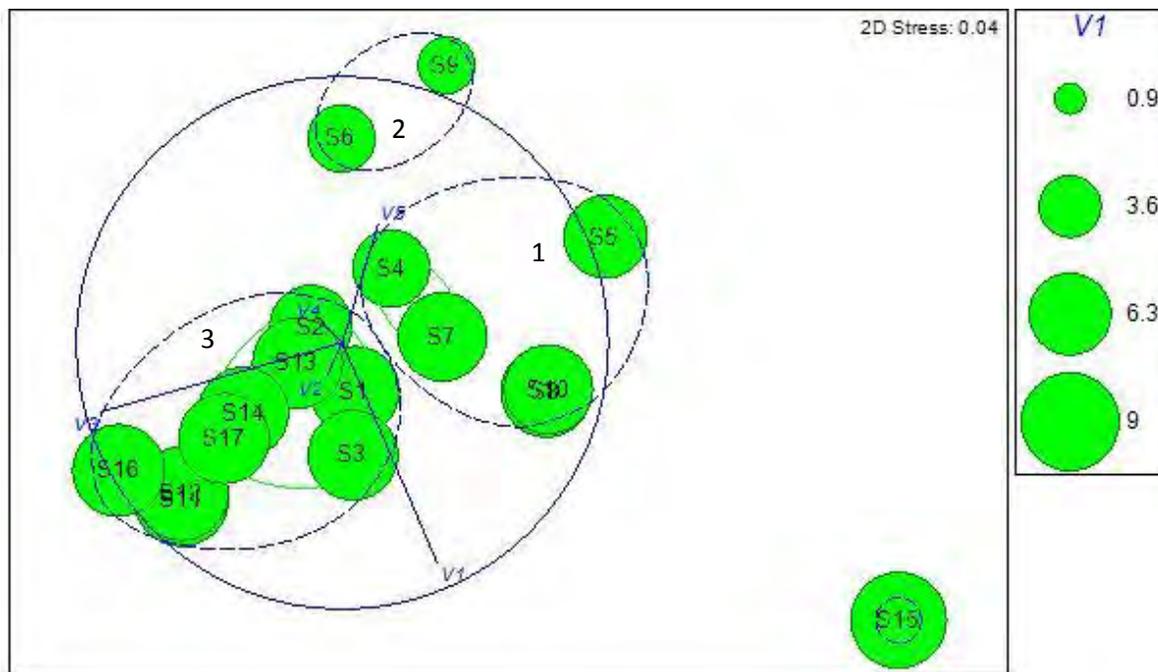


Fig.8.12.Análisis ambiental tomando en cuenta las variables: pH (1), Mg/l (2), %O (3), Salinidad (4) y C° (5).Para los de 17 sitios de muestreo donde: 1-Cascada Cedros, 2-Lacanja Hotel, 3-Sta. María Jatate, 4-Arroyo Jolha, 5-Tres Lagunas, 6-José Castillo, 7-Río Shupa, 8-Campamento Tucán , 9-Arroyo Welib Ha,10-*M.vicconi* (Base Militar), 11-Cascada Maya, 12-Nueva palestina, 13-Bonampak, 14-Reforma Agraria, 15-Poza Tres Lagunas, 16- Puente Guarumbo, 17-San Javier

El resultado de este análisis muestra tres tipos de hábitats: en el primer grupo podemos observar que la variable 5 (temperatura), es la que tiene más influencia para este tipo de hábitat; aquí se ubican las localidades Tres Lagunas, Arroyo Jolha, Río Shupa, Base Militar y Campamento Tucán; el segundo grupo está definido, en menor medida, por la misma variable, pero sólo para dos sitios: José Castillo y Arroyo Welib Ha y, el tercer hábitat es definido por las variables: 4 (salinidad), 2 (Oxígeno disuelto) y 3 (saturación de oxígeno) correspondiendo a la Cascada Cedros, Lacanja Hotel, Sta. María Jatate, Bonampak, Reforma Agraria, Puente Guarumbo, San Javier, Cascada Maya y Nueva Palestina. Finalmente, se observa que el sitio Poza Tres Lagunas no se asocia a ninguno de los otros grupos.

Las variables que definen estos tipos de hábitat fueron la temperatura, el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno.

El hábitat 1 caracterizado por que son pozas con poca profundidad y velocidad de corriente, el hábitat 2 por ser cascadas o pozas profundas y el hábitat 3 por ser pozas remanentes con velocidad de corriente, afluentes de ríos.

FOTOGRAFÍAS DE LAS POBLACIONES DE LANGOSTINOS POR SITIO DE MUESTREO

Para complementar el análisis morfológicos se comparó a los organismos más representativos de cada población en su vista dorsal, lateral y un acercamiento del segundo pereiópodo (Fig. 8.13, 8.14, 8.15, 8.16 y 8.17). Esto se hizo con la finalidad de poder observar sus diferencias morfológicas superficialmente, sin embargo la apreciación de esto se puede observar mejor en el acercamiento del segundo pereiópodo, ya que se ven las diferencias en las distancias del dactilo a la palma, del carpus al merus y del merus al isquío (ver fig. 2.1). El criterio que se utilizó en la agrupación de las fotografías fue aleatorio.

En la Fig. 8.13 la principal diferenciación se puede observar en el acercamiento del segundo pereiópodo donde se puede ver que el dactilo de Arroyo Jolha es más alargado en comparación con el de Base Militar y Arroyo Welib Ha. Sin embargo, Bonampak es el que tiene el dactilo más grande de los tres. En la fig. 8.14 podemos observar que el dactilo de Lacanja Hotel es más largo y más grueso que los de Cascada Maya y Sta. María Jatate, pero en la fotografía se muestra una similitud de proporción con el de Campamento Tucán. En la fig. 8.15 se puede observar que en el dactilo Puente Guarumbo y Reforma Agraria son muy similares a simple vista en la proporción del largo y el ancho, Nueva palestina con proporción más corta y ancha, y Cascada Cedros es que es más larga que Nueva palestina pero no más que Puente Guarumbo y Reforma Agraria. En la fig. 8.16 se observa que el pereiópodo de Poza Tres lagunas es más grande y el dactilo es más largo, en comparación con José Castillo que es el de la proporción más corta. San Javier tiene una proporción más larga que Rio shupa pero no más que Poza Tres Lagunas. En la última figura 8.17 Tres Lagunas se puede observar un dactilo corto pero un pereiópodo largo.

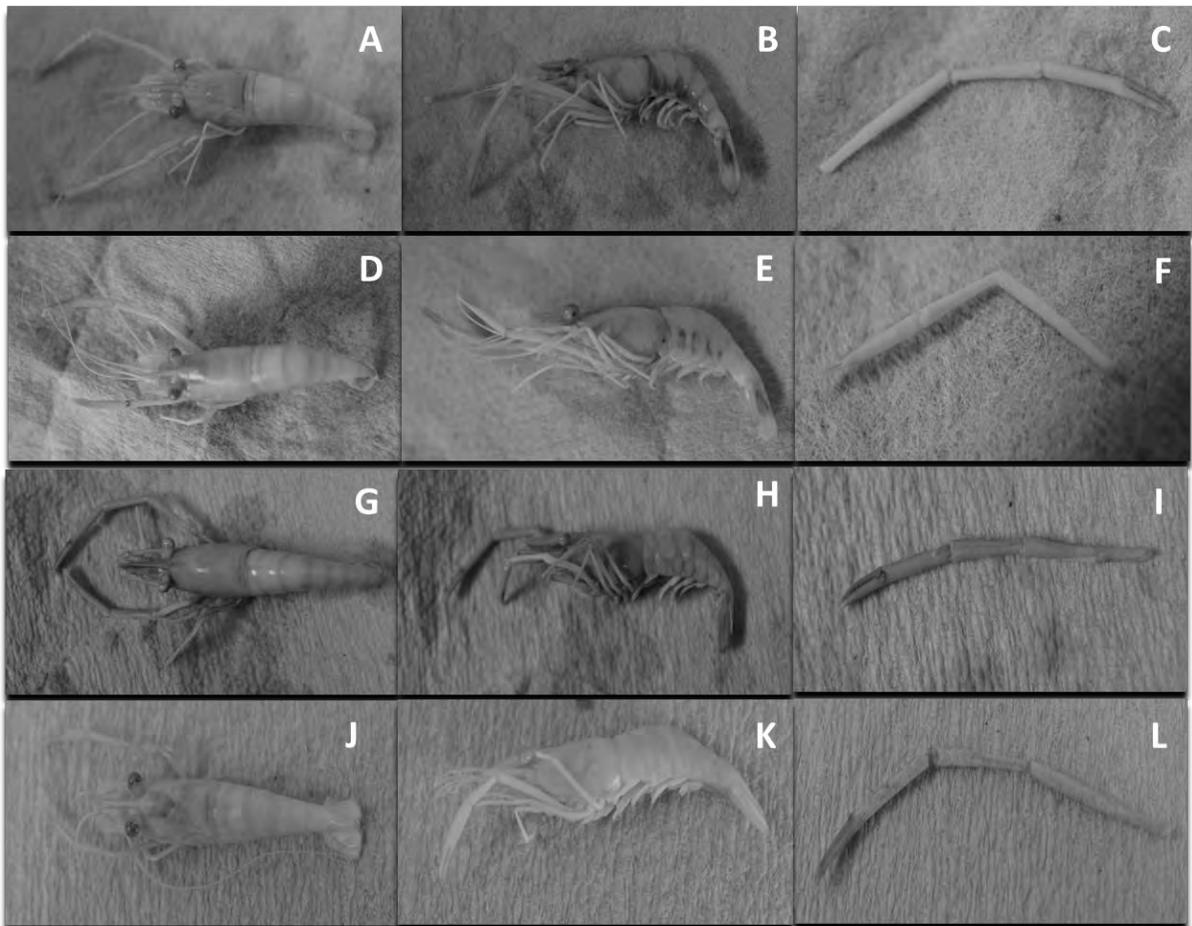


Fig. 8.13. Vista dorsal, lateral y acercamiento del segundo pereiópodo de los organismos representativos de Arroyo Jolha (A, B y C), Arroyo Welib Ha (D, E y F), Base Militar (G, H e I) y Bonampak (J, K y L).

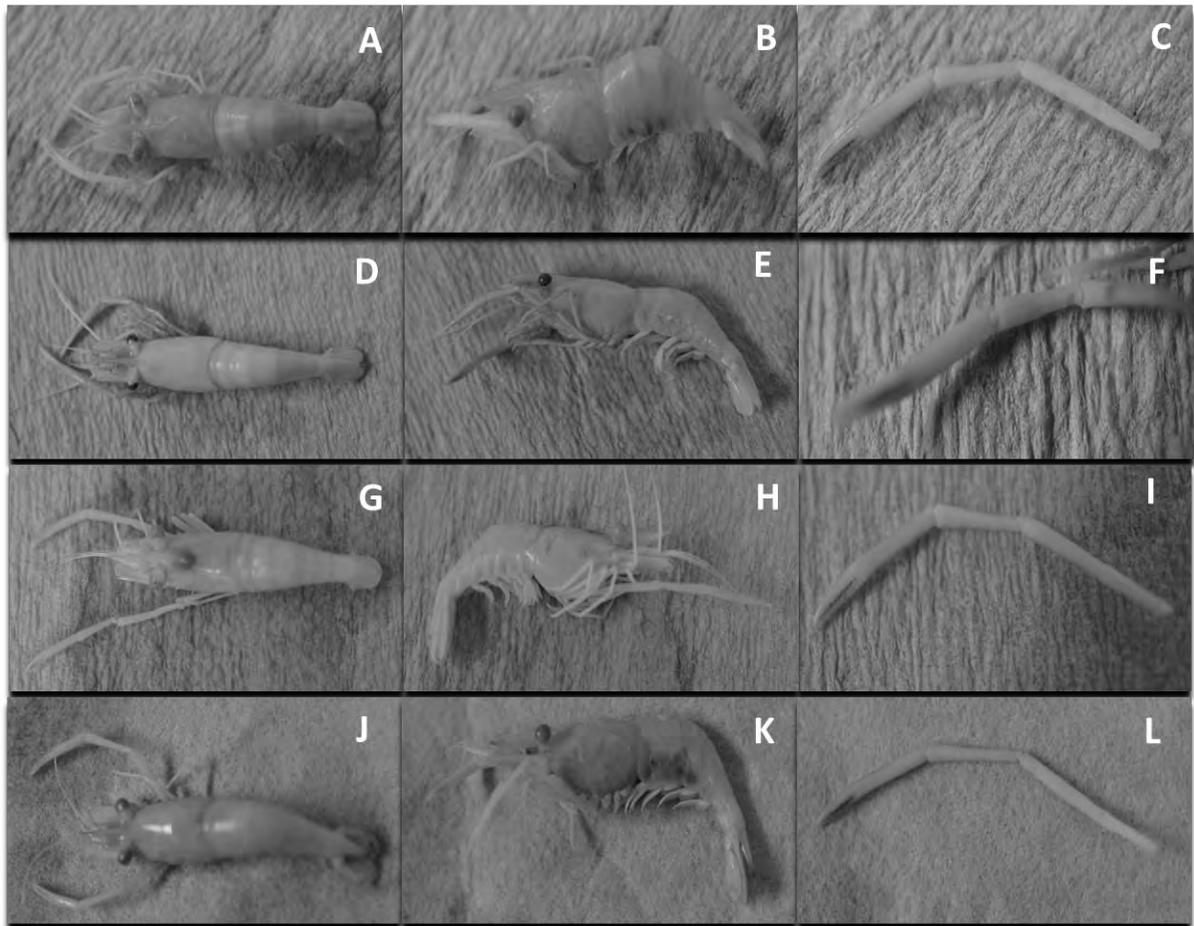


Fig. 8.14. Vista dorsal, lateral y acercamiento del segundo pereiópodo de los organismos representativos de Lacanja Hotel (A, B y C), Sta. María Jatate (D, E y F), Campamento Tucán (G, H e I) y Cascada Maya (J, K y L).

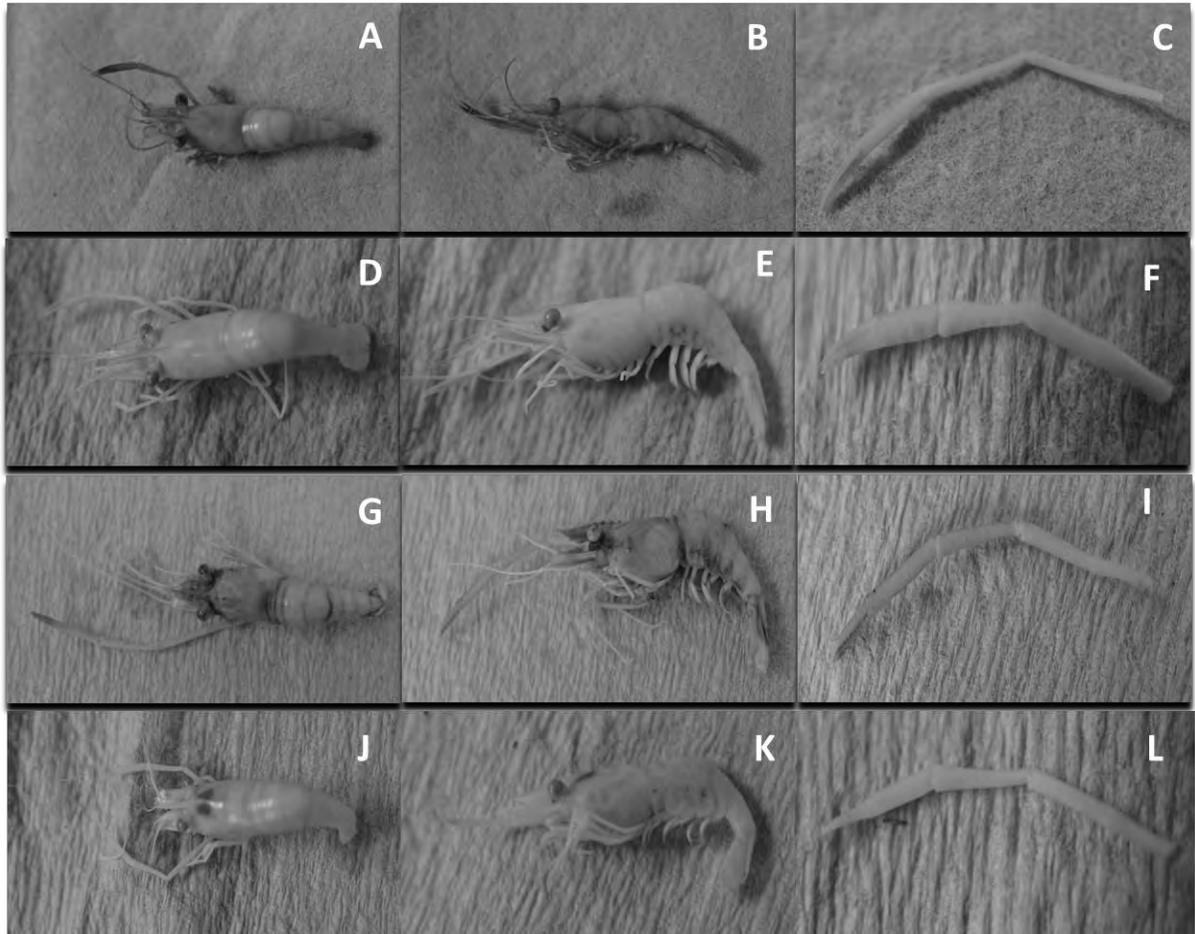


Fig. 8.15. Vista dorsal, lateral y acercamiento del segundo pereiópodo de los organismos representativos de Puente Guarumbo (A, B y C), Nueva Palestina (D, E y F), Reforma Agraria (G, H e I) y Cascada Cedros (J, K y L).

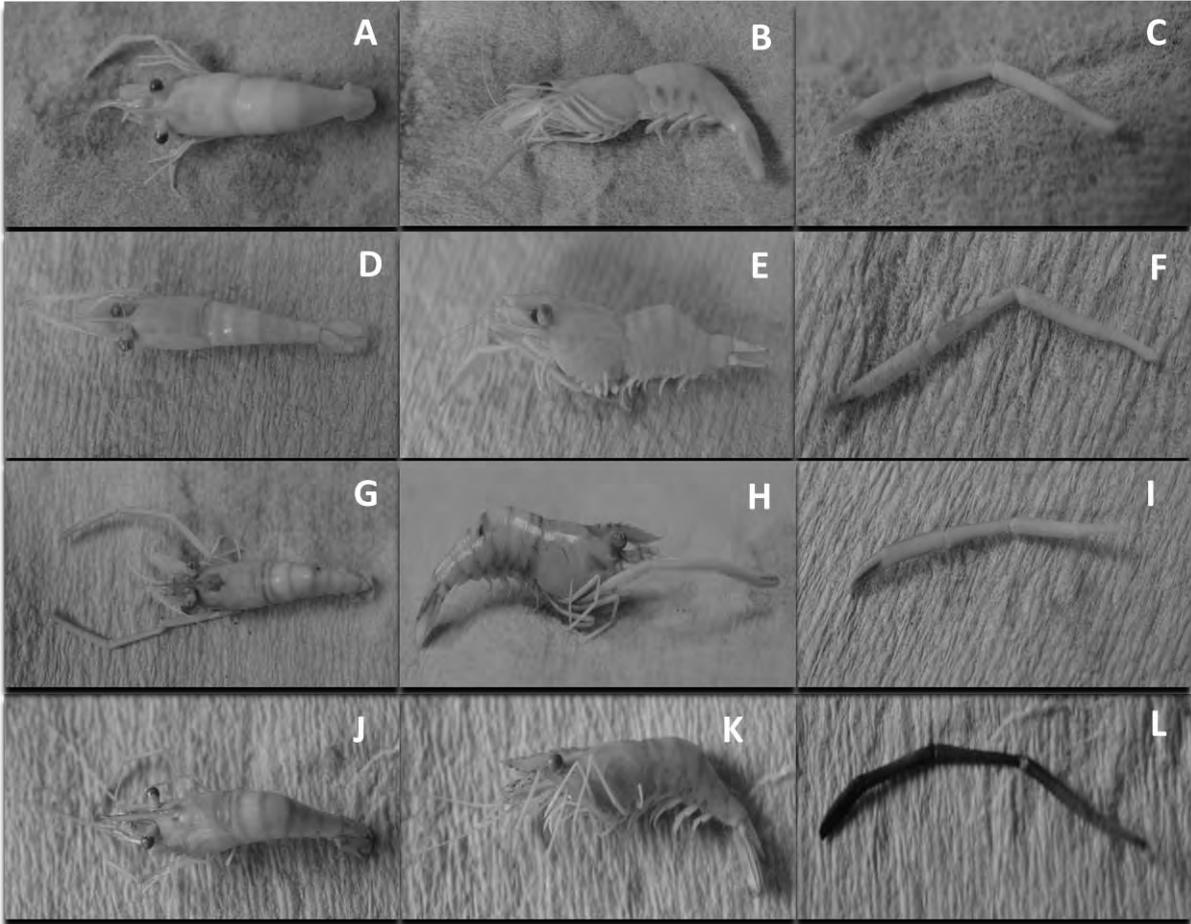


Fig. 8.16. Vista dorsal, lateral y acercamiento del segundo pereiópodo de los organismos representativos de Rio Shupa (A, B y C), San Javier (D, E y F), José Castillo (G, H e I) y Poza Tres Lagunas (J, K y L).

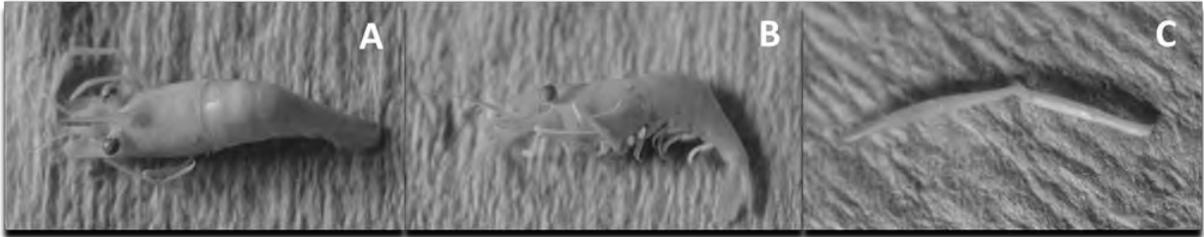


Fig. 8.17. Vista dorsal, lateral y acercamiento del segundo pereiópodo de los organismos representativos de Tres Lagunas (A, B y C).

EL ANÁLISIS DE LA MICROGRAFÍA ELECTRÓNICA

Se pueden observar las micrografías de 14 poblaciones (dado que en tres poblaciones no se pudieron obtener las micrografías estas fueron: Sta. María Jatate, José Castillo y Reforma Agraria). Se identifican los cincinuli, el apéndice interno (AI) y el apéndice masculino (AM).

Al observar las micrografías podemos encontrar las diferencias que existen comparativamente en las proporciones entre el apéndice masculino y el apéndice interno; en este se puede ver que Cascada Cedros (fig. 8.20), Nueva Palestina (fig. 8.22) y Arroyo Welib Ha (fig. 8.24) son similares, por otro lado Campamento Tucán (fig. 8.19), Río Shupa (fig. 8.21), Lacanja Hotel (fig. 8.26), Arroyo Jolha (fig. 8.28) y Bonampak (fig. 8.29) son otro grupo que es similar en esta característica, también se puede encontrar a San Javier (fig. 8.23) y poza tres lagunas (fig. 8.31) como semejantes, y por último Tres Lagunas (fig. 8.25) y Puente Guarumbo (fig. 8.27) que tienen una relación de proporción similar. Sin embargo a pesar de las similitudes en su relación de proporciones existen dos que no se relacionaron con los demás que fueron Base Militar (fig. 8.18) y Cascada Maya (fig. 8.30).

Otra característica que también resulto diferente fue el contenido de cincinulis del apéndice interna y el número de espinas del apéndice masculino. Si se observan las figuras (8.18 a la 8.31 incisos C) se puede ver que el número tiene un rango de 13 a 36 cincinuli, para algunos casos no pudo conocerse con exactitud dado que solo se puede ver parcialmente, debido a la presencia de dobleces en la imagen. El número de espinas es va de 9 a 30 y un promedio de 25 (ver figs. 8.18 a la 8.31 incisos B).



Fig.8.18. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de *M. vicconi* (Base Militar). A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C).Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar parcialmente los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 1.71.



Fig.8.19. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Campamento Tucán. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar parcialmente los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 2.4.

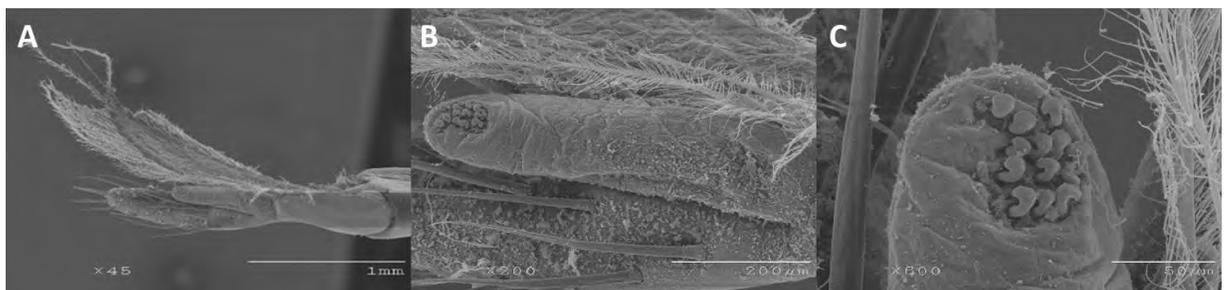


Fig.8.20 Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Cascada Cedros. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que contiene 13 cincinuli. La proporción de AM/AI es igual a 1.61.

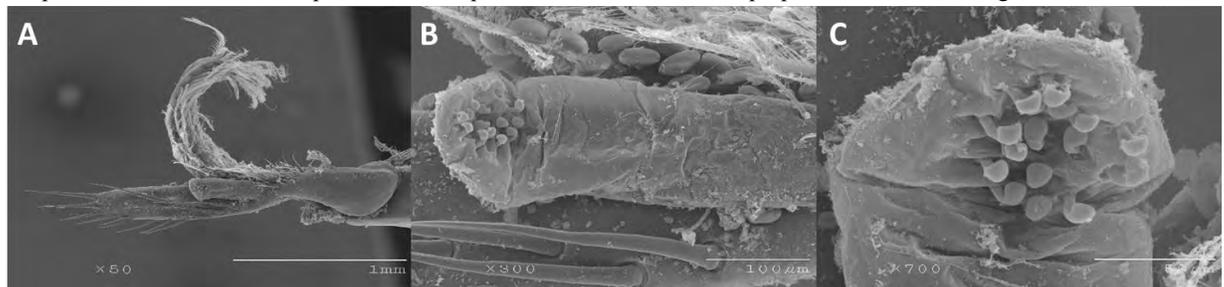


Fig.8.21. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Rio Shupa A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que contiene 14 cincinuli. La proporción de AM/AI es igual a 2.03.

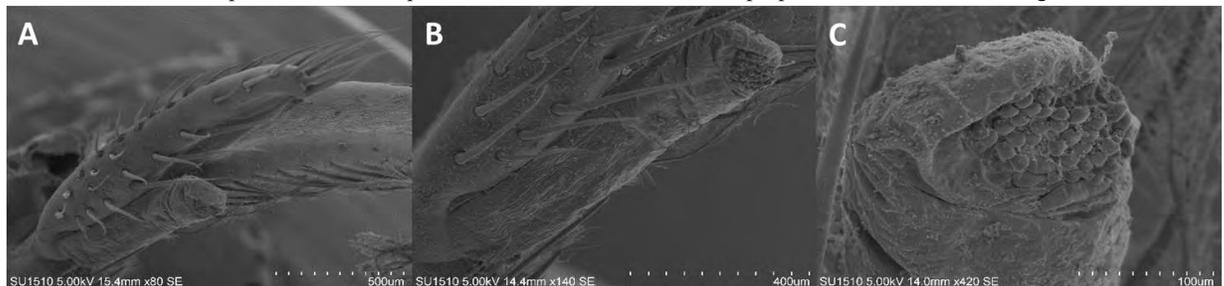


Fig.8.22. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Nueva Palestina. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que contiene 30 cincinuli. La proporción de AM/AI es igual a 1.6.

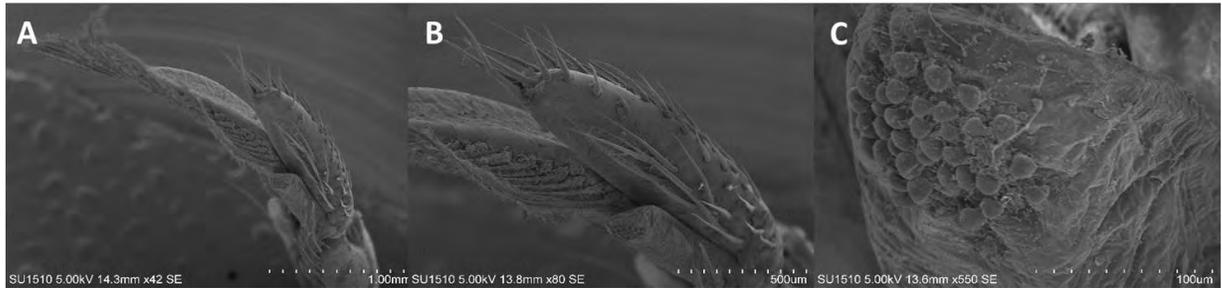


Fig.8.23. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de San Javier. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que contiene 36 cincinnuli. La proporción de AM/AI es igual a 1.83.

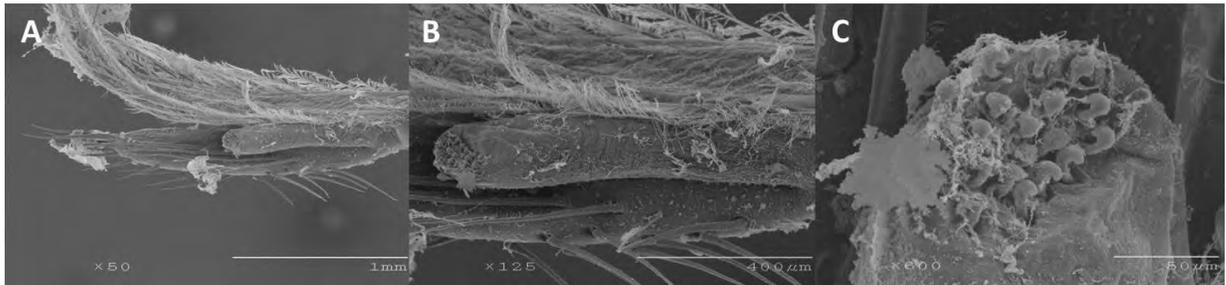


Fig.8.24. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Arroyo Welib Ha. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar parcialmente los cincinnuli (pues en el momento de la fotografía el barrido de electrones no se realizó correctamente). La proporción de AM/AI es igual a 1.63.

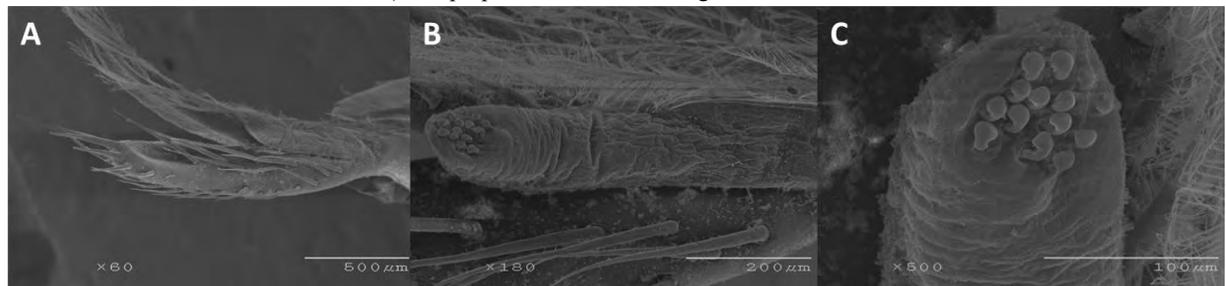


Fig.8.25. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Tres Lagunas. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que contiene 14 cincinnuli. La proporción de AM/AI es igual a 1.90.



Fig.8.26. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Lacanja Hotel. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar parcialmente los cincinnuli debido a la posición y al dobléz que presenta. La proporción de AM/AI es igual a 2.34.



Fig.8.27. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Puente Guarumbo. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C).Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar parcialmente los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 1.93.



Fig.8.28. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Arroyo Jolha. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde se puede observar que parcialmente los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 2.35.



Fig.8.29. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Bonampak. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde no se pueden observar los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 2.21.



Fig.8.30. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo de Cascada Maya. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde no se pueden observar los cincinuli debido a que presenta un doblez. La proporción de AM/AI es igual a 3.

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

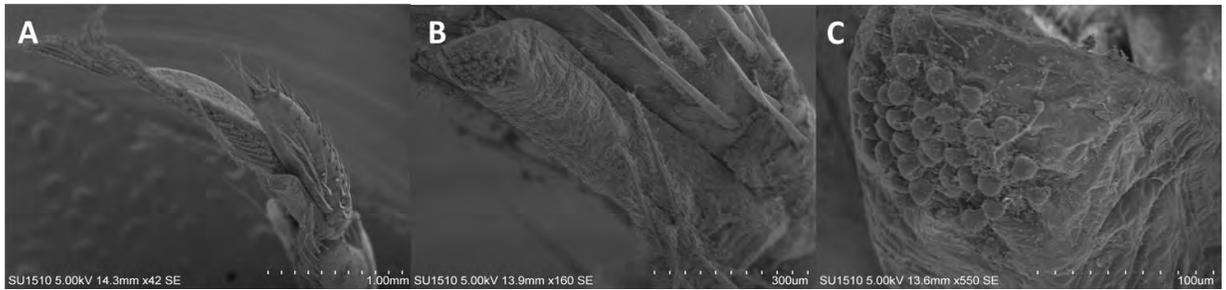
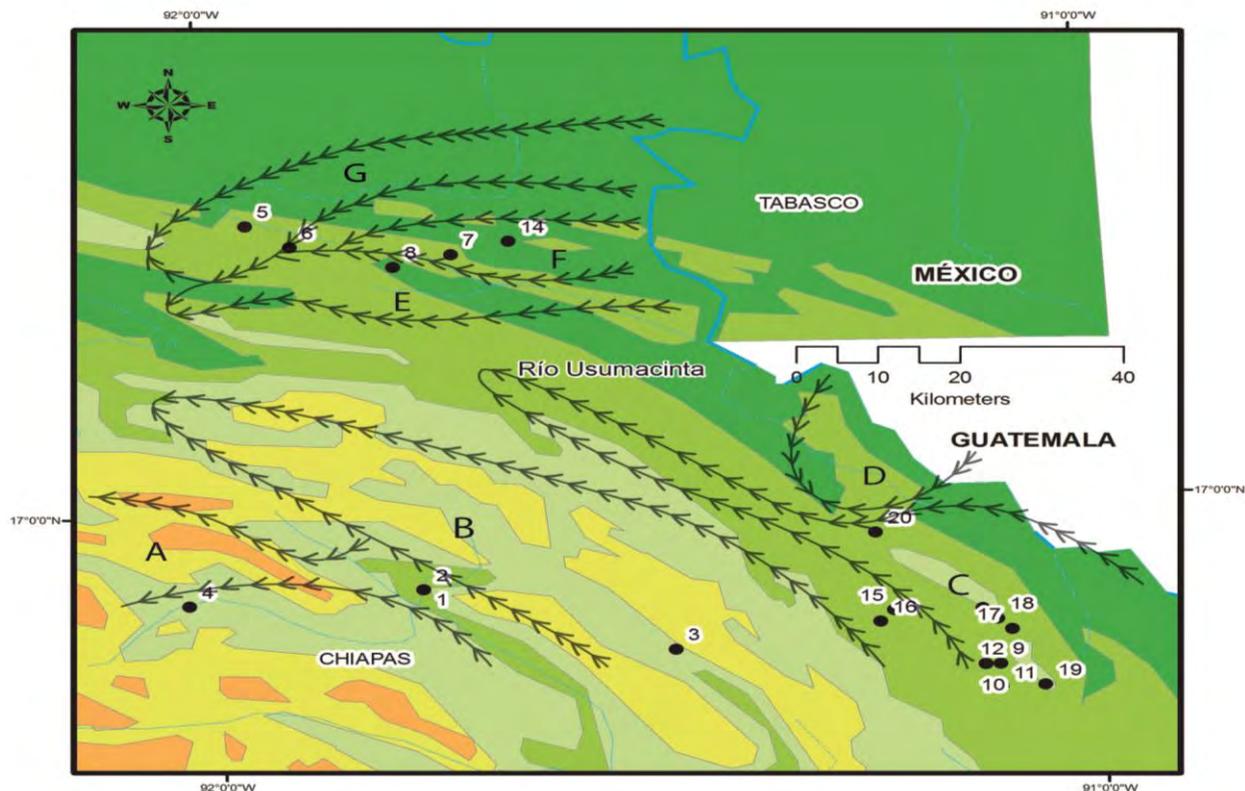


Fig.8.31. Micrografía electrónica de barrido del segundo pleópodo Poza Tres Lagunas. A) Estructura completa del endópodo, B) Acercamiento del apéndice masculino (AM) y apéndice interna (AI) y C). Acercamiento de la parte distal del apéndice interna en donde no se pueden observar que contiene 36cincinuli. La proporción de AM/AI es igual a 1.86.

En el mapa (8.32) se puede observar siete subcuencas bien diferenciadas: A) perteneciente a la Subcuenca Jataté, en el B) Tani Perlas, C) Lacanja, D) Paraíso, E) Cháncala, F) Reforma Agraria y G) Río Shupa. También se pueden Observar las localidades que son pertenecientes a cada subcuenca, indicadas con números.



8.32. Mapa de distribución de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado

Sitios de muestreo

1 y 2) Base Militar (*M.vicconi*), 4) Sta. María Jataté, 5) Río Shupa, 6) Arroyo Jolha, 7) José Castillo, 8) Arroyo Welib-Ha, 9) Campamento Tucán, 10) Lacanja, 11) Cascada Cedros, 13) Tres Lagunas, 14) Reforma Agraria, 15) Puente Guarumbo, 16) Nueva Palestina, 17) San Javier, 18) Poza Tres Lagunas, 19) Bonampak, 20) Cascada Maya.



9-DISCUSIÓN

En lo que se refiere a las características físicas donde se encontraron estos organismos, podemos ver que viven en ambientes lóticos como ríos, pozas, nacimientos de arroyos, arroyos primarios y secundarios (ver en tabla 8.1 y 8.2). En 1952, Holthius describe que el tipo de hábitat donde se encuentra este género son ríos costeros y bahías, aguas salobres, aguas en partes altas, y se distribuyen en la zona neotropical. Se sabe que la mayoría de las especies del género *Macrobrachium* pasan gran parte de su vida en cuerpos de agua salobre; sin embargo, existen especies que viven completamente alejadas del medio marino, lo cual sugiere que llevan a cabo su desarrollo en ambientes dulceacuícolas (Williamson, 1972), tal y como ocurre en este estudio, en donde todas las poblaciones fueron colectadas en ambientes dulceacuícolas.

Por otro lado, en el género *Macrobrachium* se pueden distinguir tres tipos de desarrollo larval: el extendido o normal, parcialmente abreviado y completamente abreviado (Jalihal *et al.*, 1993). En 2013, Anger hace una recopilación de varios artículos donde describe al género *Macrobrachium* como animales que habitan en zonas tropicales de altas latitudes, en ambientes limnicos preferencialmente lóticos de agua dulce.

En otro estudio realizado por Mejía-Ortiz *et-al.*, (2001), se describen cuáles son los límites ecológicos y gradientes altitudinales de las especies del Golfo de México, estos organismos con desarrollo larval extendido viven en sitios bastante alejados de la costa con altos contenidos de oxígeno disuelto; se menciona también la preferencia de hábitats: unos prefieren pozas profundas con menor velocidad de corriente, otros ríos alternos con baja profundidad, una mayor temperatura y una velocidad de corriente constante, hasta los que viven en ambientes costeros.

De acuerdo con otro estudio realizado en el río Papaloapan, dos langostinos de agua dulce con desarrollo larval abreviado habían sido reportados: *Macrobrachium villalobosi* (especie estigobia) y *Macrobrachium totonacum* (especie epigea); en esa misma cuenca a lo largo del río se describieron otras cuatro especies que son *Macrobrachium oaxacae*, *Macrobrachium cosolapaense*, *Macrobrachium jacatepense* y *Macrobrachium mazatecum*. Estas especies se caracterizaron por que viven asociadas a las raíces sumergidas de los árboles y porque se encuentran exclusivamente en manantiales o arroyos pequeños y, además, a una distancia considerable del río principal (Mejía Ortiz y López-Mejía, 2011).

Entre otras especies neo-tropicales descritas que presentan las mismas características de desarrollo larval abreviado, como las poblaciones encontradas en este estudio a lo largo de la cuenca alta del Usumacinta, podemos encontrar a *M. acherontium* (Hothius, 1977), *M. aracamuni* (Rodríguez, 1982), *M. atabapense* (Pereira, 1986), *M. borellii* (Nobili, 1986), *M. brasiliense* (Heller, 1862), *M. catonium* (Hobbs y Hobbs, 1995), *M. cortezi* (Rodríguez, 1982), *M. cosolapaense* (Mejía-Ortíz y López-Mejía, 2011), *M. depressimanum* (Pereira, 1993), *M. dierythrum* (Pereira, 1986), *M. ferreirai* (Kensley y Walke, 1982), *M. iheringi* (Ortmann, 1898), *M. inpa* (Kensley y Walker, 1982), *M. jacatepecense* (Mejía-Ortíz y López-Mejía, 2011), *M. jelskii* (Miers, 1877), *M. mazatecum* (Mejía-Ortíz y López-Mejía, 2011), *M. nattereri* (Heller, 1862), *M. oaxacae* (Mejía-Ortíz y López-Mejía, 2011), *M. pectinatum* (Pereira, 1986), *M. potiuna* (Muller, 1880), *M. pomilum* (Pereira, 1986), *M. quelchi* (De Man, 1900), *M. reyesi* (Pereira, 1986), *M. rodriguezi* (Pereira, 1986), *M. santanderensis* (García-Pérez y Villamizar, 2009), *M. sbordonii* (Mejía-Ortíz et al., 2008), *M. totonacum* (Mejía et al., 2003), *M. tuxtlaense* (Villalobos y Alvarez, 1999), *M. vicconi* (Román et al., 2000) y, por último, *M. villalobosi* (Hobbs, 1973).

Por otro lado, se realizó otro estudio sobre la distribución de tres especies de camarones (*M. heterochirus*, *M. carcinus* y *M. acanthurus*) a lo largo de la gradiente altitudinal en el río Huitzilapan, Veracruz, México. Aunque son poblaciones del mismo género y se encuentran en la misma cuenca tienen diferentes patrones de distribución; mientras unas prefieren altitudes más altas (535 m) otras se presentan a latitudes más bajas (105 m), además de que depende de igual forma a la temporada de año en la que se les colecte lluvias o secas, varía su distribución y abundancia. En éste se tomaron en cuenta cinco variables abióticas (temperatura, salinidad, velocidad del agua, pH y oxígeno disuelto), lo que determinó cuales era sus alcances o limitantes de distribución de estas tres especies (Mejía-Ortíz y Alvarez, 2008). Por lo tanto, se puede decir que en algunos casos, como en los de este trabajo de tesis, las variables que son determinantes para la presencia y distribución de estos organismos son altos contenidos de oxígeno y temperaturas medias de 23.77°C.

Análisis morfológico

Como se puede ver en los resultados, estos animales presentan variabilidad en diversos caracteres lo que ha llevado a realizar análisis de poblaciones con la mayor cantidad de individuos, preferentemente más de 30. La variabilidad se puede observar en las tres fórmulas rostrales más frecuentes (ver tabla 8.4) como reportan Mejía-Ortíz y López-Mejía (2011), con respecto a las cuatro especies descritas para la cuenca del Papaloapan. Debido a lo anterior, se decidió hacer el análisis en varias etapas: la primera etapa se pueden ver los resultados en la fig.8.1, con el objetivo de entender la existencia de poblaciones diferentes o iguales en cuencas totalmente separadas en la actualidad. El resultado obtenido considerando todas las proporciones, permitió hipotetizar las dos teorías más importantes del flujo génico para estos organismos, mencionados por Anger, 2013; quien sugiere que el origen de *Macrobrachium* viene de un ancestro común en el Mesozoico, como consecuencia de la ruptura de Gondwana y la fragmentación del océano Tetis principalmente durante el Cretácico tardío y el paleoceno, donde los clados Neo-tropicales y del Este de África se aislaron de sus restantes congéneres. En el Neotrópico el cierre del puente terrestre hacia América central a finales del Plioceno fue un evento significativo vicariante que causó la diversificación de *Macrobrachium* en la costa y en la región Caribe, de modo que los dos grupos de especies existentes ahora vivían en sistemas acuáticos del Atlántico y Pacífico. Más tarde, en el Pleistoceno, se fragmentó lo que previamente estaba conectado y, nuevamente, se promueve la diversificación vicariante de los linajes hololimnéticos. Sin embargo, algunas conexiones hidrológicas entre diferentes zonas de captación permanecieron transitorias y abiertas, proporcionando rutas de dispersión limitadas que también pueden haber influido en la especiación a través de la hibridación. Otros autores consideran que este género pudo tener su origen en un ancestro marino del pleistoceno temprano y a partir de ese momento se introdujo a varios cuerpos de agua y, como resultado de esa hipótesis evolutiva, se han dado los diferentes tipos de desarrollo larval (Jalihal *et al.*, 1993). Por lo tanto, los patrones de distribución modernos de *Macrobrachium* en el neotrópico reflejan los efectos de interacción de eventos tectónicos, las incursiones marinas del Mioceno, dispersión a través de las conexiones entre ríos y cuencas y dado que el relieve que presenta Chiapas, clasificado en siete regiones fisiográficas, de acuerdo a la clasificación de Mullerried (1957), como la Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre de Chiapas, Depresión Central, Altiplanicie Central, Montañas del oriente, Montañas del Norte y Llanura Costera del Golfo (INEGI, 2012); esto demuestra la orografía accidentada que se tiene es el reflejo de todos los procesos orográficos que se han dado de acuerdo con lo Publicado por (Rzedowski, 1971).

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

Con lo cual se puede inferir que para este grupo de poblaciones la teoría que más coincide es: la de Pereira y García (1995), ya que se soporta por estudios filogenéticos de DNA y datos biogeográficos que realizaron Murphy y Austin en el 2004 con 30 especies de *Macrobrachium*, donde cinco linajes, principalmente anfídomos contenían especies derivadas en desarrollo larval abreviado y esto soporta lo anfídromo como primitivo. Por otro lado, Botello y Alvarez (2013) hicieron un estudio de las relaciones filogenéticas entre los géneros de la familia Palaemonidae, donde se dio a conocer que las especies *Macrobrachium* con desarrollo larval extendido no tenían relación filogenética con las de desarrollo larval abreviado como se asumía. En conclusión, se hipotetiza que, efectivamente, el desarrollo larval abreviado pudo haberse originado debido a los eventos evolutivos ocurridos en los orígenes de la familia Palaemonidae, pero un análisis filogenético sería una herramienta excelente.

El segundo análisis fue comparar los sitios de la misma subcuenca (entre ellos) y la especie conocida, con la finalidad de identificar si la microdistribución también ocurría dentro de una misma subcuenca o bien, sólo en cuencas separadas. (ver tabla 8.6 y 8.7, fig. 8.3 y 8.4), donde se tomaron en cuenta aquellas que tenían más de una población, asumiendo que los parteaguas de las subcuencas funcionan como barreras biogeográficas. Para el caso de aquellas subcuencas en donde sólo se colectó en un sitio, estas poblaciones fueron comparadas con la especie tipo *M. vicconi* (Cascada Maya, Río Shupa, Reforma Agraria y Sta. María Jatate), se observó que la fisiografía juega un papel importante en la distribución las poblaciones (ver tabla 8.8, 8.9, 8.10 y 8.11, figs. 8.5, 8.6, 8.7, 8.8), puesto que al comparar las poblaciones Cascada Maya, Río Shupa, Reforma Agraria y Sta. María Jatate se encontró que las cuatro eran estadísticamente diferentes a *M. vicconi*.

Considerando toda esta variabilidad reportada, el análisis de agrupamiento (ver fig. 8.9 y 8.10) de las similitudes mostró que no todas las poblaciones son la misma especie y que algunas son más similares que otras. En este estudio se muestran dos grupos bien diferenciados pertenecientes a dos cuencas: en el primer grupo similar se encuentran los que pertenecen a Cháncala, el segundo a Chansayab y otros no tan similares, pero que se agrupan son Sta. María Jatate con Río Shupa, Cascada Cedros con Tres Lagunas y *M. vicconi* (Base Militar), Cascada Maya con Reforma Agraria. En el resultado se muestra que las poblaciones se agruparon por cuencas en la mayoría de los casos, pero sin conexiones aparentes porque fueron colectados en pozas pequeñas, arroyos y nacimientos, entonces se puede comparar con el estudio realizado por Mejía-Ortiz, López-Mejía (2011), quienes reportan que a *Macrobrachium oaxacae*, *Macrobrachium cosolapaense*, *Macrobrachium jacatepense* y *Macrobrachium mazatecum* se les caracteriza por su micro-

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

distribución y que, aunque se encuentran geográficamente muy cerca, no tienen conexiones de flujo genético entre ellas, lo cual coincide con algunas poblaciones de este estudio.

El tercer análisis fue la comparación de los apéndices masculina e interna, así como un análisis de macroimágenes de los segundos pereiópodos con la finalidad de soportar los resultados obtenidos en las comparaciones morfológicas medibles (Fig. 8.13, 8.14, 8.15, 8.16 y 8.17).

En la revisión de las agrupaciones en el análisis de hábitat (fig. 8.11) y morfológico (fig. 8.9 y 8.10) se puede observar que las características ambientales no son determinantes para la variación morfológica. Lo que nos lleva a hipotetizar diferentes procesos de adaptación y especiación. En un artículo reportado por Bauer (2009), se mencionan dos hipótesis: a) las especies son derivadas de especies marinas que invadieron agua dulce, pero debido a los procesos geológicos estas mismas quedaron aisladas; de ahí se adaptaron y surgieron las especies que ahora se conocen y que vienen de un ancestro común cerca del período Jurásico (Ortmann, 1902); b) el ancestro era de agua dulce y después evolucionaron para ambos tipos de desarrollo (Pereira y García, 1995). En un estudio previo usando marcadores moleculares se identificó que la segunda hipótesis es la verídica (Pereira y García 1995), pues proponen lo opuesto de la historia evolutiva para otro grupo anfídromo importante, *Macrobrachium* spp. (Palemonidae). En su opinión, el ancestro de *Macrobrachium* era completamente un camarón de agua dulce con desarrollo larval abreviado quien después dio lugar a ambos desarrollo larval abreviado y descendientes anfídomos.

La distribución de las poblaciones reportadas en este estudio muestra que se pueden diferenciar ocho poblaciones en subcuencas diferentes (fig. 8.32), lo que pone en evidencia la ausencia de contacto entre ellas para un intercrucamiento. Si se toman en cuenta las propuestas de especiación anteriores, podemos proponer que las cuencas diferentes donde existió similitud morfométrica se puede deber a estos procesos fisiográficos de aislamiento que se tuvieron en el pasado y que ahora son muy diferentes y si se habla de poblaciones diferentes en la misma cuenca se puede deber a variables ecológicas de distribución que pueden ampliarla o en su caso restringirla.

Finalmente, en los resultados obtenidos del análisis ambiental, se encontró que las variables determinantes para que estos animales habiten es: tener una temperatura media de 23.77°C, con altos contenidos de oxígeno, aguas dulceacuícolas, y altitudes de más de 500 m sobre el nivel del mar, pero no menos de 80 msnm. Sin embargo, las variables ambientales también pueden verse afectadas por las actividades antropogénicas, contaminación de los ríos, la disponibilidad de recursos, pérdida de hábitat, siendo estos algunos de los factores que afectarían de manera negativa la ecología de las poblaciones y en algunos casos llevarlos a la extinción ya que estos animales

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

presentan una micro-distribución. Muy similar a lo que dice Collins *et al.*, (2004) que la abundancia de los decápodos varía con las especies, los ambientes, la presencia y tipo de vegetación acuática, la abundancia de presas, predadores y competidores, el momento del año en relación a la altura del río, la conexión de la laguna con el río y la temperatura del agua.

De las 17 poblaciones de estudio se encontró a *M. vicconi* nuevamente, siendo esta una especie previamente colectada y de la que se conocen sus características morfológicas, las otras poblaciones diferenciadas morfológicamente en sus caracteres del segundo pereiópodo fueron cuatro: El primer grupo similar fue compuesto por Río Shupa y Sta. María Jatate. El segundo por Cascada Cedros, Arroyo Welib Ha, *Macrobrachium vicconi*, Arroyo Jolha, José Castillo y Tres Lagunas. El tercero por Lacanja Hotel y Campamento Tucán, finalmente el cuarto por Cascada Maya, Reforma Agraria, Nueva Palestina, San Javier, Bonampak, Puente Guarumbo y Poza Tres Lagunas. Sin embargo, cuando se comparan los grupos bien diferenciados morfológicamente con las agrupaciones ambientales no se tiene relación uno con el otro. Entre los hábitats que se obtuvieron se encuentran el primer hábitat caracterizado por ser pozas poco profundas con velocidad de corriente aquí, influyó la variable temperatura, donde las localidades que se asociaron fueron: Tres Lagunas, Arroyo Jolha, Río Shupa, *Macrobrachium vicconi* y Campamento Tucán; el segundo se caracterizó por tener cascadas o pozas profundas con poca velocidad de corriente, éste también fue definido por la variable temperatura pero en menor medida, aquí se agruparon: José Castillo y Arroyo Welib Ha; y, el tercer hábitat se definió por tener pozas remanentes con velocidad de corriente, ser afluentes de ríos. En este trabajo de tesis, las variables que definieron la agrupación fueron la salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno; se puede encontrar a Cascada Cedros, Lacanja Hotel, Sta. María Jatate, Bonampak, Reforma Agraria, Puente Guarumbo, San Javier, Cascada Maya y Nueva Palestina. Finalmente, se observó un sitio que no se asoció a ninguno de los otros grupos que es el caso de Poza Tres Lagunas, quien se caracterizó por ser el único sitio léntico y temporal. De todas las poblaciones, a pesar de haber mostrado la existencia de una variabilidad morfológica, no se tienen relación con la ambiental. Esto se debe a que el análisis ambiental utiliza las cinco variables que en su mayoría son determinantes para su existencia de estos organismos y como todas son del mismo género tienden a tener características ambientales similares más no iguales por lo que solo se dan variaciones en algunos de los parámetros como en este caso pero sin salirse del rango descrito anteriormente para algunas especies.

10-CONCLUSIONES

- Se identificaron 8 poblaciones diferentes dentro de las cuales una de ellas es la población de *M. vicconi* en la localidad de Base Militar. Las otras cinco poblaciones corresponden a las localidades de Río Shupa, Cascada Cedros, Sta. María Jatate, Arroyo Jolha, Campamento Tucán, una población más con diversos sitios que denominaremos la cuenca del Chansayab con las localidades de Lacanja Hotel, Nueva Palestina, Tres Lagunas, Puente Guarumbo y San Javier y una última población, que por su pequeño número de animales analizados no fue posible diferenciar, Poza Tres Lagunas.
- Las características ambientales para este género con desarrollo larval abreviado son muy similares a las descritas en estudios anteriores, donde la temperatura, la salinidad y las concentraciones de oxígeno y la altura son determinantes para su existencia.
- En México se tiene grandes cuencas y a su vez cuerpos de agua donde podrían existir muchas poblaciones que aún esperan por ser estudiadas. Es paradójico que a pesar de que estos organismos viven en micro-hábitats y su distribución es restringida, hay una infinidad de zonas que tienen las características que estos organismos habitan y todavía no han sido exploradas.
- A pesar de que estos animales no tienen un impacto comercial a gran escala, porque son muy pequeños, si lo tiene ambientalmente, por eso es necesario conocer y saber qué es lo que se tiene y donde se encuentran para poder protegerlos.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, F., J. L. VILLALOBOS & R. ROBLES, 2002. Abbreviated larval development of *Macrobrachium tuxtlaense* Villalobos and Alvarez, 1999, reared in the laboratory. *Crustaceana*, **75**: 717-730.
- BATE, C. S., 1868. On new genus, with four new species of freshwaters prawns. *Proceedings of the Biological Society of London*: 363-368.
- BAUER, R.T. 2004. Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans. University of Oklahoma Press Norman.
- BRUSCA, R. C. & Brusca, G. J., 2005. *Invertebrados*, 2ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid (etc.), XXVI+1005 pp. ISBN 0-87893-097-3.
- BOTELLO, A. & F. ALVAREZ. 2013. Phylogenetic relationships among the freshwater genera of palaemonid shrimps (Crustacea: Decapoda) from Mexico: evidence of multiple invasions?. *J. Aquat. Res.*, 41(4):773-780.
- BOUVIER, E.L. 1985. Sur les palémons recueillis dans les eaux douces de la Basse-Californie par M. Diguët. *Bulletin du Muséum de Histoires Naturelle*. Paris 1:159-162.
- COLLINS, P.A., V. Williener y F. Giri. 2004. Crustáceos Decádicos del Litoral Fluvial Argentino. *INSUGEO, Miscelánea*, 12:253-264.
- DE MAN. Report on a collection made by messrs McConnell and Quelch at Mount Roirama Guiana. *Crustacea. Transactions of the Linnean Society of London, Zoology* 8:57-64, Plate 56.
- GARCIA-PEREZ A., AND J VILLAMIZAR. 2009. *Macrabrochium satanderensis*, new species of fresh water prawn (Crustacea: Decapoda: Palmonidae) from the northeastern Andes mountains of Colombia. *Zootaxa*: 61-68.
- HELLER, C. 1862. Beitrage zur naheren Kentniss der Macrouren. *Sitzubgsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien* 45: 389-425.
- HOBBS JR., H. H., 1973. Two new troglobitic shrimps (Decapoda: *Alpheidae* and *Palaemonidae*) from Oaxaca, México. *Bulletin of the Association for Mexican Cave Studies*, **5**:73-80.
- HOBBS H.H. HOBBS JR. 1995. *Macrobrachium cationium*, a new troglobitic shrimp from the cayo district of Belize (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 108:50-53.
- HOLTHUIS, L. B. 1952. A general revisión of the *Palaemonidae* (Crustacea: Decapoda: *Natantia*) of the Americas, II The subfamily *Palaemoninae*. Allan Hancock Foundation Occasional Papers 12.396 pp. 1 figure 55 plates.
- Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

- HOLTHIUS.1977. Cave Shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) from México. *Academia Nazionale dei Lincei* 17:173-195.
- INEGI.2012 *Perspectiva Estadística de Chiapas*, diciembre 2012.
- JALIHAL. D.R., K. N. SANKOLLI, AND S. SHENOY, 1993. Evolution of larval developmental patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1968 (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 65: 365-376.
- KENSLEY, AND WALKER, 1982. Palaemonid shrimps from the Amazon basin (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contribution to Zoology* 362:1-28.
- LINNAEUS, C. 1758. *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Edición décima, reformata. Laurentius Salvius: Holmiae, Vol.1.
- LÓPEZ-MEJÍA, M.2006. Diversificación de *Procambarus* (Villalobosus). Tesis doctoral, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.227 P.
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M. 2006. Fichas de especies de crustáceos enlistadas en la Norma Oficial Mexicana - 059-SEMARNAT-2001. Universidad de Quintana Roo. **Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto CK003**. México D. F.
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M., F. ALVAREZ, R. ROMÁN & J. A. VICCON-PALE, 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapanriver, Veracruz, Mexico, *Crustaceana*, **74**(1): 69-77.
- MEJÍA, L., F. ÁLVAREZ & R. G. HARTNOLL, 2003. A new species of freshwater prawn, *Macrobrachium totonacum* (Decapoda: Palaemonidae), with abbreviated development from Mexico. *Crustaceana*, **76**: 77-86.
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M., F. BALDARI & M. LÓPEZ-MEJÍA, 2008. *Macrobrachium sbordonii* (Decapoda: Palaemonidae), a new stygobitic species of freshwater prawn from Chiapas Mexico. *Zootaxa***1814**: 49-57
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M., R. G. HARTNOLL & M. LÓPEZ-MEJÍA, 2010. The abbreviated larval development of *Macrobrachium totonacum* Mejia, Alvarez & Hartnoll, 2003 (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*, **83**(1):1-16
- MEJÍA-ORTÍZ, L. M. & F. ÁLVAREZ. 2010. Seasonal effects on the distribution of three species of *Macrobrachium* along an altitudinal gradient. *Crustaceana*, **83**(4): 385-397.
- MEJÍA-ORTÍZ L. M. & M. LÓPEZ-MEJÍA. 2011. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae) with abbreviated development from the Papaloapan River Basin, Veracruz, México: Distribution and new species. *Crustaceana*, **84**(8):949-973.
- Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

- (MIERS, 1877) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from the Río Solimoes floodplain, Brazil, reared in the laboratory. Nauplius 8:1-14.
- MULLER, F. 1880. *Palaemon potiuna*. Ein Beispiel abgekürzter Verwandlung. Zoologischer Anzeiger 3: 152-157.
- MULLERIED, F.K.G. 1957. La geología de Chiapas. Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas. Chiapas, México. 180 pp.
- MURPHY, N.P. & C.M. AUSTIN, 2005. Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): biogeography, taxonomy and the convergent evolution of abbreviated larval development. Zool. Scr., 34: 187-197.
- NOBILI, G. 1896. Crostacei decapodi. Viaggio del Dr. Alfredo Borelli nel Chaco Boliviano e nella Repubblica Argentina. Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Università di Torino 11:1-3.
- ORTMANN, A.E. 1902. Tertiary invertebrates. In: Scott W.B. (367-381).
- PEREIRA, G.S. 1986. Freshwater shrimps from Venezuela I: Seven new species of Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). Proc. Soc. Wash., 99(2):198-213.
- PEREIRA, 1993. A cladistic analysis of a new species of *Macrobrachium* from Peru, and distributional records for *Macrobrachium brasiliense* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Proceedings of the Biological Society of Washington 106:339-345.
- PEREIRA, AND D.J.V. GARCIA 1995. Larval development of *Macrobrachium reyesi* Pereira (Decapoda: Palaemonidae), with a discussion on the origin of abbreviated development in Palaemonids. Journal of Crustacean Biology 15: 117-133.
- RODRIGUEZ, G 1982. Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco basin and the Venezuela Guayana. Journal of Crustacean Biology 2:378-391.
- ROMÁN, R., A. L. ORTEGA & L. M. MEJÍA, 2000. *Macrobrachium vicconi*, a new species of fresh-water shrimp from a rain forest in southeast Mexico, and comparison with congeners (Decapoda, Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology, 20 (1): 186-194.
- ROJAS, Y. R. 1998. Revisión taxonómica de ocho especies del género *Procambarus* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) del centro de Veracruz, Mexico. Tesis Licenciatura. Facultad de ciencias UNAM. 158 pp.
- RZEDOWSKI (1971), *Vegetación de México* coeditor y coautor *Flora Fanerogámica del Valle de México* (1979; 2001, 2ª ed.), y de la *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* (1991).
- VILLALOBOS, AND J.C. NATES-RODRIGUEZ, 1990. Dos especies nuevas de camarones de agua dulce del género *Macrobrachium* Bate, (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), de la vertiente occidental de Mexico. Anales del instituto de biología. Serie Zoología 61: 1-11.
- Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

- VILLALOBOS, A. F. 1966. Estudio de los Palaemonidae de México. I. *Macrobrachium acanthochirus* n.sp., del suroeste de México. Anales del instituto de Biología (Universidad Nacional Autónoma de México). Serie Hidrobiología, 37 (1 y 2): 167-174.
- VILLALOBOS, J. L. & F. ALVAREZ, 1999. A new species of *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), with abbreviated development, from Veracruz, Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington, **112** (4): 746-753.
- WIEGMANN, A.F.A. 1836. Beschreibung einiger neuen crustaceen des Berliner Museums aus Mexico und Brasilien.-Archiv für Naturgeschichte 2:145-151.
- WILLIAMSON, D.I. 1972. Larval development in a marine and freshwater species of *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana 23:282-298.

ANEXOS

Anexo 1 (periodo de trabajo)

Cronograma de actividades

| Actividad | Jun-12 | Ago-12 | Sep-12 | Oct-12 | Nov-12 | Dic-12 | Ener-13 | Feb-13 | Mar-13 | Abr-13 | May-13 | Jun-13 | Jul-13 | Ago-13 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Búsqueda de literatura | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | | |
| Registro protocolo | xxxx | xxxx | xxxx | | | | | | | | | | | |
| Colecta de campo | | xxxx | | | | | | | | | | | | |
| Análisis de laboratorio | | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | | | | | |
| Estancia IB-UNAM | | xxxx | | | | | | | | | xxxx | | | |
| Análisis estadístico | | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | | | | |
| Escritura de tesis | | | | | | | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | xxxx | |
| Entrega de tesis | | | | | | | | | | | | | | xxxx |

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

Anexo 2 (fotografía de ejemplar en vivo)



Fig. 1. *Macrobrachium vicconi*

Perera-Pech, Y. 2014. Relaciones ecológicas y variaciones biométricas de langostinos del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado, en la cuenca alta del río Usumacinta.

