



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala

TESIS

Para obtener el grado de

Licenciatura en Manejo de recursos naturales

PRESENTA

Alumno: Manuel Antonio Dzib Diaz

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz



ASESORES

Dr. Luis Carlos Santander Botello

M.C. Juan Carlos Tejeda Mazariegos

Cozumel Quintana Roo, México, junio del 2023



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

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

Licenciado en Manejo de Recursos Naturales

COMITÉ DE TESIS



Director: Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name of the director.



Asesor: Dr. Luis Carlos Santander Botello

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name of the advisor.

Asesor: M.C. Juan Carlos Fejeda Mazariegos

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name of the advisor.

Agradecimientos

Al Dr. Luis M. Mejía Ortiz, por el apoyo que me brindo y desde el inicio de mi carrera educativa y por el apoyo brindado para mi proyecto de Tesis el cual, siempre estuvo pendiente y ofreciendo su ayuda en todo momento

A la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, por los conocimientos y el apoyo para poder realizar todos mis prácticas y estadías profesionales, y la atención de todos los que en ella laboran, una cualidad que distingue a la universidad.

A mi familia por siempre estar cuando más los necesito y siempre con ese apoyo moral que toda la vida me han brindado desde pequeño, estoy totalmente agradecido.

Resumen

Debido a la falta de información, morfométrica en donde las 25 poblaciones del presente estudio el cual pertenecen a la misma especie *Macrobrachium vicconi* es de importancia la identificación de los morfotipos presentes en 25 poblaciones colectadas en los últimos 20 años por los miembros del laboratorio de Bioespeleología y Carcinología, los cuales habitan en la cuenca del río Usumacinta, la zona de alta Verapaz, la cuenca del lago Izabal y Peten, (Guatemala, México) Para la comparación de las 25 poblaciones, se realizó una consolidación de datos, y una vez hecho esto, se procedió a obtener las siguientes proporciones en la misma base de datos realizada, para el segundo pereiópodo: Largo/Ancho de la palma, Propodio/Dáctilo, Propodio/Carpus, Carpus/Merus, Merus/isquio, Isquio/Merus, Isquio/Carpus, Isquio/Propodio.

Para el trabajo de gabinete se realizó un análisis comparativo de ANOVA para comparar las medias de las proporciones mencionadas utilizando la prueba de Fisher y la prueba de rangos Múltiples al 95% de confianza, asimismo se utilizó el método de análisis multivariado y de componentes principales utilizando los promedios de las proporciones mencionadas.

De acuerdo los resultados de la interpretación realizada en base al análisis de componentes principales, es posible identificar dos grandes morfotipos (México y Guatemala), que si analizamos el morfotipo mexicanos es posible identificar a su vez dos submorfotipos que corresponden a las subcuencas del río Lacanja y a la del río Perlas.

También fue posible identificar gracias a esta tesis que las proporciones que definen a estos morfotipos están basadas en las estructuras de la pinza (tanto, la palma, el propodio y el dáctilo), los cuales son 3 proporciones.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
MARCO TEÓRICO	8
ANTECEDENTES:	10
JUSTIFICACIÓN.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
HIPÓTESIS	16
OBJETIVOS.....	17
Objetivo general	17
Objetivos particulares:	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Materiales por utilizar.....	20
Trabajo de gabinete	20
ANÁLISIS DE DATOS	21
RESULTADOS	22
Distribución de componentes principales.....	22
Análisis morfométrico	23
Prueba de Fisher de Palma y Ancho de la Palma observados de las poblaciones.....	24
Gráfico caja y Bigotes de Palma y Ancho de la Palma observados de las poblaciones	25
Diferencia estadística de Palma y Ancho de la palma a través de rangos múltiples	26
Prueba de Fisher de los Propodios y Dactilos observados de las poblaciones.....	27
Gráfico Caja y Bigotes de los Propodios y Dactilos observados de las poblaciones ...	28
Diferencia estadística de Propodio y Dáctilo a través de rangos múltiples.....	29
Prueba de Fisher de los Propodio y Carpus observados de las poblaciones.....	30
Gráfico Caja y Bigotes de los Propodios y Carpus observados de las poblaciones	31
Diferencia de Propodio y Carpus a través de rangos múltiples.....	32
Prueba de Fisher de los Carpus y Merus observados de las poblaciones.....	33

Gráfico Caja y Bigotes de los Carpus y Merus observados de las poblaciones	34
Diferencia estadística de Carpus y Merus a través de rangos múltiples.....	35
Prueba de Fisher de los Merus e Isquios observados de las poblaciones	36
Gráfico Caja y Bigotes de los Merus e Isquios observados de las poblaciones	37
Diferencias de los Merus e Isquio a través de rangos múltiples.....	38
Prueba de Fisher de los Isquios y Merus observados de las poblaciones.....	39
Gráfico Caja y Bigotes de los Isquios y Merus observados de las poblaciones	40
Diferencia estadística Isquio y Merus a través de rangos múltiples.....	41
Prueba de Fisher de los Isquios y Propodio observados de las poblaciones	42
Gráfico Caja y Bigotes de los Isquios y Propodio observados de las poblaciones	43
Diferencia estadística Isquio y Propodio a través de rangos múltiples	44
Prueba de Fisher de los Isquios y Carpus observados de las poblaciones.....	45
Gráfico Caja y Bigotes Isquios y Carpus observados de las poblaciones	46
Diferencia estadística Isquio y Carpus a través de rangos múltiples.....	47
DISCUSION.....	48
CONCLUSIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	54

INTRODUCCIÓN

Los camarones del género *Macrobrachium* con desarrollo larval abreviado han presentado interés para los investigadores en los últimos 21 años, pues en 1999 se describe la primera especie con estas características para las aguas interiores de México (Villalobos y Alvarez 1999) y paulatinamente se han descrito ya varias especies incluso para los ambientes subterráneos (Mejía-Ortiz et al., 2008, Mejia-Ortiz y López Mejía 2011). Este interés ha iniciado la discusión al respecto de la alta plasticidad fenotípica que estos organismos presentan en especial en caracteres que anteriormente fueron usados como estructuras determinantes para diferenciar las especies con desarrollo larval completo. Pues justamente ante el conocimiento de más de 70 poblaciones en México y ahora otras más en Guatemala y Belice de este género, la evidencia de dicha plasticidad ha quedado demostrada principalmente en los artejos del segundo pereiópodo y la fórmula rostral de estos organismos (Mejía-Ortiz et al. 2019). Razón por lo cual se ha determinado analizar más de 30 individuos de diferentes tallas para tener toda la gama de variación en los análisis morfológicos. En un estudio reciente a nivel genético se encontró que existen 25 poblaciones de *Macrobrachium vicconi* distribuidas desde la cuenca del río Usumacinta hasta la cuenca del Lago de Izabal en Guatemala (Mejia-Ortiz comunicación personal) en donde dicha plasticidad morfológica no ha sido demostrada, pero todas esas poblaciones pertenecen genéticamente a la misma especie habitando principalmente nacimientos y arroyos primarios tropicales de origen cárstico (Mejia-Ortiz et al., 2019). El objetivo del presente trabajo es identificar la plasticidad morfológica de estos camarones en los artejos del segundo pereiópodo que nos permita identificar los morfotipos existentes en esta región de América.

MARCO TEÓRICO

La plasticidad fenotípica se resume como la capacidad de un organismo de producir fenotipos diferentes en respuesta a cambios en su entorno. Este concepto se observa en la norma de reacción, el cual, es el rango de respuestas fenotípicas de un genotipo expresado en un gradiente ambiental. A través de los años la teoría evolutiva ha sesgado el efecto del ambiente sobre el fenotipo, considerándolo como “ruido” al proceso fundamental de selección de genes (Gianoli, 2004). Sin olvidar que en este proceso de selección existe una posibilidad de cambio lo que produciría una adaptación y justo esto último visto como cualidad, no es simplemente el hecho de que esa cualidad le otorgue alguna ventaja a su propietario lo que lo constituye como tal, ya que esa ventaja puede ser resultado del azar, sino que, debido a esa ventaja, sus ancestros deben haber sido seleccionados.

La selección natural de una adaptación para un rol es condición necesaria y suficiente para ser una adaptación, mientras que contribuir al aumento actual de la supervivencia y reproducción no es necesario ni suficiente. Esto es lo que se ha denominado definición histórica de la adaptación según (Kampourakis, 2011). En todos los organismos plantas y animales estos procesos ocurren, en este trabajo nos enfocaremos a los crustáceos entendiendo que éstos, son animales principalmente acuáticos, en su mayoría presentan el cuerpo dividido en tres regiones o tagmas: cabeza, tórax y abdomen.

La constitución de la cabeza es homogénea en todos los miembros del grupo, está formada por 5 segmentos fusionados, presentando como apéndices: dos pares de antenas (característica exclusiva del grupo, anténulas y antenas), un par de mandíbulas laterales generalmente de función trófica y un par de maxilas (Padilla y Cuesta, 2003). La alta capacidad que tienen los crustáceos de habitar diferentes ecosistemas le ha conferido una alta probabilidad de presentar morfotipos asociados a los ambientes que ocupan, entendiendo que el morfotipo puede evidenciarse por ejemplo en el crecimiento de los individuos de una población, proceso biológico que suele ser muy variable.

Las causas varían, e implican factores genéticos, sociales y ambientales. Dado que el tamaño del cuerpo suele afectar a la producción reproductiva y la supervivencia, la variación en el crecimiento es un componente muy importante de la aptitud individual. Como interacciones intraespecíficas causan la variación del crecimiento será éste crucial para la evaluación de las tácticas del ciclo vital (Ra'anan, et al 1991).

ANTECEDENTES

En México el género *Macrobrachium* está representado por dos grandes grupos: el primero, donde los estadios larvarios son extendidos, y el segundo, tienen un desarrollo larvario abreviado. Hay tres vertientes principales en México o cuencas exorreicas y varias endorreicas como lagos y lagunas interiores. Las especies con estadio larvario extendido son: *M. carcinus*, *M. heterochirus*, *M. acanthurus*, *M. olfersii*, *M. hobbsi* y *M. faustinum* en la vertiente Atlántica y caribeña, mientras que, en la vertiente Pacífica, están las especies: *M. americanum*, *M. occidentale*, *M. digueti*, *M. michoacanus*, *M. acanthochirus* y *M. tenellum*. Estas especies tienen importantes actividades pesqueras en diferentes cuencas, pero también viven desde oasis en el desierto a los principales ríos en las cuencas más grandes.

Sin embargo, hay algunos ríos que tienen una región extendida en su contracorriente como Usumacinta, Grijalva, Papaloapan y Coatzacoalcos que en general se consideran regiones hidrológicas. Solo en estas regiones extendidas, hay más cuevas en agua dulce, manantiales y arroyos primarias o secundarias, que están cubiertos por ríos de área corta, se encuentran las siguientes especies: *M. totonacum*, *M. tuxtlaense*, *M. oaxacae*, *M. cosolapaense*, *M. oaxacae*, *M. jacatepecense*, *M. mazatecum* y *M. vicconi*, mientras que en la cueva se encuentran *M. villalobosi*, *M. acherontium* y *M. sbordonii* (Mejia-Ortiz et al., 2016).

Los estudios sobre este género con organismos que tuvieran desarrollo larval abreviado comenzaron en 1999 con la descripción de *Macrobrachium tuxtlaense*, y unos meses después en 2000, una especie fue descrita en la selva del sureste de México similar a *Macrobrachium quelchi* y *Macrobrachium atabapense* en tamaño total, parcialidad en el estado larvario y cornea no reducida, en donde, comparando *Macrobrachium vicconi* con otras especies, ésta es diferente en relación tamaño de artejos de sus patas, espinas ornamentales y largo del segundo pereiópodo, *M. vicconi* está más relacionado a las islas de sur América, llevando huevos más grandes (Román, Ortega y Mejía, 2000).

Posterior a esta descripción se realizaron varias en otras partes de México con claras relaciones con *M. tuxtlaense* como el realizado por (Mejía-Ortiz y López-Mejía, 2011) en donde reportan en el río Papaloapan dos langostinos de agua dulce con desarrollo abreviado:

Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

Macrobrachium villalobosi (especie estigobia) y *Macrobrachium totonacum* (especie epigea), y además describen cuatro especies de este género y la distribución de estas seis especies a lo largo de la cuenca del río, *M. oaxacae* ocurre en el Río La Junta y junto con, *M. cosolapaense* es geográficamente cercana a la especie estigobia y a *M. totonacum*, pero difiere de éstos en los siguientes aspectos: la pigmentación, el número de espinas rostrales y las proporciones relativas de: los artejos del segundo pereiópodo y las existentes entre el apéndice masculina y el apéndice interno, así como las espinas del apéndice masculina. *Macrobrachium mazatecum* vive en dos arroyos en Veracruz: el primero cercano a Tierra Blanca y el segundo en Zapotal, Veracruz cerca del Municipio, Lerdo de Tejada. La misma especie fue también registrada en 2 nacimientos cercanos a Valle Nacional Oaxaca, y difiere de *M. oaxacae* y *M. cosolapaense* en el número de espinas rostrales y las proporciones relativas de los artejos del segundo pereiópodo, y las existentes entre el apéndice masculina y el apéndice interno, al igual que las espinas sobre el apéndice masculina.

Por último, *Macrobrachium jacatepecense* ocurre solo en un nacimiento cercano a Jacatepec, Oaxaca. Esta especie difiere de las otras especies en las proporciones relativas de los artejos del segundo pereiópodo; sin embargo, es cercano a *Macrobrachium oaxacae* en el número de espinas rostrales, pero debido a su distribución geográfica y otros factores es claramente una especie diferente. Cabe señalar que, estas especies viven en sitios restringidos con pequeños arroyos.

Asimismo, en 2008 se describe la cuarta especie estigobia en América del género *Macrobrachium* en cuevas en el estado de Chiapas, México, *Macrobrachium sbordonii*, que habita en una cueva de Chiapas, México; es similar a *M. villalobosi*, *M. acheronthium* y *M. cationium*, por presentar ojos reducidos, cuerpo con despigmentación y alargamiento de los apéndices ambulatorios, pero difiere de las otras especies en la longitud del primer pereiópodo y las proporciones relativas de los artejos del segundo pereiópodo, los grados de pigmentación del ojo, el número de espinas rostrales, la proporción del escafocerito y la proporción relativa del *carpus* y propodio del primer pereiópodo. *M. sbordonii* vive en el lago terminal del sistema de la lucha, Estado de Chiapas, cerca de los límites con Oaxaca, dentro de la región del Istmo de Tehuantepec, México (Mejía-Ortíz et al., 2008).

Otro de los estudios sobre este grupo es el conocer y entender el estado larval abreviado para *Macrobrachium totonacum*, una especie de langostino que cuenta con tres

Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

estados larvales. Este estudio fue basado en el material obtenido en laboratorio. Las hembras llevan en promedio 18 huevos y un máximo de 28 huevos. El diámetro promedio del huevo es de 2.1 mm. El primer estadio larval tiene ojos sésiles y todos los apéndices están desarrollados excepto los urópodos; sin embargo, la quela de los pereiópodos 1 y 2 y los pleópodos no son funcionales. En el segundo estado, los ojos están articulados y la quela y pleópodos son funcionales. En el tercer estado los urópodos están desarrollados. Las larvas son lecitotróficas en los primeros dos estadios e inician su alimentación en el estado tres. El desarrollo larval de esta especie es comparado con otras especies de *Macrobrachium* de México y Sudamérica con desarrollo abreviado, esta especie tiene el mismo número de estados que *M. vicconi* (Mejía-Ortíz, Hartnoll, y López-Mejía., 2010).

Sin embargo, en el año 2015 con exploraciones ya realizadas en el sureste de México e incluso en la región de distribución de *M. vicconi*, se describe la primera especie con desarrollo larval abreviado en Guatemala, *Macrobrachium cernai* que es un langostino de agua dulce de tamaño mediano con los segundos pereiópodos largos en relación con la longitud de su cuerpo. Fue comparada con especies afines de México y Suramérica, siendo *Macrobrachium vicconi* (especie reportada para Chiapas México), la más cercana geográficamente. Sin embargo, *M. vicconi* difiere de *M. cernai* por la proporción del escafocerito, la longitud del primer pereiópodo, así como en las proporciones del segundo pereiópodo específicamente en las relaciones: carpus/merus, carpus/propodio palma/dactilo, propodio/dactilo y en la ornamentación del rostro (Tejeda-Mazariegos y Mejía-Ortíz, 2015).

Posteriormente en 2019 con el análisis de hábitats de más de 360 sitios alrededor de la región de Mesoamérica (México, Guatemala y Belice), en los cuales se midió temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, altitud y velocidad de flujo de agua, analizándolos de manera multidimensional. Los resultados encontrados muestran que hay 70 poblaciones de *Macrobrachium*, los cuales habitan en dos principales hábitats: Lótico y léntico que a su vez se subdividen. En algunas áreas específicas los valores kársticos de salinidad y pH definieron algunos grupos. Dentro de los hábitats lénticos, identificaron los siguientes subhábitats: 1) arroyos templados, 2) corrientes neutras, 3) alto oxígeno disuelto, 4) multifactorial; y para los hábitats lóticos, identificado: 5) agua con alto contenido de carbonato, 6) oxígeno disuelto moderado, 7) bajo contenido de carbonato y oxígeno, y 8) arroyos de gran altitud. Todos estos subhábitats están ubicados en el drenaje de las cuencas del mar Atlántico, incluyendo

Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

lugares de 50 a 850 metros sobre el nivel del mar, que tienen rangos específicos de temperatura, velocidad del agua, pH y salinidad. Esto comprobó la gran plasticidad ambiental que tiene el grupo de ser exitosos en diferentes condiciones ambientales. Esta plasticidad fenotípica no ha sido reportada solo para organismos de ese género sino para otros con aún menores cambios ambientales como son organismos de cuevas tal es caso de los organismos del género *Barbouria* que pertenecen a la familia *Barbouriidae* Christoffersen, 1987 compuesta por cuatro géneros y once especies de camarones raros restringidos a cuevas anquihalinas o marinas cuya historia evolutiva y relaciones siguen siendo esquivas.

Recientemente en 2020 se investigaron las relaciones evolutivas entre los miembros de *Barbouriidae* con la inclusión de 4 géneros y 9 especies, y material recolectado de Belice, las Bahamas y la Península de Yucatán, México. Con ayuda de análisis filogenéticos basado en siete regiones de genes mitocondriales y nucleares y distancias genéticas calculadas usando las regiones parciales del gen 16S se ha identificado la necesidad de revisar las relaciones y la clasificación dentro de *Barbouriidae*. Entre toda esta plasticidad morfológica se encontró evidencia que sugiere que *Janicea* (Manning y Hart, 1984) como sinónimo menor de *Parhippolyte* (Borradaile, 1900), *Barbouria yanezi* (Mejía, Zarza y López, 2008) como sinónimo de *Barbouria cubensis* (von Martens, 1872), y define dos nuevas subfamilias, *Calliasmatinae* (Holthuis, 1973) y *Barbouriinae* (Christoffersen, 1987) (Ditter, Mejía-Ortíz y Bracken-Grissom, 2020).

JUSTIFICACIÓN

Debido a que, en los resultados antes descritos y por los resultados moleculares en donde las 25 poblaciones del presente estudio pertenecen a la misma especie *Macrobrachium vicconi* (Mejía-Ortíz 2020, comunicación personal) se considera de importancia la identificación de los morfotipos de *M. vicconi* en consideración de los diferentes tipos y subtipos de hábitats en donde han sido reportados, se realizara la identificación de los Morfotipos existentes sobre las 25 poblaciones colectadas de *M. vicconi*.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se plantean las siguientes interrogantes relacionadas con *Macrobrachium vicconi*:

- ¿Cuántos morfotipos presenta *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala?
- ¿Qué proporción morfológica de los artejos de segundo pereiópodo de *M. vicconi* definen los morfotipos en el sureste de México y Guatemala

HIPÓTESIS

Hipótesis 1: Existen 3 morfotipos de *M. vicconi* en el sureste de México y 2 en Guatemala.

Hipótesis 2: Que las proporciones Largo/Ancho de la palma, Propodio/Dáctilo, Propodio/Carpus, Carpus/Merus, Merus/isquio, Isquio/Merus, Isquio/Carpus, Isquio/Propodio, definen los morfotipos de *M. vicconi* en el sureste de México y Guatemala

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar los morfotipos en 25 poblaciones de *M. vicconi* que habitan en la cuenca del río Usumacinta, la zona de alta Verapaz, la cuenca del lago Izabal y Peten, (Guatemala, México).

Objetivos particulares:

- Evaluar cual es la proporción de los artejos del segundo pereiópodo que define los morfotipos de *M. vicconi*.
- Verificar si las variaciones de la formula rostral de *M. vicconi* están en relación con los morfotipos definidos por el segundo pereiópodo.
- Determinar la proporción del apéndice masculino con el apéndice interno están en relación con los morfotipos definidos por el segundo pereiópodo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de esta tesis fueron obtenidos de las siguientes poblaciones de langostinos de la especie *Macrobrachium vicconi* colectados en los últimos 20 años por los miembros del laboratorio de Bioespeleología y Carcinología.

Localidad	Estado/País	No. De individuos
Semuc chamey	AltaVerapaz Guatemala	14
Hu Nal Ye	Alta Verapaz Guatemala	15
Rio cedros puente	Chiapas, México	30
Hotel Lacanja chansayab	Chiapas, México	13
Hotel Lacanja chansayab 2	Chiapas, México	15
Camino Ocosingo	Chiapas, México	14
Arroyo Jolha	Chiapas, México	55
Tres lagunas	Chiapas, México	11
José Castillo	Chiapas, México	17
tucán Lacanha-Chasanyab	Chiapas, México	17
Arroyo Welib Ha	Chiapas, México	66
Rio grande, Base Militar	Chiapas, México	33
Cascada Maya	Chiapas, México	50
Nueva Pelestina	Chiapas, México	63
Bonampak	Chiapas, México	48
Reforma Agraria	Chiapas, México	12
Poza antes 3 Lagunas	Chiapas, México	05
Loc. Camino nueva Palestina	Chiapas, México	09
San Javier	Chiapas, México	61
Rio Salchicha	Alta Verapaz, Guatemala	18
Cueva Rio salchicha	Alta Verapaz, Guatemala	20
Rio Zarco	Izabal, Guatemala	17
Cueva Peten	Peten, Guatemala	03
Nacimiento Peten	Peten, Guatemala	04
Reserva de rio las Escobas, Puerto Barrios	Izabal, Guatemala	17

Los datos que se analizaron fueron los siguientes:

La fórmula rostral, la cual se obtiene contando las espinas que posee su rostro (que es la parte en su morfología que tiene forma de sierra y se encuentra en la parte superior de la cabeza); para completar la fórmula rostral se necesitan 3 datos, el primero es el número de espinas que tiene la parte superior del rostro, el segundo (el cual va después del primero dato y dentro de paréntesis), es el número de espinas que posee antes del ojo, consecutivamente se le pone una diagonal, y el tercer dato es el número de espinas que tiene en la parte inferior del rostro. Para contar cada una de las espinas se requiere el uso del microscopio, tomando en cuenta que las espinas son pequeñas y no se ven a simple vista; Se midieron las partes que componen al segundo pereiópodo. En la quela de ambos se mide la longitud y ancho de la palma, el dactilo y el propodio. Posteriormente se registraron en la hoja *expofeso* las medidas del Carpus, Merus y del Isquio.

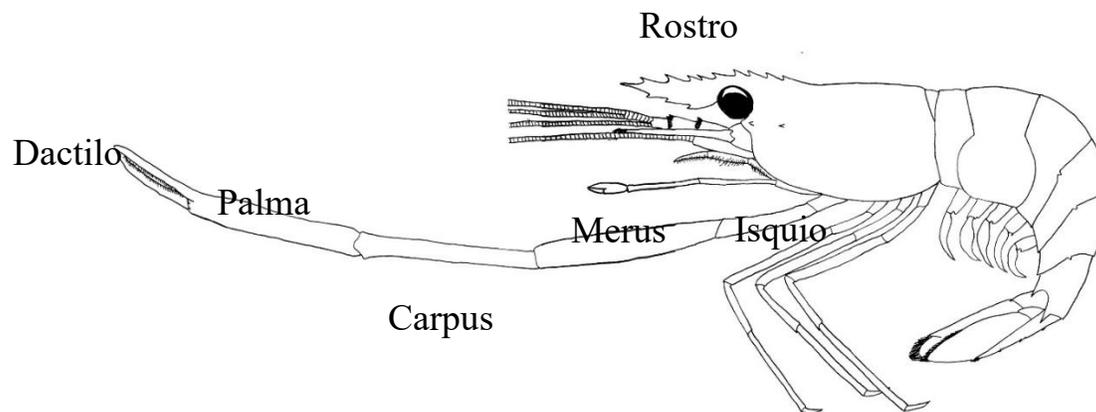


Imagen 1. Esquema de un Decápodo

Materiales por utilizar

- Microscopio estereoscópico
- Agujas de disección
- Vernier
- Alcohol
- Pinzas de disección
- Cajas de Petri
- Hoja Ex profeso

Trabajo de gabinete

Con los datos obtenidos se genera una base de datos en un archivo de Excel, de tal forma que deben quedar de la misma manera que en la hoja, si el dato no existe, se deja en blanco la casilla correspondiente, para que no haya una alteración al momento utilizarlos.

Una vez hecho esto, se procederá a obtener las siguientes proporciones en la misma base de datos realizada, para el segundo pereiópodo:

- Largo/Ancho de la palma
- Propodio/Dáctilo
- Propodio/Carpus
- Carpus/Merus
- Merus/isquio
- Isquio/Merus
- Isquio/Carpus
- Isquio/Propodio

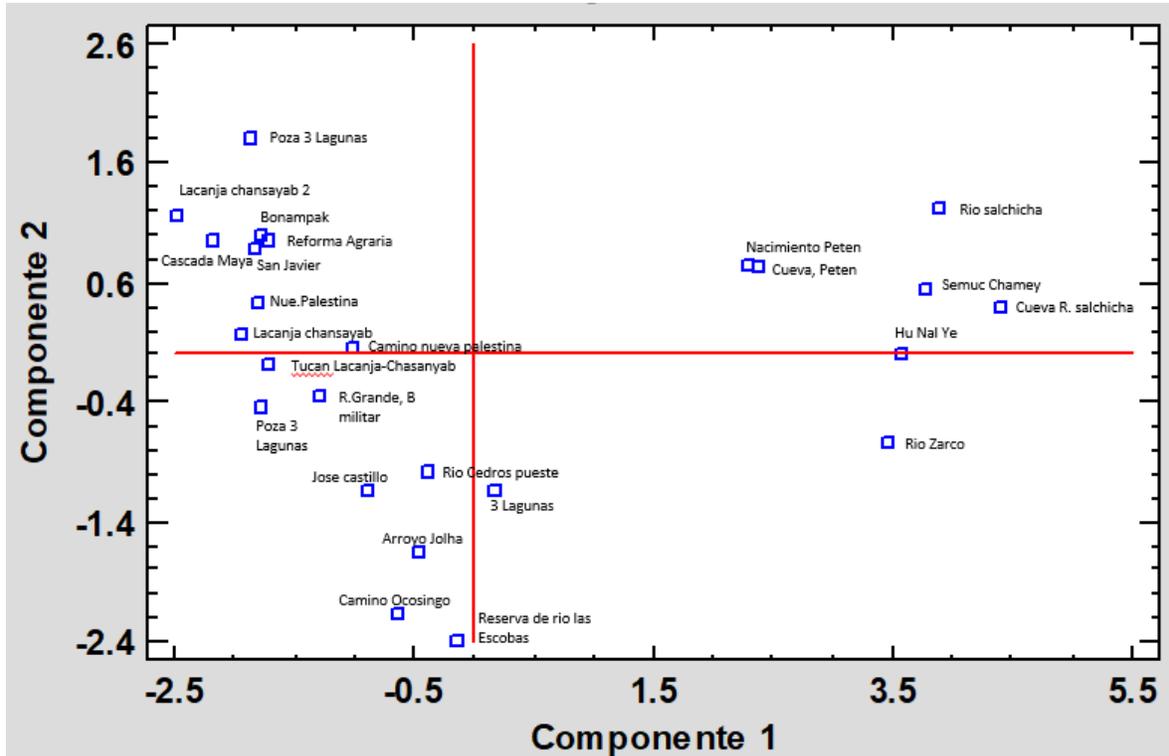
ANÁLISIS DE DATOS

Se realizará un análisis comparativo de ANOVA para comparar las medias de las proporciones mencionadas utilizando la prueba de Fisher (La diferencia mínima significativa) y la prueba de rangos Múltiples al 95% de confianza, asimismo se utilizará el método de análisis multivariado y de componentes principales utilizando los promedios de las proporciones mencionadas. Para lo cual se obtendrán las ecuaciones de los dos primeros componentes obteniendo los porcentajes de ponderación a través de la prueba de factorabilidad para identificar si existe una diferenciación entre las poblaciones o agrupamiento que nos pueda indicar los morfotipos entre estas poblaciones utilizando el paquete estadístico Statgraphics 20.0

RESULTADOS

Distribución de componentes principales

A. Gráfica de distribución de componentes principales



Gráfica 1. Distribución de componentes principales de los 25 sitios estudiados

En la siguiente gráfica se puede observar los dos grandes morfotipos de *M. vicconi* definidos principalmente por las estructuras del quelípodo (Palma, Propodio y Dactilo); que en primera instancia el morfotipo mexicano y el morfotipo guatemalteco son claramente separados. Así mismo en lo que respecta al morfotipo mexicano se observan dos subgrupos relacionados a las subcuencas hidrológicas de río Lacanja, destacando los representantes de la subcuenca del río Lacanja y la subcuenca del río Perlas, si viene cierto que los artejos mencionados son los más importantes para definir los morfotipos este análisis incluye las proporciones establecidas en la metodología que incluyen a todos los artejos del segundo pereiopodo. Como se podrá observar en las subsecuentes gráficas utilizando el procedimiento de ANOVA los cambios que definen a los morfotipos son de ordenes de magnitud muy pequeños.

Análisis morfométrico

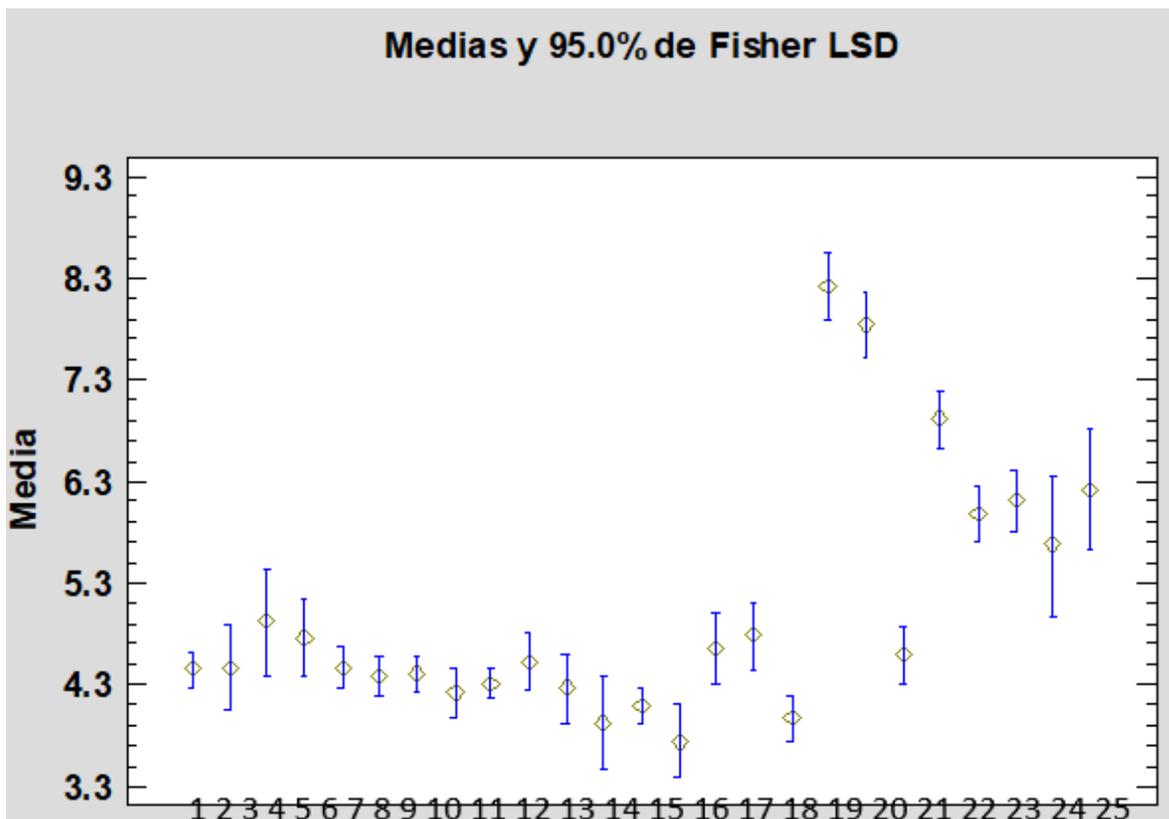
En la siguiente tabla podemos observar los 25 sitios y su número de referencia para interpretar las siguientes tablas.

Tabla 1. Enumeración de los 25 sitios

1. san Javier	2. Loc. Camino nueva palestina
3. Poza antes 3 lagunas	4. Reforma Agraria
5. Bonampak	6. Nue.Palestina
7. Cascada Maya	8. R.grande, B militar
9. Arrollo Welib Ha´	10. Tucán Lacanja-Chasanyab
11. José castillo	12. 3 Lagunas
13. Arroyo Jolha	14. Camino Ocosingo
15. Hotel Lacanja chansayab	16. Hotel Lacanja chansayab 2
17. Rio Cedros pueste	18. Semuc Chamey
19. Hu Nal Ye	20. Reserva de rio las Escobas, Puerto Barrios
21. Rio salchicha	22. Cueva R. salchicha
23. Rio Zarco	24.Cueva, Peten
25. Nacimiento Peten	

Prueba de Fisher de Palma y Ancho de la Palma observados de las poblaciones.

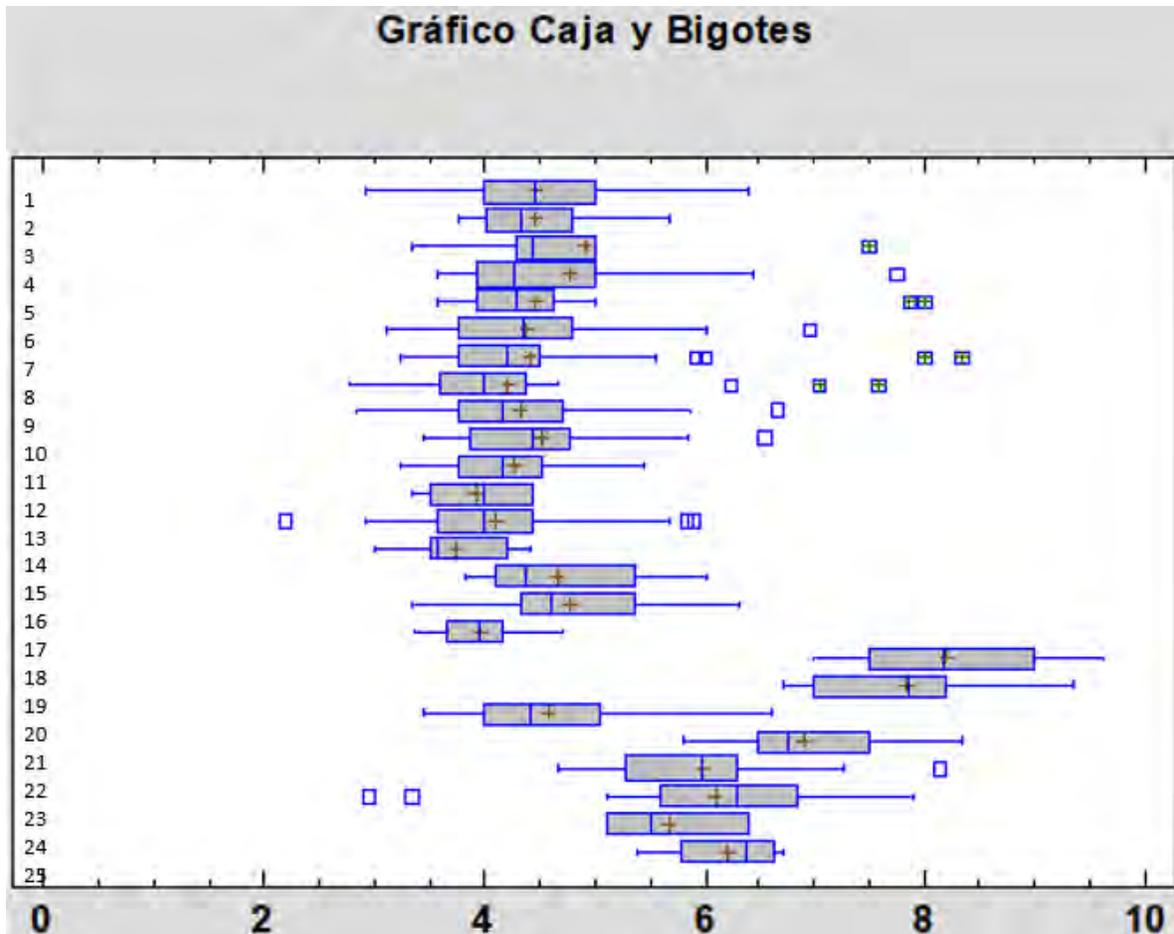
Se realizó el análisis morfométrico a la proporción Palma/ Ancho de la palma a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95%; se observan 3 grupos homogéneos, el primero incluye de la población 1 a la 17 incluyendo la 20, el segundo a 18, 19 y 21, el tercero a 22-25. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y F(Fisher) F=30.37.



Gráfica 2. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Palma/ Ancho de la palma

Gráfico Caja y Bigotes de Palma y Ancho de la Palma observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino



Gráfica 2.1. Gráfica de caja y bigotes

Diferencia estadística de Palma y Ancho de la palma a través de rangos múltiples

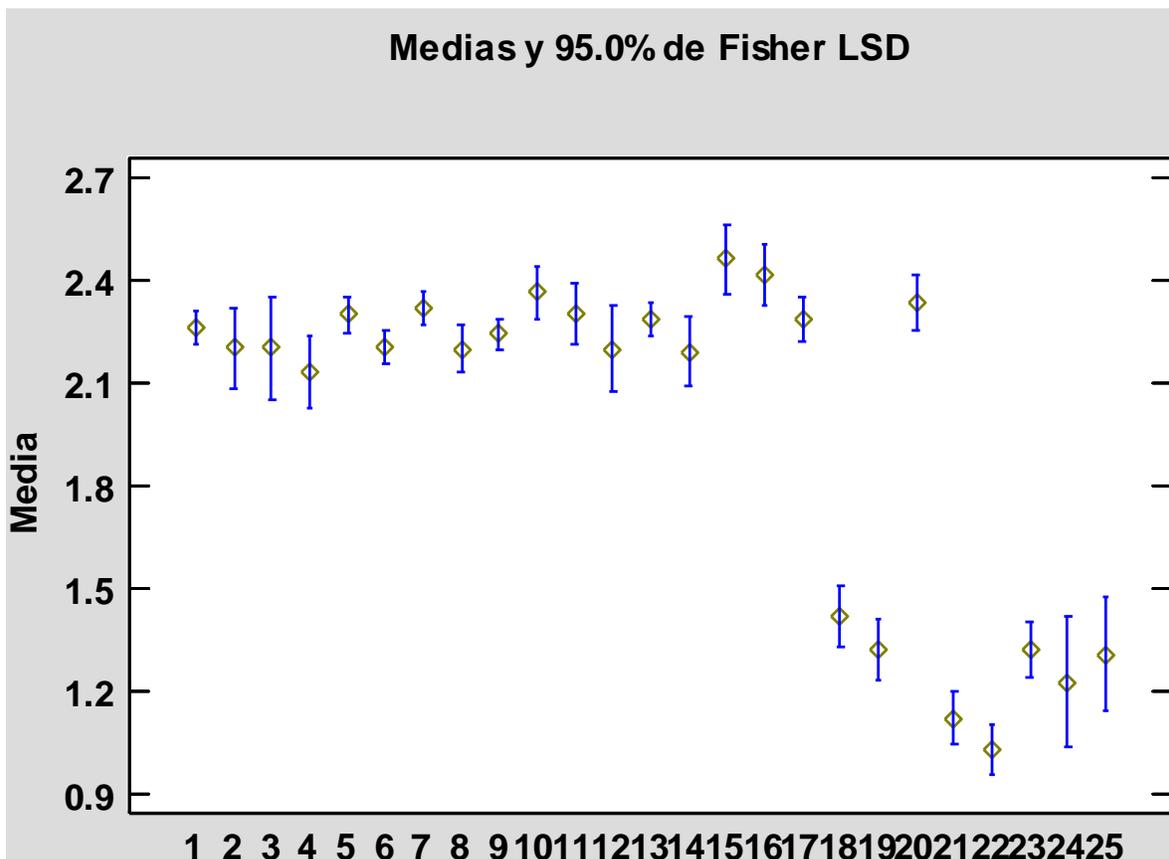
Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 2. Diferencia estadística de medias de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	13,14,17-25
2	18,19,21-25
3	12-14,17-19,21-23,25
4	12-14,17-19,21-23,25
5	13,14,17-19,21-25
6	14,18,19,21-25
7	14,17-19,21-15
8	18,19, 21-25
9	14,18,19,21-25
10	14,18-19,21-25
11	18,19,21-25
12	16,18,19,21-25
13	16, 18-25
14	15,16, 19-25
15	17-19,21-23,25
16	17-19,21-23,25
17	18—25
18	20-25
19	20-25
20	21-25
21	22-24

Prueba de Fisher de los Propodios y Dactilos observados de las poblaciones

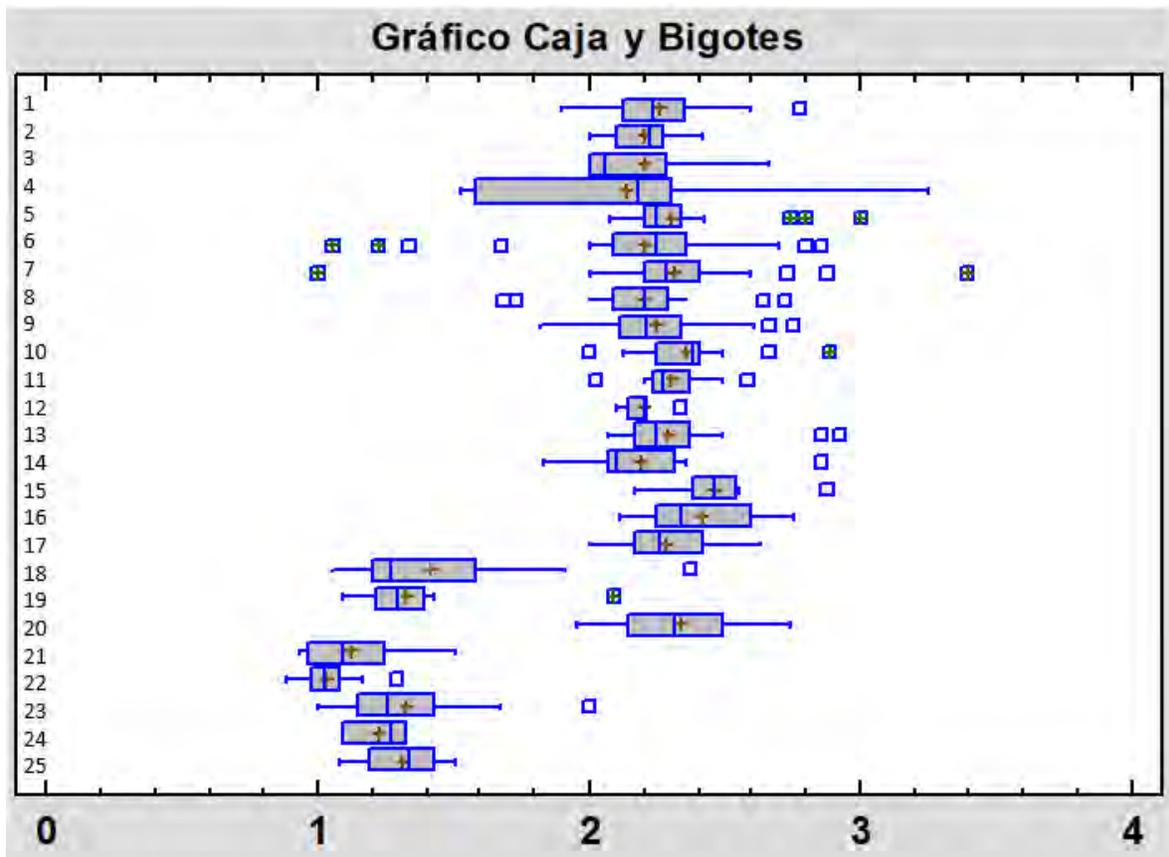
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones de la proporción Propodio/Dactilo por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95%; podemos observar 2 grupos homogéneos, el primero grupo comprende de los sitios 1 al 17 y 20, el segundo grupo comprende del sitio 18,19, del 21 al 25. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y F(Fisher) F=61.86



Gráfica 3. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Propodio/Dactilo

Gráfico Caja y Bigotes de los Propodios y Dactilos observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 3.1. Gráfica de caja y bigotes

Diferencia estadística de Propodio y Dactilo a través de rangos múltiples.

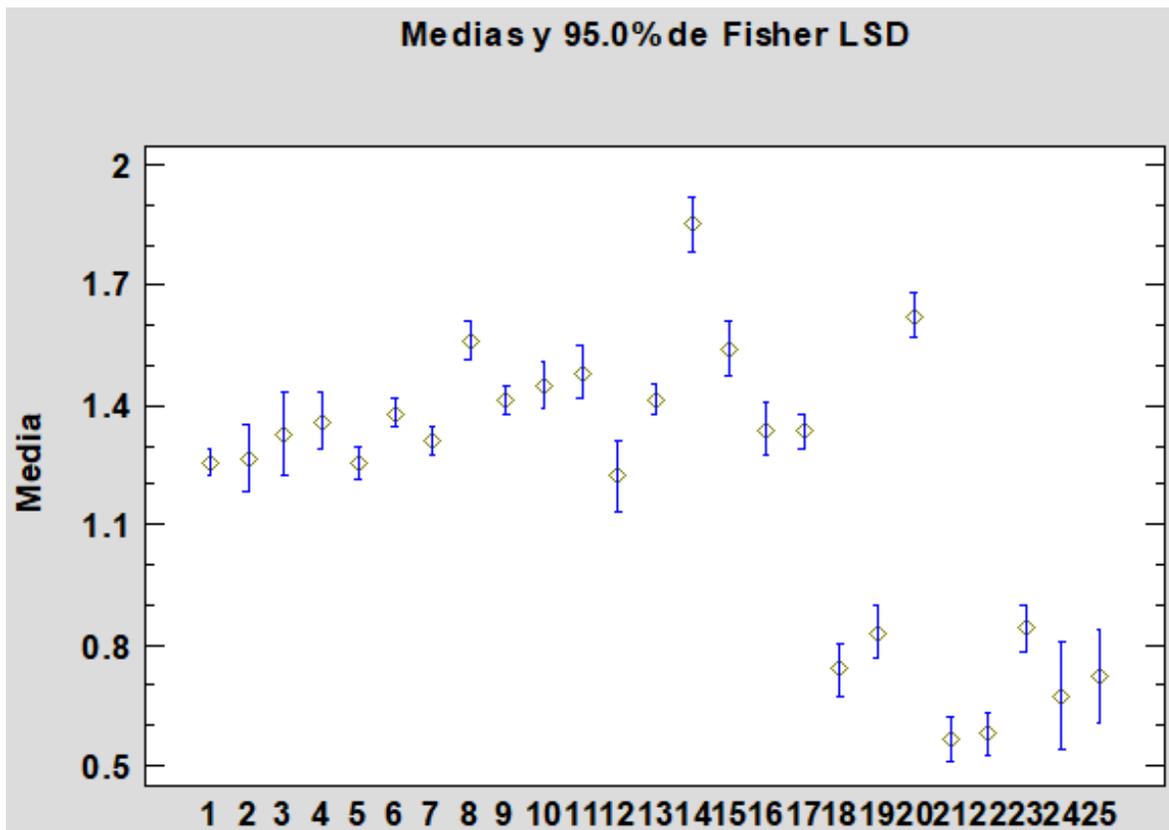
Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 3. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	13,14,17-25
2	18,19,21-25
3	12-14,17-19,21-23,25
4	12-14,17-19,21-23,25
5	13,14,17-19,21-25
6	14,18,19,21-25
7	14,17-19,21-15
8	18,19, 21-25
9	14,18,19,21-25
10	14,18-19,21-25
11	18,19,21-25
12	16,18,19,21-25
13	16, 18-25
14	15,16, 19-25
15	17-19,21-23,25
16	17-19,21-23,25
17	18—25
18	20-25
19	20-25
20	21-25
21	22-24

Prueba de Fisher de los Propodio y Carpus observados de las poblaciones

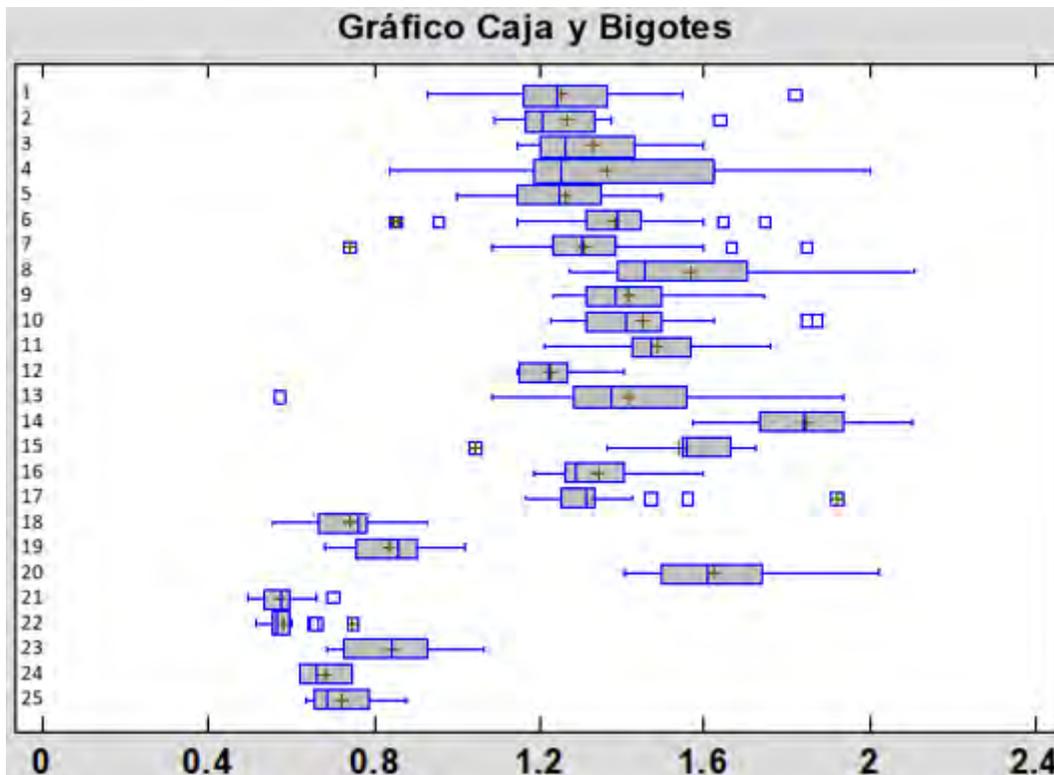
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95% a la proporción Propodio/Carpus; Podemos observar dos grupos homogéneos, el primer grupo comprende los sitios 1 al 17 y 20, el segundo grupo de los sitios 18,19, 21 al sitio 25. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y F(Fisher) F=62.63



Gráfica 4. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Propodio/Carpus.

Gráfico Caja y Bigotes de los Propodios y Carpus observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 4.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencia de Propodio y Carpus a través de rangos múltiples.

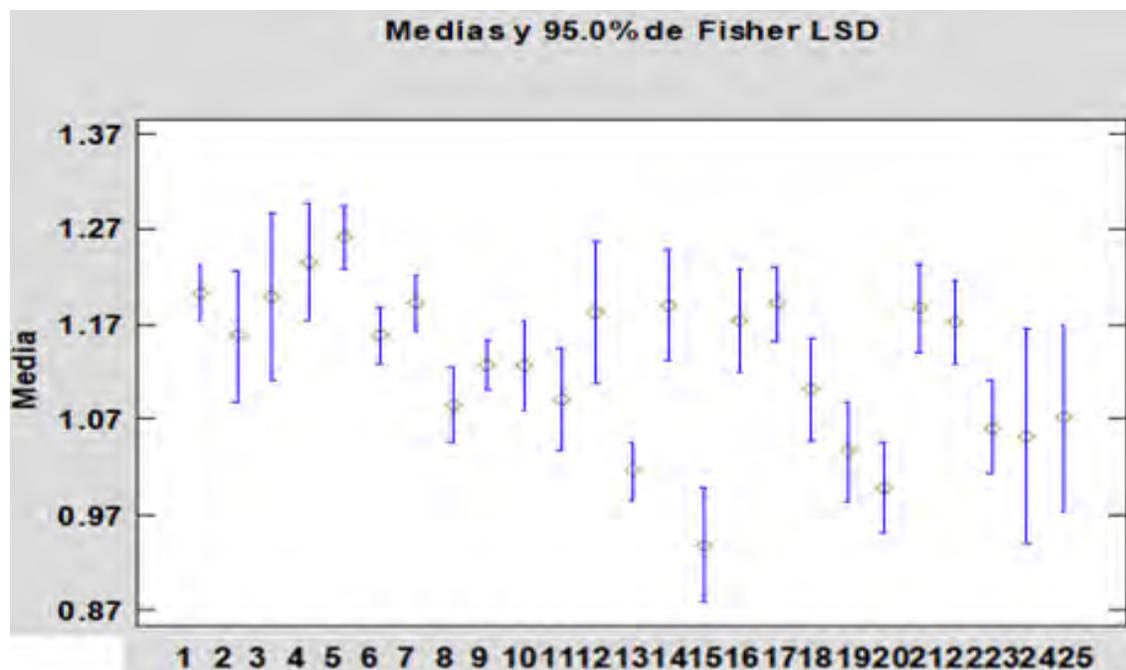
Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 4. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	6,8-11,13-15,18-25
2	8-11,13-15,18-25
3	8,14,15,18-25
4	8,14,15,18,-25
5	6,8-11,13-15,18-25
6	8,12,14,15,18-25
7	8-11,13-15,18-25
8	9,10,12-14,16,19,21-25
9	12,14,15,17-25
10	12,14,17-25
11	12,14,16-25
12	13-15,18-25
13	14,15,18-25
14	15-25
15	16-19,21-25
16	18-25
17	18-25
18	20-22
19	20-22
20	21-25
21	23
22	23

Prueba de Fisher de los Carpus y Merus observados de las poblaciones

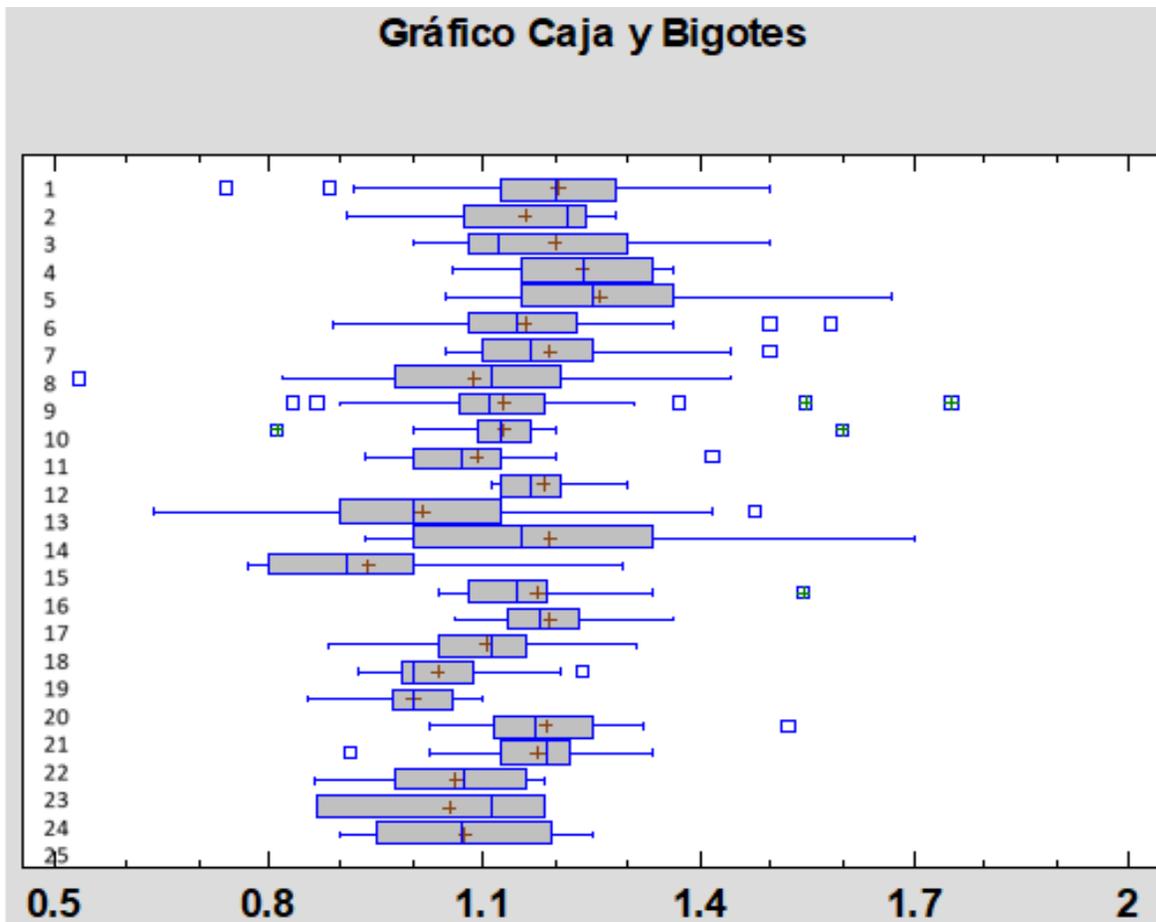
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de los 25 sitios con un nivel de confianza del 95% a la proporción Carpus/Merus: Podemos observar 3 grupos homogéneos, el primer grupo de los sitios 1 al 7, el segundo grupo comprende los sitios 8 al 20 y el tercero de los sitios 21-25. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y F(Fisher) $F=6.31$ Aunque la mayoría está en forma homogénea y no es posible determinar grandes diferencias.



Gráfica 5. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Carpus/ Merus.

Gráfico Caja y Bigotes de los Carpus y Merus observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 5.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencia estadística de Carpus y Merus a través de rangos múltiples

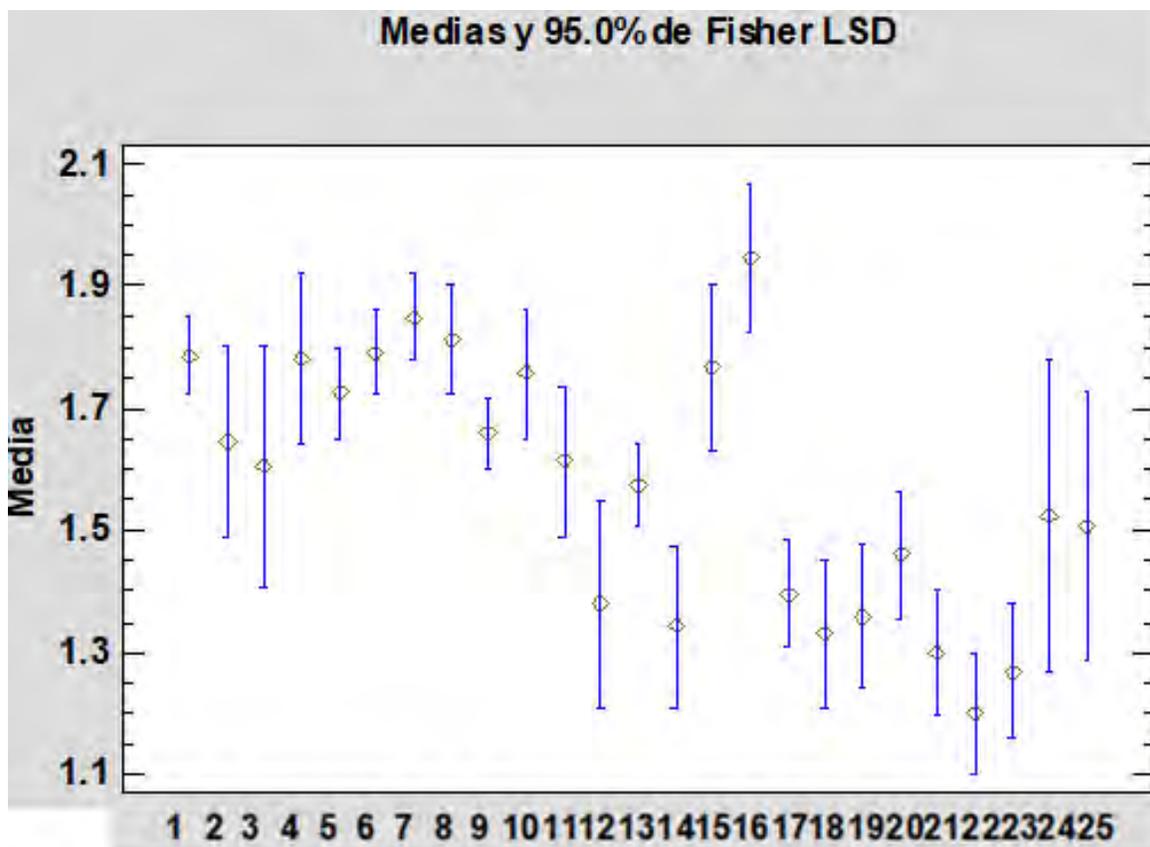
Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 5. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	8,9,11,13,15,18-20,23
2	13,15,20
3	13,15,19,20,
4	8,9,11,13,18-20,23-25
5	6-11,13,15,18-20,22-25
6	8,13,15,19,20,23
7	8,9,11,13,15,18-20,23
8	14,15,17,21,22
9	15,19,20
10	13,15,20
11	15,17
12	13,15,19,20
13	14,16,17,21,22
14	15,19,20,23
15	16-18,21,23
16	19,20,23
17	19,20,23
18	20
19	21,22
20	21,22
21	23
22	23

Prueba de Fisher de los Merus e Isquios observados de las poblaciones

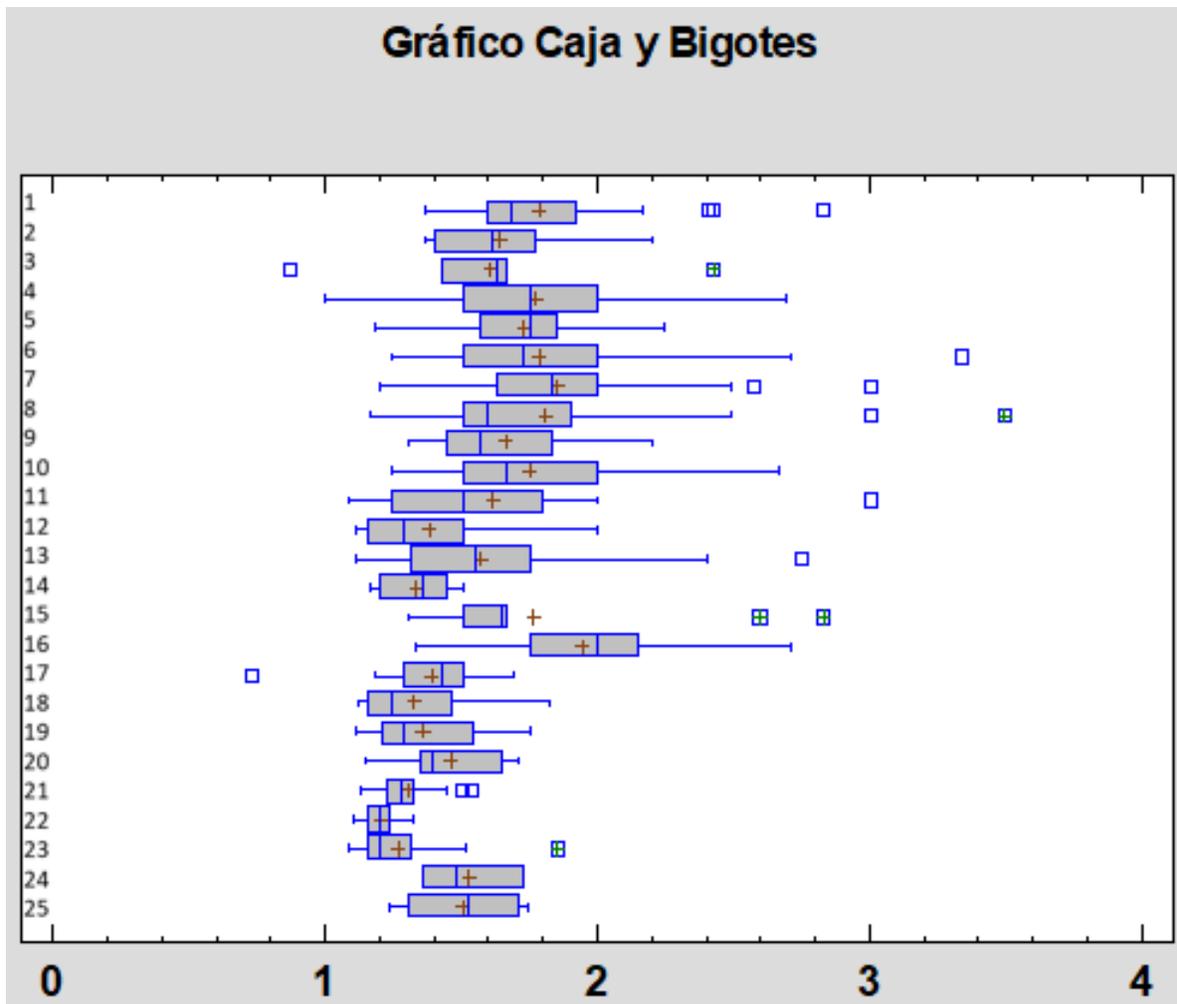
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95% a la proporción Merus/Isquio; no es posible encontrar grandes diferencias porque las gamas de normalidad de las proporciones se entrecruzan en cada una de las poblaciones y aunque existen algunos promedios diferentes es claro que hay cierta similitud entre los grupos. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y F(Fisher) F=8.59.



Gráfica 6. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Merus/Isquio

Gráfico Caja y Bigotes de los Merus e Isquios observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos son un tanto homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 6.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencias de los Merus e Isquio a través de rangos múltiples

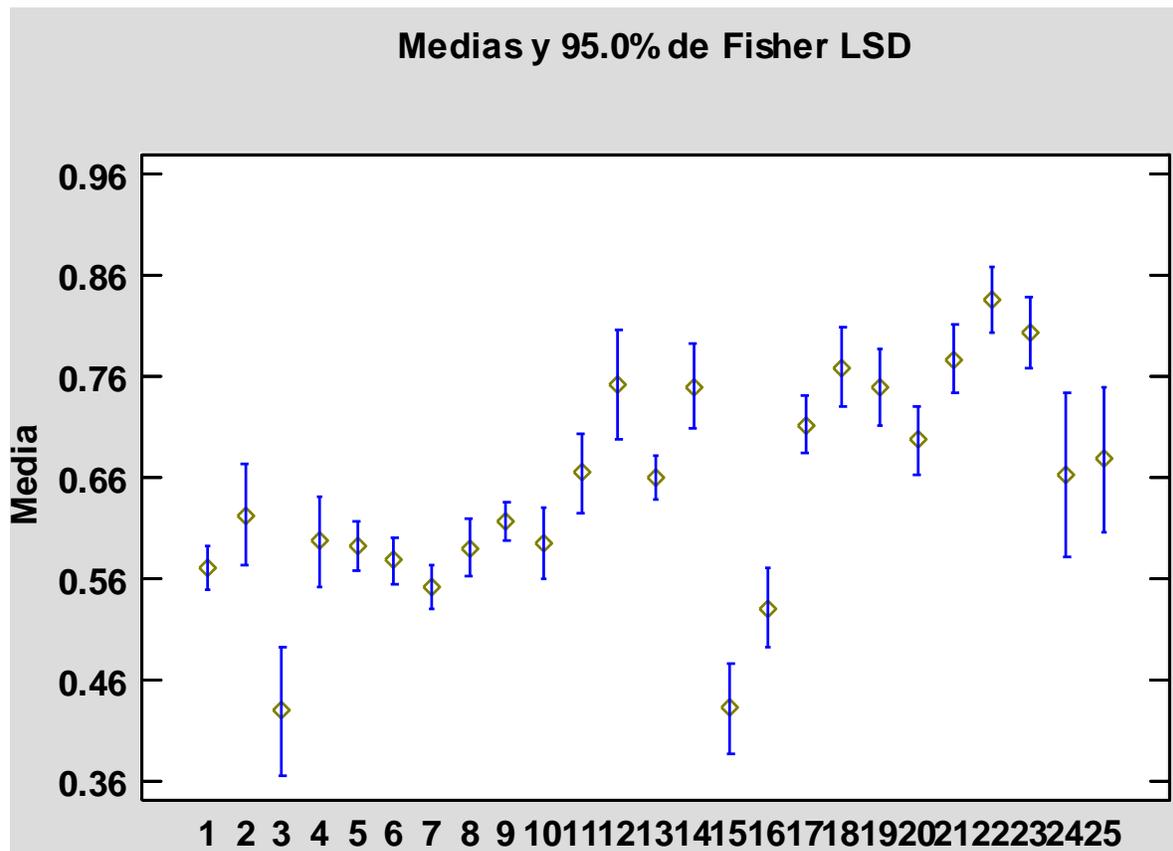
Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 6. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	9,12,14,17-23
2	14,16,18,19,21,23
3	16,22,23
4	12,14,17-23
5	12-14,16-23
6	9,12-14,17-23
7	9,11-14,17-23,25
8	9,12-14,17-23
9	12,14,16-23
10	12-14,17-23
11	14,16-19,21-23
12	15,16
13	14,16-19,21,23
14	15,16
15	17-23
16	17-25
17	22
20	22

Prueba de Fisher de los Isquios y Merus observados de las poblaciones

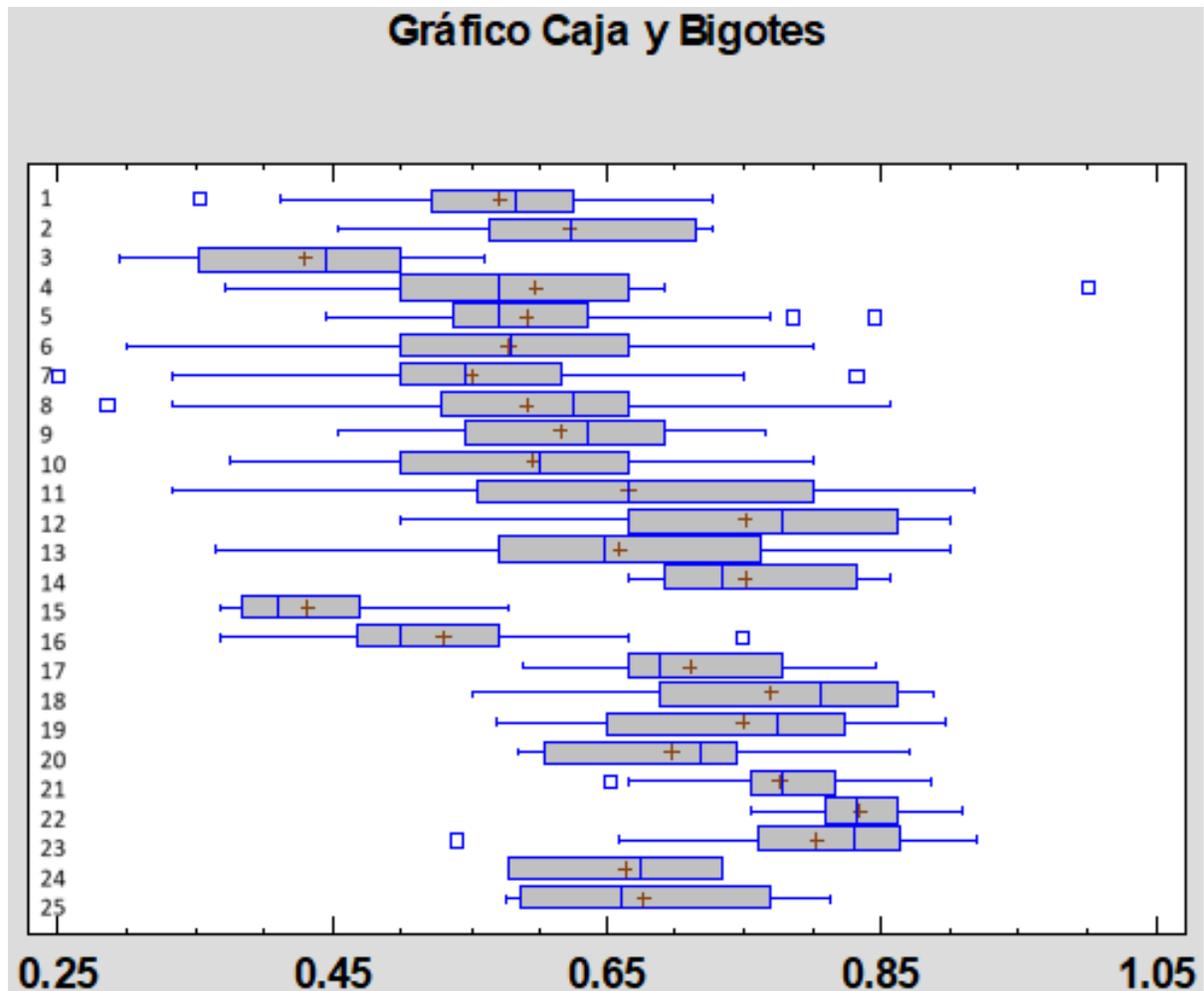
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95% a la proporción Isquio/Merus; Podemos observar 7 grupos homogéneos, el primer grupo comprende los sitios 1 y 2 y del 4 al 14 y del 17 al 25, el segundo el sitio 3, 15 y 16. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y $F(\text{Fisher}) F=16.22$.



Gráfica 7. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Isquio/Merus.

Gráfico Caja y Bigotes de los Isquios y Merus observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 7.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencia estadística Isquio y Merus a través de rangos múltiples

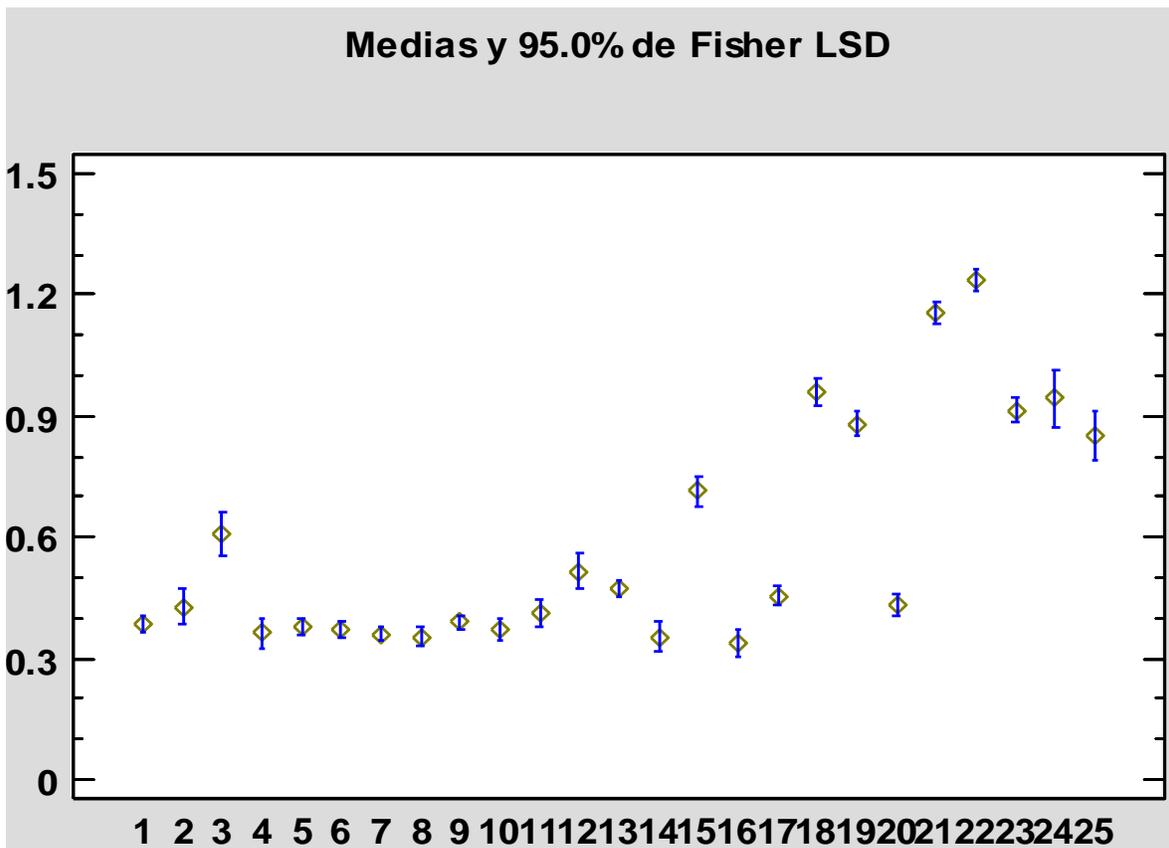
Aplicando la fórmula de podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 7. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	3,9,11-15,17-23,25
2	3,12,14-19,21-23
3	4-14,17-25
4	12,14,15,17-23
5	11-15,17-23
6	11-15,17-23
7	9,11-15,17-23
8	11-15,17-23
9	12—23
10	12-15,17-23
11	14-16,18,19,21-23
12	13,15,16
13	14-19,21-23
14	15,15,22
15	16-25
16	17-25
17	21-23
19	22
20	21-23
22	24,25
23	24,25

Prueba de Fisher de los Isquios y Propodio observados de las poblaciones

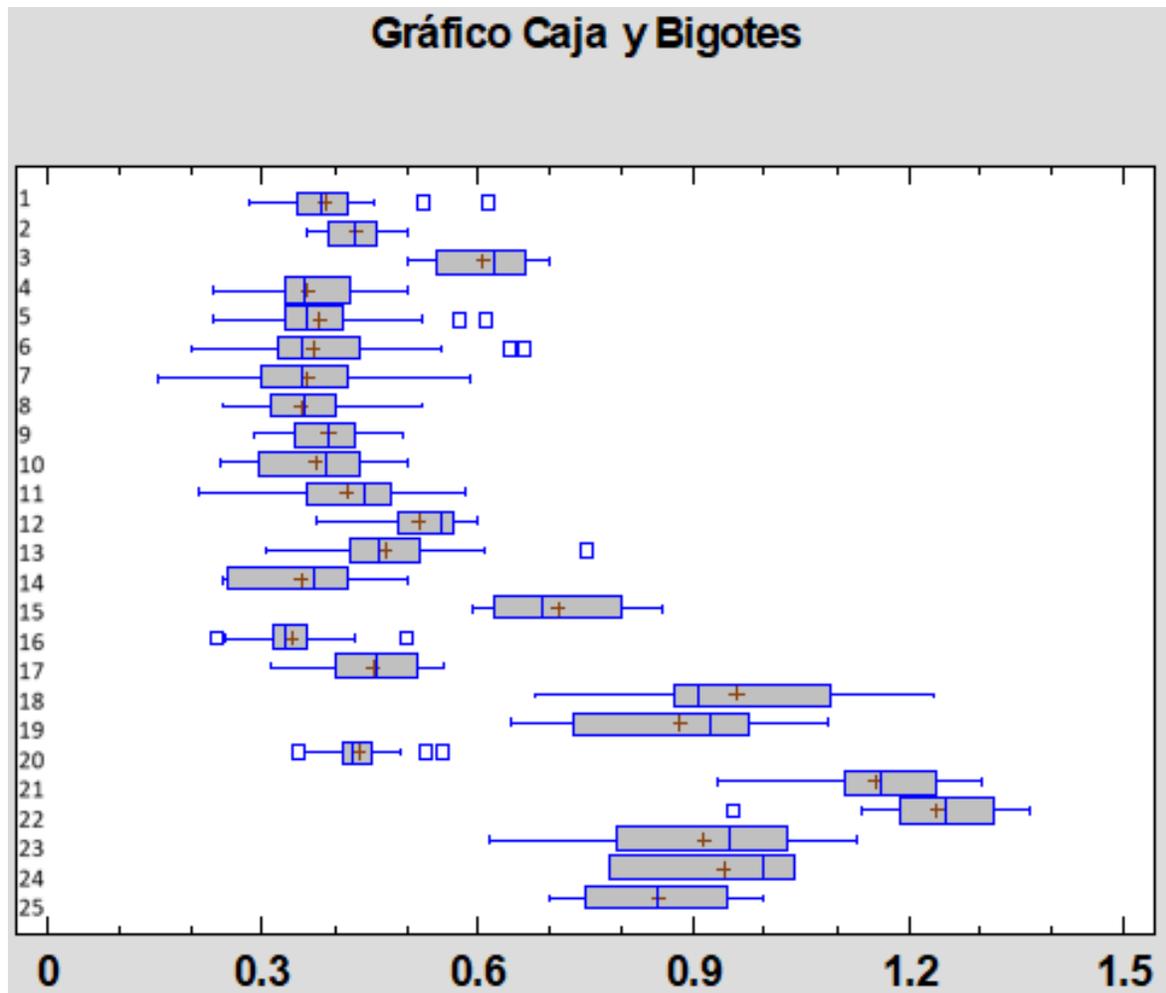
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95% a la proporción Isquio/propodio; Existen dos grupos el primero por las poblaciones del 1 al 17, 20 y el segundo del 18, 19 y del 21 al 25 Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y $F(\text{Fisher}) = 176.00$.



Gráfica 8. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Isquio/Propodio.

Gráfico Caja y Bigotes de los Isquios y Propodio observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino.



Gráfica 8.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencia estadística Isquio y Propodio a través de rangos múltiples

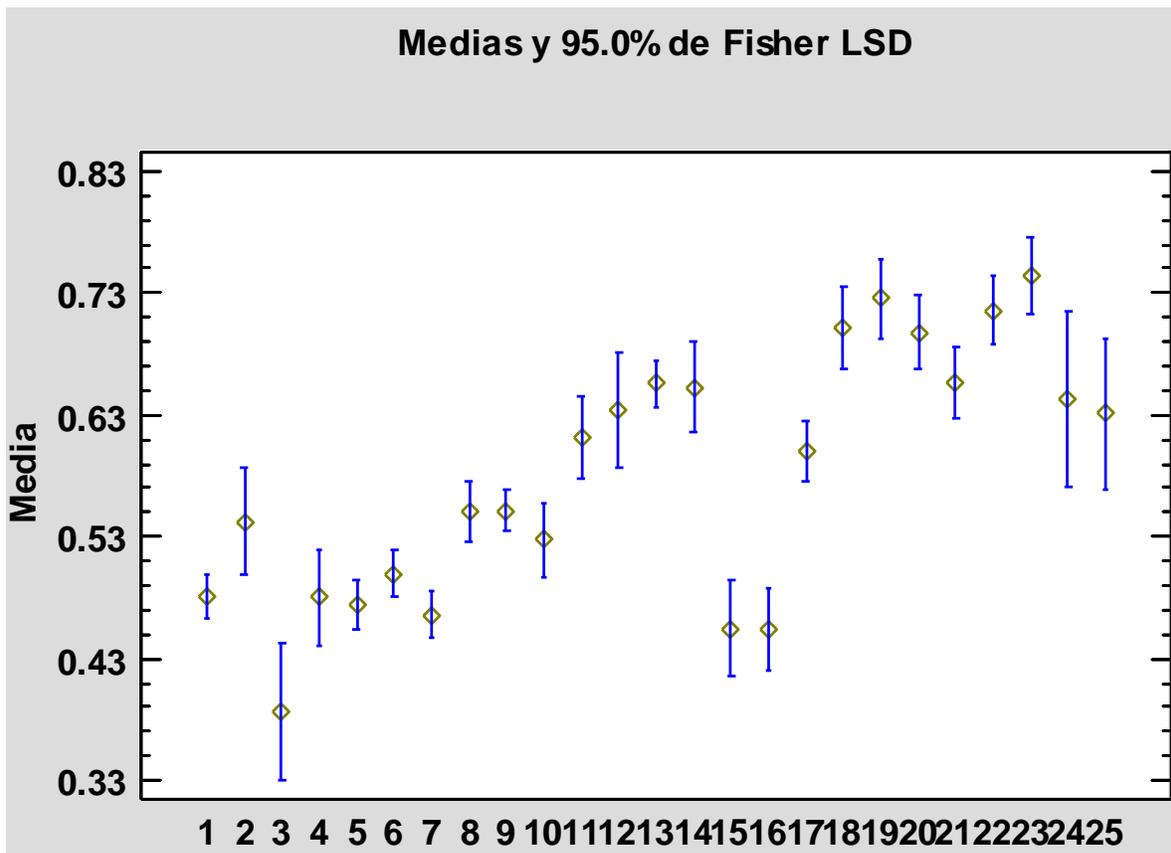
Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 8. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	3,12,13,15,17-19,21-25
2	7,8,15,16,18,19,21-25
3	4-11,13-25
4	12,13,15,17-25
5	12,13,15,17-25
6	12,13,15,17-25
7	11-13,15,17-25
8	11-13,15,17-26
9	12,13,15,17-19,21-25
10	12,13,15,17-25
11	12,13,15,16,21-25
12	14-16,18-25
13	14,-16,18,19,21-25
14	15,17-25
15	16-25
16	17-25
17	18,19,21-25
18	19-22,25
19	20-22
20	21-25
21	22-25
22	23-25

Prueba de Fisher de los Isquios y Carpus observados de las poblaciones.

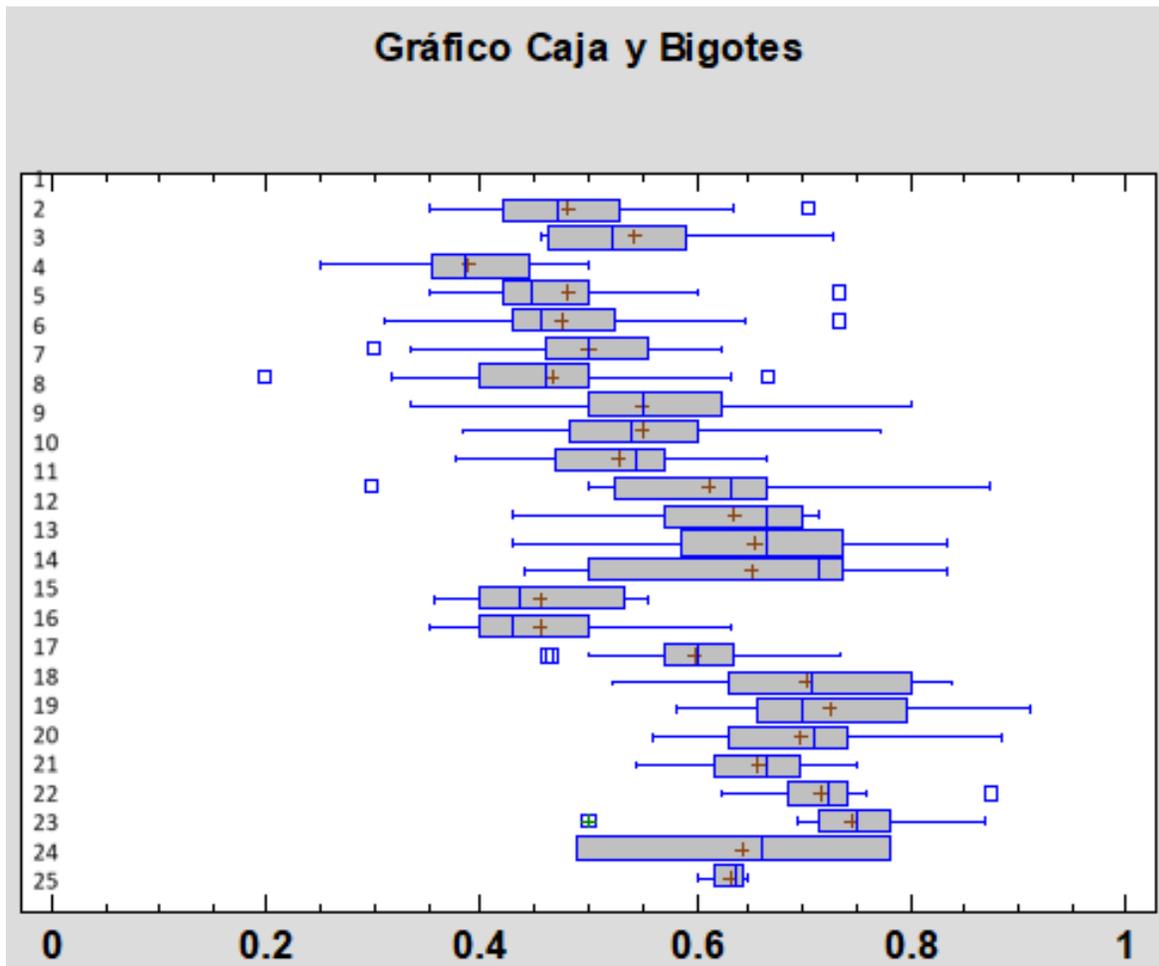
Se realizó el análisis morfométrico a las poblaciones por medio de la prueba de Fisher a través del método de ANOVA, existe una diferencia estadísticamente significativa en algunas de las medias de las 25 variables con un nivel de confianza del 95% a la proporción Isquio/Carpus; podemos observar 5 grupos homogéneos, el primero del sitio 1-14, 17 el segundo 15,16, el tercero del 18 al 25. Tomando en cuenta que el valor-P es 0.00 y $F(\text{Fisher}) = 22.61$.



Gráfica 9. Comparación morfométrica por medio de la prueba de Fisher de la proporción Isquio/Carpus.

Gráfico Caja y Bigotes Isquios y Carpus observados de las poblaciones

En esta gráfica podemos observar los promedios y desviaciones estándar, así como valores extremos en cada sitio que al compararlos aparentemente son homogéneos, pero que al aplicar la prueba de ANOVA y de Rangos Múltiples podemos identificar las diferencias a un nivel más fino



Gráfica 9.1. Gráfica de caja y bigotes.

Diferencia estadística Isquio y Carpus a través de rangos múltiples

Aplicando la fórmula de rangos múltiples podemos observar que estadísticamente existen diferencias significativas entre los 25 valores los cuales son:

Tabla 9. Diferencia estadística de los 25 sitios.

Sitio	Diferencia estadística
1	3,8,9,11-14,17-25
2	7,12-16,18-23
3	5,6,8-14,17-25
4	8,9,11-14,17-25
5	8-14,17-25
6	8,9,11-14,17-25
7	8-14,17-25
8	11-16,18-23
9	11—23
10	11—23
11	15,16,18-20,22,23
12	15,16,19,22,23
13	15-17,19,22,23
14	15,16,19,23
15	17-25
16	17-25
17	18-23
19	21
21	22,23
23	25

DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran que existen ciertos morfotipos para *M. vicconi* en principio relacionados con la ubicación de los ríos por país, lo cual implica dos situaciones en primera varias poblaciones de langostinos están localizadas en la vertiente del Golfo de México en la formación orogénica conocida como Alta Verapaz en donde los sitios alcanzan hasta 800 metros de altura con nacimientos que contienen estos organismos, lo que implica un cambio de hábitat importante pues la velocidad de la corriente es más significativa (Mejía-Ortíz et al., 2020).

La segunda situación obedece a sitios bajos, pero con aguas prístinas sin medios de contaminación como ocurre en algunos otros sitios de México. Estos sitios están asociados a la vertiente del Caribe Guatemalteco en donde las alturas no son importantes como lo es la cantidad de oxígeno disuelto. Sin embargo, en lo que respecta a México las poblaciones se distribuyen en subcuencas y de manera general todas ellas presentan hábitats con condiciones un tanto similares, por lo que la explicación otorgada a las cuencas guatemaltecas no puede ser utilizada en lo que respecta a las diferentes vertientes del río Lacantun tributario del río Usumacinta.

Lo que podría estar ocurriendo es una presencia de morfotipos derivado de las condiciones ontogénicas de crecimiento, reproducción y éxito ecológico en donde existen diferentes ejemplos como los que mencionaré a continuación y que han sido reportados para camarones del mismo género e incluso para cangrejos de agua dulce como la familia *Trichodactylidae*.

El crecimiento de los individuos dentro de una población es muy variable. Las causas van desde factores genéticos, sociales y ambientales, debido a que el tamaño de individuo afecta el rendimiento reproductivo y la supervivencia, la variación en el crecimiento juega un papel importante en la historia de vida de la especie como lo dice (Ramanan, 1991). Las diferentes condiciones y sitios influyen en la variabilidad de las condiciones abióticas entre entornos, así como en los patrones de variación a lo largo del día y las estaciones. (Williner et al. 2009). Esto se puede identificar en los grupos que se formaron de *M. vicconi* en las cuencas mexicanas, por tanto, aunque las variaciones altitudinales son muy pocas, en las condiciones abióticas fue reportado por Mejía-Ortiz et al. (2020) que existen al menos 8 sub-

habitats para esta especie y que en lo que respecta a la especie estudiada ella ocupa al menos 3 diferentes hábitats en Chiapas.

Un estudio de 3 morfotipos masculinos de *Macrobrachium rosenbergii* fue la comparación y comportamiento agonístico de ellos; el desarrollo de morfotipos está controlado por interacciones sociales y en particular por el comportamiento agonista masculino. Cualquier juvenil pasara primero por machos pequeños los cuales poseen pinzas delicadas, luego a machos con pinzas medianas no espinosas de color naranja y finalmente a machos que poseen pinzas largas de color azul y espinosas. Dicho estudio comprueba el trabajo de (Ra'anan y Cohen, 1985). Sin embargo, cuando se crían en un ambiente controlado, solo una parte de los machos serán machos con pinzas medianas y eventualmente se convertirán en machos grandes (Barki, 1991). En la especie de la presente tesis esto aún no ha sido estudiado, pero si se ha observado un comportamiento poco agresivo y por lo tanto debe tener pautas agonistas que con certeza responderá a ligeros cambios morfológicos los cuales podrían ser los detectados en estudio.

Pero la plasticidad no es exclusiva en los caracteres morfológicos ni mucho menos en camarones carídeos pues se ha registrado el consumo de oxígeno de tres especies de cangrejos *Trichodactylus kensleyi* (Trichodactylidae); *Aegla singularis* y *A. platensis* (Aeglidae). Las familias evaluadas comparten algunas características biológicas y ecológicas similares, como la dieta y los hábitats, pero las estrategias utilizadas en la regulación del intercambio de gases en diferentes momentos del día son diferentes. Es posible que los factores ambientales pueden estar influyendo en el consumo de oxígeno de cada morfotipo de manera diferente (Diawol, 2016).

Otros estudios de morfotipos son de *Macrobrachium grandimanus* en donde se identificaron tres morfotipos ontogenéticos dentro de *M. grandimanus*: hembras, machos pequeños simétricos y grandes machos asimétricos; los cuales existen diferencias morfométricas y entre machos pequeños y grandes, así como las diferencias entre los sexos (Wortham y Van Maurik, 2012).

Amplios estudios como son con los morfotipos masculinos de *M. rosenbergii* y *M. amazonicum* tienen machos dominantes y subordinados que se organizan en base a una jerarquía social. El más grande son machos dominantes tienen acceso a las hembras, lo que les otorga una ventaja reproductiva y su estatus social dentro de la población (Kuris et al.,

Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

1987). Basado en las diferentes tasas de crecimiento siendo similares a lo que ha sido encontrado en otras especies de *Macrobrachium*, se estima con este estudio que *M. grandimanus* tendrá morfotipos masculinos que son capaces de cambiar de morfotipo al experimentar un crecimiento rápido visto en *M. rosenbergii* (Kuris et al., 1987) y *M. amazonicum* (Moraes-Riodades y Valenti, 2004).

Los machos que son dominantes ganan acceder a hembras de alta calidad y por lo tanto tener una mayor ventaja reproductiva (Thiel et al., 2010) predijo que la presencia de un morfotipo macho, con quelípedos más grandes, sugerirían que estos machos guardan y defienden a las hembras como se han visto en *M. rosenbergii* (Kuris et al., 1987) y *M. amazonicum* (Moraes-Riodades y Valenti, 2004), *M. acanthurus*. (Ra'anan y Sagi, 1985).

Una contribución referente a las especies de *Macrobrachium* entre otras especies de decápodos son las de Tejeda-Mazariegos et al., (2018). Guatemala tiene tres cuencas principales y varias especies de decápodos con valor económico; la primera cuenca analizada fue la del Caribe donde fue posible encontrar las siguientes especies *Macrobrachium carcinus*, *Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium olfer sii*, *Macrobrachium hobbsi*, *Macrobrachium heterochirus* y una especie introducida *Macrobrachium rosenbergii*. en algunos casos su aceptación había alcanzado niveles elevados, por ejemplo, *Macrobrachium carcinus*. los Departamentos de Quiché, Alta Verapaz, Izabal y Petén, las poblaciones estudiadas muestran una disminución importante en las pesquerías, debido a la sobreexplotación, contaminación de ríos y embalses entre construcciones de presas en los ríos los cuales dificultan su desplazamiento.

La segunda cuenca estudiada es el Golfo de México, los ríos y embalses acuáticos drenan sobre el río Usumacinta y las principales especies son *Macrobrachium carcinus*, *Macrobrachium acanthurus*, y *Macrobrachium heterochirus*, pero en este caso, el aprovechamiento de estas especies es de nivel de autoconsumo en comparación de Guatemala.

En México se representan los langostinos de agua dulce del género *Macrobrachium* por dos grandes grupos: el primero involucra a las especies con una estrategia reproductiva “r” donde los estadios larvales son prolongados como son las especies; *Macrobrachium carcinus*, *Macrobrachium heterochirus*, *Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium olfersii*, *Macrobrachium hobbsi* y *Macrobrachium faustinum* en el vertiente atlántica y

Dzib Diaz M. A. 2023. “Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala”.

caribeña. En la vertiente pacífica las especies son *Macrobrachium americanum*, *Macrobrachium occidentale*, *Macrobrachium acanthochirus*, *Macrobrachium digueti*, *Macrobrachium michoacanus*, y el segundo tiene un desarrollo larvario abreviado que es evidencia de la estrategia "k", los cuales están las especies: *Macrobrachium totonacum*, *Macrobrachium tuxtlaense*, *Macrobrachium oaxacae*, *Macrobrachium cosolapaense*, *Macrobrachium oaxacae*, *Macrobrachium jacatepecense*, *Macrobrachium mazatecum* y *Macrobrachium vicconi*, y la cueva representa *Macrobrachium villalobosi*, *Macrobrachium acherontium* y *Macrobrachium sbordonii* (Mejia-Ortiz et al., 2016).

Un estudio basado en sistemas abióticos (Mejia-Ortiz et al., 2019) y según su rango de distribución, los langostinos de agua dulce con estado abreviado, el desarrollo larvario habita en áreas de 50 a 600 msnm; Sin embargo, hay algunos valores extremos en altitud de hasta los 9 msnm y hasta los 840 msnm. Todas las especies se localizan a lo largo de los sistemas montañosos de la vertiente atlántica en México, Guatemala, y Belice en contraste con aquellas especies de camarones anfídromos que necesitan migrar a lo largo de los ríos para alcanzar las aguas salobres para finalizar su desarrollo como son las especies de *Macrobrachium carcinus*, *M. heterochirus*, *M. olfersii*, *M. americanum*, y *M. acanthurus*.

También, distinguen ocho tipos de sub-hábitat donde los langostinos de agua dulce actúan con su desarrollo larvario abreviado, los cuales se puede generalizar seis características generales de los hábitats de estos organismos: 1) ríos tropicales, 2) rangos de altitud de 50 a 850 metros sobre el nivel del mar, 3) principalmente fallas tectónicas (manantiales, ríos y cuevas), 4) sitios ricos en oxígeno, 5) con ribera arbórea vegetación, y 6) en la vertiente atlántica con origen kárstico. Como resultado, pocos sitios se registraron donde estas especies coexistieron con otra especie de *Macrobrachium* (aquellas con especies de desarrollo larvario completo; específicamente *M. carcinus* y *M. olfersii*), el cual se apoya también con el trabajo de Mejia-Ortiz et al. (2016).

En general, la población local en México utiliza redes (atarrayas) o trampas (nazas) para captura de estas especies. Las especies más grandes capturadas son *Macrobrachium carcinus* el cual su precio ronda entre \$35 dólares, y *Macrobrachium americanum*, tiene un precio alrededor de \$40 dólares estas especies alcanzan una longitud corporal máxima de 30 cm y un peso máximo alrededor de 500 g, Otras especies de ambas vertientes son *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium acanthurus*, estos se venden como camarones y tienen un precio alrededor para M. tenellum es de \$20 dólares y para M acanthurus de \$ 20 dólares (Mejia-Ortiz et al. 2016).

CONCLUSIONES

En conclusión, respondiendo las preguntas de la presente tesis y de acuerdo con la interpretación realizada en base al análisis de componentes principales, es posible identificar dos grandes morfotipos (México y Guatemala), que si analizamos el morfotipo mexicanos es posible identificar a su vez dos submorfotipos que corresponden a las cuencas del río Lacanja y a la del río Perlas.

También fue posible identificar que las proporciones que definen a estos morfotipos están basadas en las estructuras de la pinza (tanto, la palma, el propodio y el dácilo) que para identificar los morfotipos para *M. vicconi* las proporciones son:

Palma/ Ancho de la palma

Propodio/Dactilo

Propodio/Carpus

Mientras que en las cinco proporciones restantes no se observan cambios significativos los cuales, podemos usar de base para la identificación de morfotipos.

En general las especies de *Macrobrachium* son langostinos que pueden ser de potencial uso para consumo en caso de las especies grandes, en el caso de *M. vicconi* también respecto a estudios realizados es de potencial uso de acuacultura ya que, en este caso no se produciría carne si no, para otros productos como podrían ser Harinas, incluso para venta en acuarios, ya que esta especie presenta: 1. Un comportamiento agonista social, 2. Es una especie con un éxito en su reproducción ya que presenta un estado larval abreviado y 3. Que no presenta una competencia con otros individuos (espacio, alimento y reproducción).

LITERATURA CITADA

- Barki, A. I. Karplus y M. Goren. (1991). *The agonistic behaviour of the three male morphotypes of the freshwater prawn macrobrachium rosenbergii (crustacea, palaemonidae)*. *Behaviour* · January 1991
- Diawol, V. P., M. V. Torres y P. A. Collins (2016): *Field evaluation of oxygen consumption by two freshwater decapod morphotypes (Trichodactylidae and Aeglidae); the effect of different times of the day, body weight and sex, Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, DOI: 10.1080/10236244.2016.1190521
- Ditter R, Mejía-Ortiz L Y Bracken-Grissom H (2020). *Anchialine adjustments: an updated phylogeny and classification for the family Barbouriidae Christoffersen, 1987 (Decapoda: Caridea)*. *Journal of Crustacean Biology* (2020) 1–11. doi:10.1093/jcbiol/ruaa037
- Gianoli, E. (2004). *Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas*. EUV Valparaíso (Chile), (pp. 13 – 25).
- Kampourakis, K. (2011). Teaching about adaptation: Why evolutionary history matters. *Science y Education – SCI EDUCATION*. 22.1-16. 10.1007/s 11191-001-9363-2.
- Kuris, A. M., Z. Ra'anan, A. Sagi, and D. Cohen. 1987. Morphotypic differentiation of male Malaysian giant prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Crustacean Biology* 7: 219-237
- Mejía-Ortiz L, Baldari F Y López-Mejía M, (2008). *Macrobrachium sbordonii (Decapoda: Palaemonidae), a new stygobitic species of freshwater prawn from Chiapas Mexico*. *Zootaxa* 1814: 49–57 (2008).
- Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

- Mejía-Ortíz L.M., y López-Mejía M, (2011). *Freshwater prawns of the genus macrobrachium (decapoda, palaemonidae) with abbreviated development from the papaloapan river basin, veracruz, mexico: distribution and new species*. Crustaceana 84. 949-973.
- Mejía-Ortíz LM, Hartnoll RG, López-Mejía M, (2010). *The abbreviated larval development of Macrobrachium totonacum*, Mejía, Álvarez y Hartnoll, 2003 (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. Crustaceana, 83(1):1-16
- Mejía-Ortiz LM, López-Mejía M, Chale Chim A, Perera-Pech Y, Crandall KA, Frausto Martínez O, (2016). *Freshwater prawns (Palaemonidae: Macrobrachium) with abbreviated larval development in rivers of Mexico: Uses, management and conservation opportunities*. In: Bucur D, editor. Basin River Management. Croatia: Intech; 2016
- Mejía-Ortíz, Cupul-Pool, López-Mejía, Baez-Meléndres, Tejeda-Mazariegos, Valladarez, K. A. Crandall, Pérez-Losada and Frausto-Martínez, (2019). *The Habitat Types of Freshwater Prawns (Palaemonidae: Macrobrachium) with Abbreviated Larval Development in Mesoamerica (México, Guatemala and Belice)*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.88136>
- Moraes-Riodades, P. M. C., and W. C. Valenti. 2004. *Morphotypes in male Amazon River prawns, Macrobrachium amazonicum*. Aquaculture 236: 297-307
- Thiel M, Solomon T. C, y Clement P. (2010). *Male morphotypes and mating behavior of the dancing shrimp rhynchocinetes brucei (decapoda: caridea)*. JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY, 30(4): 580-588, 2010
- Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

- Padilla Álvarez, F. y Cuesta López, A. E. (2003). Capítulo 10. *Crustáceos (mandíbulas acuáticas). Clasificación. Sinopsis Taxonómica de los crustáceos*. Zoología aplicada. España. Editorial Edigrafos, S. A. 141 p.
- Ra'anan, Z. y A. Sagi. 1985. *Alternative mating strategies in male morphotypes of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)*. Biological Bulletin 169: 592-601.
- Ra'anan Z A. Sagi, y. Wax, I. Karplus. G. Hulata y A. Kuris. (1991). *Growth, Size Rank, and Maturation of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*: Analysis of Marked Prawns in an Experimental Population*. Bio/. Bull 181: 379-386. (December, 1991).
- Román R., Ortega A. L., y Mejía L. M, (2000). *Macrobrachium vicconi*, new species, a freshwater shrimp from a rain forest in southeast Mexico, and comparison with congeners (Decapoda: Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology 20 186-194
- Scheinsohn, V. (2011). *Adeptos a la adaptación: tres propuestas clásicas para la arqueología y una evaluación*. Antipod. Rev. Antropol. Arqueol. No. 13, Bogotá, julio-diciembre 2011, 294 pp. ISSN 1900-5407, pp. 55-73.
- Tejeda-Mazariegos J. C & Mejía-Ortiz, L. M. (2000). *A new species of freshwater prawn of the genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae) from Guatemala*. Crustaceana 88 (5) 541-550.
- Tejeda-Mazariegos, J. C., Ortiz, L. M. M., Marilú López-Mejía, M., Crandall, K. A., Pérez-Losada, M., y Oscar Frausto-Martínez, O. (2018). *Freshwater Crustaceans Decapods: An Important Resource of Guatemala*. In (Ed.), Biological Resources of Water. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73638>
- Dzib Diaz M. A. 2023. "Plasticidad fenotípica en la morfología de *Macrobrachium vicconi* en el sureste de México y Guatemala".

- 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: 746-753.
- Williner V, Giri F, Collins PA. (2009). *Los crustáceos decápodos dulciacuícolas en Argentina (The freshwater decapod crustaceans in argentina).* Fabicib. 13:107–125.
- Wortham, J. L y Van Maurik, L.N. (2012). *Morphology and morphotypes of the Hawaiiin river shrimp, Macrobrachium grandimanus.* J. Crustacean Biol.32, 545-556.