



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ALOMETRÍA MULTIVARIADA DE *Anopsilana*
oaxaca (ISOPODA: CIROLANIDAE) EN DOS
SISTEMAS COSTEROS DEL PACIFICO SUR
MEXICANO**

TESIS

Para obtener el título de:

BIOLOGO

PRESENTA:

David Edén Sánchez Delgadillo

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO ROCHA RAMÍREZ



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

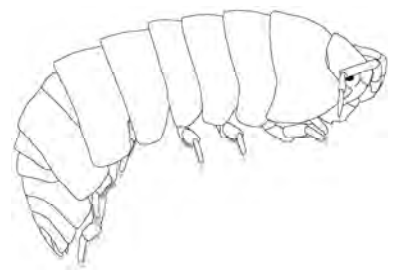


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



*"El verdadero viaje de descubrimiento no
consiste en buscar nuevos
Paisajes, sino en tener nuevos ojos. "*

Marcel Proust

Contenido

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS.....	8
HIPÓTESIS	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
HÁBITAT	11
MATERIAL Y MÉTODOS	12
RESULTADOS	14
DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIONES.....	19
LITERATURA CITADA	20

RESUMEN

Este estudio evaluó la alometría de *Cirolana* (Anopsilana) recolectada en dos lagunas costeras del Pacífico Tropical Mexicano, Laguna Coyuca con agua oligohalina y Laguna San José Manialtepec con agua mixo-oligohalina. El análisis morfométrico se basó en 13 medidas y se realizó con un enfoque multivariado mediante el análisis discriminante cuadrático y el análisis de componentes principales. La QDA mostró: primero, las dos poblaciones exhiben un fuerte dimorfismo sexual; Las partes de uropodos son los caracteres discriminantes más importantes (Wilks 'Lambda $F = 0.580$, $p < 0.0076$). Y segundo, los machos son morfológicamente diferentes; la cabeza y las ramas de los uropodos son diferentes en las dos poblaciones (Wilks 'Lambda $F = 0.162$, $p < 0.0001$). El PCA mostró que la alometría estática es diferente de la alometría ontogenética; los coeficientes alométricos son contrastantes en ambas poblaciones. Las diferencias morfológicas observadas entre las dos poblaciones son muy marcadas y probablemente no representen variaciones intraespecíficas; entonces la población de la laguna Coyuca podría representar la segunda especie de *Cirolana* (A.) del Pacífico mexicano.

INTRODUCCIÓN.

Los estudios alométricos han sido utilizados para evaluar la variación morfológica entre poblaciones, principalmente la relacionada con los factores fisiológicos o químicos; sin embargo, también pueden explicar las diferencias en las tallas durante la ontogenia, filogenia o adaptaciones evolutivas (Gould, 1966; Soler, 1991; García, 2006).

Existen tres niveles de estudio para abordar la Alometría, alometría estática, que compara las variaciones morfológicas en organismos de la misma o de diferente especie, pero en el mismo estado de desarrollo; Alometría ontogénica, busca diferencias entre organismos de diferentes estados de desarrollo, pero de la misma especie y la alometría evolutiva, en la cual la comparación se realiza entre diversos estratos filogenéticos, de esta manera observar los cambios morfológicos entre grupos con un ancestro en común (Gould, 1966).

Dicho lo anterior, los cambios morfológicos asociados con los tipos de alometría pueden ayudar a la diferenciación morfológica comúnmente observada entre individuos de diferentes edades, razas, sexos, poblaciones, especies y linajes evolutivos (de Paula et al., 2012). Por razones que no se comprenden del todo, los coeficientes alométricos difieren entre los tipos de alometría (Riska y Atchley, 1985), esta variación tiene componentes genéticos y ambientales (Atchley y Rutledge, 1980). En este sentido, los estudios sobre variación geográfica y diferenciación de razas, pueden evaluar el grado de similitud genética o fenética entre poblaciones espacialmente segregadas de una especie o también es posible relacionar la variación geográfica en fenotipo o genotipo con variables ambientales (Prevorcnik et al. ., 2004).

Estos estudios se realizan con análisis bivariados y multivariados, los últimos pretenden dar a conocer las diferencias entre las proporciones de un organismo con respecto a su crecimiento.

Entre los métodos más utilizados están el análisis discriminantes y análisis de componentes principales (Klingernberg y Froese, 1991).

Anopsilana oaxaca Carvacho y Haasman, 1984 es una especie eurihalina de la familia Cirolanidae; esta condición le permite distribuirse en un rango amplio de salinidad. En México se encuentra en Guerrero, Oaxaca, Jalisco y Michoacán. Botosaneanu e Iliffe (1997) discutieron las similitudes morfológicas de *Anopsilana* y *Cirolana* y sugirieron que *Anopsilana* es un subgénero de *Cirolana*. Reconocieron que esta es una solución artificial y se sigue aquí. *Cirolana* (A.) *oaxaca* (Carvacho y Haasmann, 1984), habita en la laguna San José Manialtepec (referido como Manialtepec en el texto), es extremadamente abundante entre los racimos de mejillones (*Mytella strigata* (Hanley, 1943)), en esponjas, y algas filamentosas verdes flotantes asociadas en las raíces de los manglares (*Rhizophora mangle* Linnaeus, 1753); en salinidades de alrededor de 15 ups (Carvacho y Haasmann, 1984). En Coyuca Lagoon (referido como Coyuca en el texto) Guerrero, solo se encuentra asociado a las raíces de jacintos de agua (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, 1883) en salinidades de 2.1 PSU (Rocha-Ramírez et al., 2002)

OBJETIVOS

GENERAL:

- Analizar las diferencias morfológicas entre las poblaciones de los dos sistemas lagunares costeros.

PARTICULARES:

- Estimar los coeficientes alométricos entre poblaciones.
- Diferenciar el crecimiento alométrico entre juveniles y adultos.

HIPÓTESIS

Las diferencias morfológicas entre hembras y machos serán significativas en ambas poblaciones así como la comparación entre poblaciones con machos, esto por consecuencia de la adaptación al ambiente; sin embargo, en las comparaciones inter e intraespecíficas las diferencias se notarán solo en adultos, ya que las variaciones morfológicas son notorias en etapas de desarrollo avanzado.

ÁREA DE ESTUDIO

Laguna Manialtepec se ubica en el municipio de Puerto Escondido, Oaxaca de Juárez, México ($15^{\circ}56'34.73''$ N y $97^{\circ}10'42.25''$ O) (Fig. 1). Tiene una extensión de 16.4 km^2 . Se comunica con el mar por medio de una boca que se abre en los meses de julio a septiembre teniendo así el intercambio de agua, otro aporte es el manantial de agua termal, esto hace que la laguna tenga la condición de oligohalina. Tiene una profundidad promedio de 5.4 m con un máximo de 7 m . En sus alrededores y área de influencia se observa vegetación como manglar, vegetación acuática, selva baja, palmar, entre otros; presenta un clima tropical subhúmedo (CONABIO, 2004).



Fig. 1 Mapa con la localización de Laguna Manialtepec, Oaxaca★ ($16^{\circ} 54' 57.47''$ N, $99^{\circ} 59' 34.28''$ O) y ✦ Laguna Coyuca, Guerrero. ($15^{\circ} 56' 18.29''$ N, $97^{\circ} 9' 54.08''$ O).

Laguna Coyuca es un cuerpo de agua somero de volumen variable, dependiendo de las épocas de secas. Posee un fondo predominantemente fangoso y características topográficas y superficies muy irregulares. Cuenta con una superficie de 34 km^2 . Desemboca al oeste por

un canal de aguas salinas y abundante en peces, el cual está separado del mar por la Barra de Coyuca (CONABIO, 2004). La vegetación periférica a la laguna es muy diversa, entre las que se encuentran tular carrizal, manglar, huizachal, palmar así como lirio acuático diseminado en el espejo lagunar. Capta grandes cantidades de materia orgánica, sales disueltas y sedimentos del Río Coyuca que contribuyen al azolvamiento paulatino. Presenta un clima tropical subhúmedo, con lluvias en verano y sequías en invierno, la época de lluvias ocurre entre mayo y octubre (Aguirre, 2001).

HÁBITAT

Los organismos se han adecuado a la vegetación periférica de las lagunas, en laguna Coyuca se encuentran en raíz de lirio acuático mientras que en laguna Manialtepec se alojan en el mejillón en la raíz de mangle *Rhizophora mangle* (Linnaeus, 1753).

MATERIAL Y MÉTODOS

El material biológico se recolectó en mayo 2015, la colecta se llevó a cabo en la periférica de laguna Coyuca y Manialtepec, la técnica que se empleo fue extraer ejemplares de lirio acuático desde la raíz y desprender el mejillón de la raíz de mangle con ayuda de una malla de 0.5 mm de abertura, evitando así, la perdida de muestra. Las raíces de lirio fueron lavadas y las valvas de mejillón se abrieron para concentrar las muestras, a continuación, se conservaron en alcohol al 70% para su posterior análisis. En el laboratorio, los especímenes fueron sexados y divididos en machos, hembras y juveniles para su análisis. Las hembras ovígeras se descartaron evitando sesgar los análisis por la deformación del cuerpo, se tomaron fotografías de los organismos con un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss Stemi 2000-C) y una cámara fotográfica (Canon Rebel T3), las fotografías fueron procesadas con el Software Digimizer v. 4.0 registrando 13 caracteres morfológicos (fig. 1). Se ejecutó un Análisis Discriminante Cuadrático (ADC) intraespecifico entre hembras y machos para las dos poblaciones, observando la existencia de dimorfismo sexual, con este resultado se procedió a la comparación entre poblaciones solo con machos. En todos los análisis se comparando organismos de la misma talla evitando así, la violación sobre la normalidad de los datos y que la talla sea el carácter que discrimine a las poblaciones, los análisis se realizaron con el software SAS JMP v. 11 (SAS, 2013), la significancia de la prueba fue medida con el valor (λ de Wilks $p < 0.05$).

Posteriormente se realizó un ACP en el programa PAST v. 2.17 (Hammer *et al.*, 2001), para obtener los coeficientes alométricos dividiendo la media del CP1 con la media de los demás componentes teniendo un intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$) calculado con el método de

Brootstrap. La significancia de la prueba estuvo de acuerdo al porcentaje de explicación del CP1 ($\geq 80\%$).

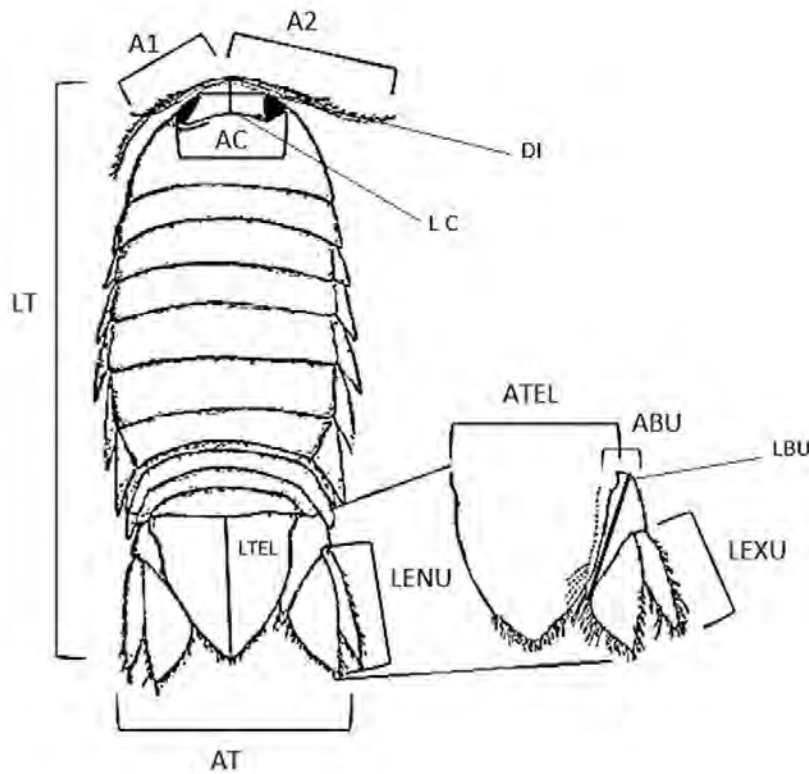


Fig. 2. Caracteres morfométricos tomadas en *A. oaxaca* y su nomenclatura, largo total (LT), ancho total (AT), anténula (A1), antena (A2), distancia intraocular (DI), ancho del cefalón (AC), largo del cefalón (LC), largo del telson (LTEL), ancho del telson (ATEL), ancho de la base del uropodo (ABU), largo de la base del uropodo (LBU), largo del exópodo del uropodo (LEXU) y largo del endópodo del uropodo (LENU).

RESULTADOS

En los análisis ADC en población de Coyuca se obtuvo un grupo de 18 organismos pareados, (Fig. 2a), este nos mostró una discriminación del 100 % entre hembras y machos observando que los caracteres que discriminantes se encuentran en el telson (LENU, LBU, LEXU) (λ de wilks $F=0.580$; $p < 0.007$). En el caso de la población Manialtepec, se obtuvo un grupo de 38 pares de organismos, el análisis discriminante mostro en esta población una clasificación del 91% (Fig. 2b), los caracteres discriminantes se encontraron en cefalón y telson (AC, ATEL, LEXU, LENU), (λ de wilks $F=584$; $p < 0.0076$).

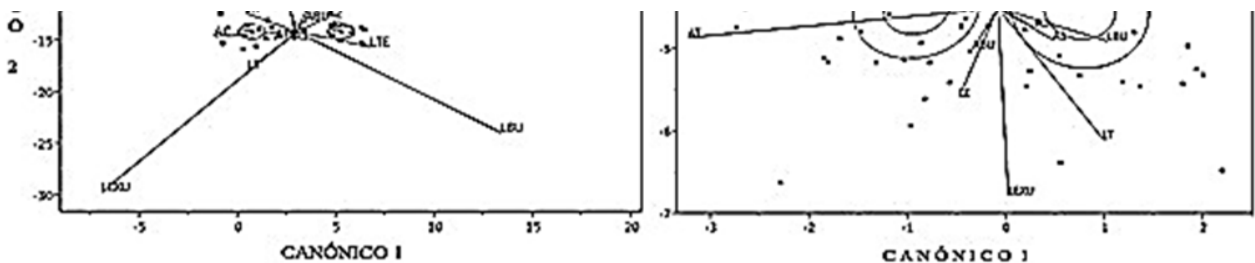


Fig. 3. Biplots ADC de hembras y machos para población Coyuca (λ de wilks $F=0.580$; $p < 0.007$) (a) y Manialtepec (λ de wilks $F=584$; $p < 0.0076$) (b), observando dimorfismo sexual dentro de las poblaciones con un porcentaje de discriminación $> 90\%$.

Con base en los datos obtenidos, se realizó un ADC entre las poblaciones contemplando solo machos, para este análisis obtuvimos un grupo de 48 organismos pareados arrojando una discriminación del 99%, en este caso, los caracteres discriminantes observados fueron DI, AC, AT, LEXU, LENU (Fig. 3), (λ de wilks $F=0.162$; $p < 0.0001$).

Fig. 4. Biplot ADC para machos de ambas poblaciones (λ de wilks $F=0.162$; $p < 0.0001$), mostrando diferencias morfológicas en el cefalón y telson con una discriminación de 99%.

Para los ACP, se utilizaron machos y juveniles, para aceptar estos análisis el CP1 explico >80% de la variación de nuestros datos (Fig. 4), en el caso de los juveniles de la población Coyuca presentaron un crecimiento con tendencia isométrica en casi todos los caracteres; sin embargo, el LC presento un crecimiento alométrico negativo con un coeficiente de 0.05. Los adultos de Coyuca mostraron alometría positiva muy marcada en el pleotelson (LTE, ABU, LBU, LEXU, LENU) con coeficientes > 1.1 .

La población de Manialtepec tanto el ADC como en ACP expusieron una dispersión de los datos mayor que la población Coyuca, esto indicando que existe mayor variación en esta

población, los juveniles tuvieron tendencia más clara tanto de alometría negativa como positiva, la alometría positiva fue observada en AT, DI, A2, ABU, LBU, LENU con un intervalo de coeficientes de >1 a 1.2 y alometría negativa en LT, LC, A1, ATE y LTE, con coeficientes de 0.9.

Fig. 5. Diagramas ACP para obtener coeficientes alométricos con su intervalo de confianza, mostrando comparación de alometría ontogénica (a y b) y alometría estática (c y d). Explicación del CP1 $> 80\%$.

En el caso de los adultos presentaron crecimiento alométrico positivo en el cefalón y pereion, así como alometría negativa en pleotelson, esto podría ser explicado por el hábitat con poca movilidad como lo es el mejillón, estableciendo que el desarrollo del telson representa un gasto energético.

La comparación estática de los coeficientes alométricos en juveniles mostró diferencias en estructuras como LC y ABU, por el contrario de los organismos adultos que presentaron crecimiento diferente, los machos de la población Coyuca presentaron alometría negativa en la zona de cefalón y pereion con valores de 0.9 a 0.5, y crecimiento positivo en la parte del pleotelson con valores de >1 a 1.5. Este comportamiento de crecimiento fue totalmente inverso en la población Manialtepec, teniendo alometría positiva en la zona de cefalón y pereion con valores de >1 a 1.4 y coeficientes negativos en la zona del pleotelson con valores de 0.7 a 0.3.

DISCUSIÓN

Los ADC interespecíficos mostraron diferenciación de hembras y machos en ambas poblaciones, estas presentes en telson y cefalón (Fig. 2) indicando dimorfismo sexual, por lo cual es sugerido trabajar con machos o realizar las comparaciones entre organismos del mismo sexo (Tzeng y Shean-Ya, 2002; Konan *et al.*, 2010).

En la comparación intraespecífica encontramos discriminación muy marcada en ambas poblaciones con un valor de significancia de ($p < 0.001$) (Fig. 3) indicando que las poblaciones son morfológicamente diferentes. Esto se sustenta con lo obtenido en la comparación de la alometría ontogénica de los ACP entre adultos, donde se observa que la población Coyuca presenta crecimiento alométrico positivo en la zona del telson y tendencia a la alometría negativa en el resto del cuerpo (Fig. 4d). Mientras que la población de Manialtepec tiende a invertir este patrón, exponiendo crecimiento alométrico positivo en cefalón pereion y pleon, así como alometría negativa en telson (Fig. 4d), estos cambios se atribuyen al tipo de hábitat donde se encuentran los organismos, la población Coyuca presenta crecimiento alométrico positivo en la zona del telson lo que podría deberse a que el lirio acuático es un hábitat bogante, al contrario de la población de Manialtepec que presentan hábitat sésil como lo son los mejillones que proveen de alimento y protección a los organismos (Lessios y Weinberg, 1994). Al realizar las comparaciones ontogénicas con los valores de ACP, encontramos que los patrones de crecimiento en juveniles no son tan marcadas y en ambas poblaciones tienden a ser isométricos; sin embargo, en organismos maduros el crecimiento es muy notorio. En la comparación estática, la población Coyuca muestra desde juveniles un patrón de crecimiento que se mantiene en adultos a comparación de la población Manialtepec que el crecimiento en juveniles es isométrico y en adultos alométrico tanto positivo como negativo.

CONCLUSIONES

Las poblaciones presentan dimorfismo sexual en el cefalón y telson, así como un crecimiento diferente de juveniles y adultos en ambas poblaciones, demostrando que estas son morfológicamente diferentes; sugiriendo que pertenezcan a especies crípticas. Por otra parte, es posible que la población de Coyuca represente una especie nueva para la ciencia.

LITERATURA CITADA:

- Brusca, R. C., Wetzer, R. y France S. C. 1995. Cirolanidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera) of the tropical eastern Pacific. *Proc. San Diego Soc. nat. Hist.* 30: 1-96.
- Carvacho, A. y Haasmann, Y. 1984. Isópodos litorales de Oaxaca, Pacífico mexicano. *Cah. Biol. mar.* 25: 15-32.
- Espinoza, P. M. y Hendrickx, M. 2001. Checklist of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the Eastern Tropical Pacific. *Belg. J. Zool.* 131 (1): 43-55.
- García, C. R. 2006. Análisis comparativo morfogeométrico de *Characidium caucanum* y *Characidium* sp. (Pisces: Characidiinae) en el alto río Cauca, Colombia. *Rev. Colomb. Entomol.* 21-24.
- Gould, S. J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biol. Rev.* 587-646.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1): 9.
- Klingenberg, C. P. y Rainer F. 1991. A Multivariate comparison of allometric growth patterns, *Syst. Zool.* 40(4): 410-419.
- Konan, K. M., Adépo-Gourène, A. B., Ouattara, A., Nyingy, W. D. y Gourène, G. 2010. Morphometric variation among male populations of freshwater shrimp *Macrobrachium vollenhovenii* Herklots, from Côte d'Ivoire Rivers. *Fish. Res.* 103(1): 1-8.
- Lessios, H. A. y Weinberg, J. R. 1994. Divergencia morfológica y genética así como morfotipos de isopodos *Excirrolana* en dos sitios de Panamá, *Evolution*, 530-548, 48, 3
- Rodríguez, A. C., Álvarez, S. H. y Ibáñez, A. L. Comparative morphometrics and relative growth of *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) males and females, 2014, *Crustaceana*. 674-685, 87, 6.
- Soler, L. C. 1991. Sobre la existencia de alometrías y su implicación taxonómica en el caso de algunos Paleohípidos del Eoceno. *Rev. Esp. Paleo.* 43-46.
- SAS Institute Inc. 2013. Using JMP 11. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tzeng, D. T, Shean-Ya, Y. 2002, Multivariate allometric comparisons for Kuruma shrimp *Penaeus japonicus* off Taiwan, *Fish. Res.* 279-288, 59.