



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**“Comparación de la variación morfológica de tres poblaciones de  
*Cirolana oaxaca* (Carvacho y Haasmann, 1984) (Isopoda,  
Cirolanidae) del Pacífico Oriental Tropical.”**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**FRANCISCO ALI FUENTES MENDOZA**

**TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:**

Dr. Arturo Rocha Ramírez

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

**COMITÉ TUTOR:**

Dr. Michel E. Hendrickx Reners

Unidad Académica Mazatlan, ICML, UNAM

Dr. Elías Piedra Ibarra

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

Dr. Alejandro Botello Camacho

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Ernesto Campos González

Universidad Autónoma de Baja California

**CD. MX., SEPTIEMBRE, 2021**



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.



**“Comparación de la variación morfológica de tres poblaciones de *Cirolana oaxaca* (Carvacho y Haasmann, 1984) (Isopoda, Cirolanidae) del Pacífico Oriental Tropical.”**

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:  
**FRANCISCO ALI FUENTES MENDOZA**

**TUTOR(A) O TUTORES PRINCIPALES:**

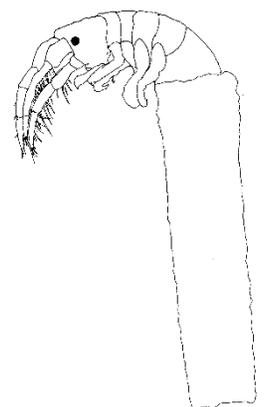
Dr. Arturo Rocha Ramírez  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

**COMITÉ TUTOR:**

Dr. Michel E. Hendrickx Reners  
Unidad Académica Mazatlan, ICML, UNAM  
Dr. Elías Piedra Ibarra  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

Dr. Alejandro Botello Camacho  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Dr. Ernesto Campos González  
Universidad Autónoma de Baja California

**MÉXICO, CD. MX., SEPTIEMBRE, 2021**



## **AGRADECIMIENTOS**

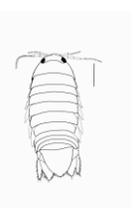
Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y CONACYT por todos los recursos e infraestructura brindada para poder realizar este proyecto. A mis sinodales, los doctores Michel E. Hendrickx, Ernesto Campos, Elías Piedra y Alejandro Botello por su gran apoyo y paciencia al realizar y finalizar este trabajo.

A mi tutor principal, el Dr. Arturo Rocha Ramírez, por toda la paciencia y formación que me ha dado no solo en este proyecto, sino en cada aspecto de mi vida desde que me uní a su laboratorio.

A Nayeli Z., quien ha sido mi compañera a lo largo de esta aventura y me ha brindado el apoyo para lograr culminar esta etapa. De igual manera a Jorge Z. y Martha G., que en este tiempo han sido un gran apoyo.

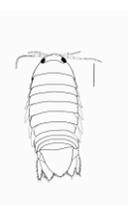
A mis amigos, principalmente a C.A.S.B y G.C.L. que, a pesar del tiempo, siempre se han mantenido ahí apoyándome.

A mi padre, Ramón, mi otra mamá, Victoria y mi hermana, Sarahi, por su apoyo desde mis primeros pasos para llegar hasta donde estoy. Finalmente, y más importante, aunque ya no lo podrá leer, a mi madre, Lourdes, que fue mi principal motor desde siempre y que sin ella no hubiera sido posible concluir este paso, cada uno de mis logros son por y para ti.



## ÍNDICE GENERAL

<b>1) Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>2) Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>3) Antecedentes.....</b>	<b>7</b>
<b>4) Justificación .....</b>	<b>8</b>
<b>5) Preguntas de investigación.....</b>	<b>9</b>
<b>6) Hipótesis.....</b>	<b>9</b>
<b>7) Objetivos.....</b>	<b>10</b>
<b>8) Materiales y métodos.....</b>	<b>11</b>
▪ Área de estudio.....	11
▪ Trabajo de campo.....	14
▪ Análisis morfométricos.....	15
▪ Comparación de estructuras.....	19
<b>9) Resultados.....</b>	<b>21</b>
▪ Análisis morfométricos.....	21
▪ Alometría.....	23
▪ Análisis discriminante.....	25
▪ Comparación de estructuras.....	28



<b>10) Discusión.....</b>	<b>34</b>
▪ Alometría y análisis morfométricos.....	<b>34</b>
▪ Comparación de estructuras.....	<b>38</b>
▪ Sobre la diferenciación de las localidades.....	<b>39</b>
<b>11) Conclusiones.....</b>	<b>41</b>
<b>12) Literatura citada.....</b>	<b>42</b>
<b>13) Anexos.....</b>	<b>49</b>
▪ Anexo 1.....	<b>49</b>
▪ Anexo 2.....	<b>54</b>
▪ Anexo 3.....	<b>58</b>

**ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS**

**1) Figura 1.....13**

**2) Figura 2.....16**

**3) Tabla 1.....22**

**4) Tabla 2.....22**

**5) Tabla 3.....23**

**6) Tabla 4.....24**

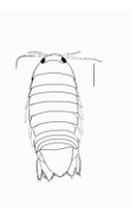
**7) Tabla 5.....24**

**8) Tabla 6.....25**

**9) Tabla 7.....25**

**10) Tabla 8.....26**

**11) Tabla 9.....26**



<b>12) Figura 3.....</b>	<b>27</b>
<b>13) Figura 4.....</b>	<b>29</b>
<b>14) Figura 5.....</b>	<b>30</b>
<b>15) Figura 6.....</b>	<b>31</b>
<b>16) Figura 7.....</b>	<b>32</b>
<b>17) Figura 8.....</b>	<b>33</b>
<b>18) Tabla 10.....</b>	<b>49</b>
<b>19) Tabla 11.....</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

*Cirolana oaxaca* (Carvacho y Haasmann, 1984) es un isópodo cirolánido que ha sido reportado únicamente en las lagunas costeras de Coyuca (Gro, México) y Manialtepec (Oax. México), en la boca del río Chamela. (Jal. México) y en la laguna interna de la Isla Clipperton (Francia). Esta distribución discontinua a lo largo del Pacífico Oriental Tropical implica un aislamiento geográfico que puede tener como consecuencia diferenciación morfológica y morfométrica de las poblaciones. Para determinar si existen diferencias morfométricas entre las poblaciones de esta especie se realizó un análisis discriminante lineal con 12 medidas morfométricas normalizadas con el criterio de Thorpe (1975) de 361 organismos de las localidades Coyuca (n= 160), Manialtepec (n= 191) y Clipperton (n= 10). Además, para conocer si existen diferencias morfológicas se realizó una revisión cualitativa detallada de 17 caracteres para compararlos entre poblaciones y con las descripciones publicadas de la especie. El análisis discriminante demostró que las tres poblaciones son morfométricamente diferentes, fundamentalmente en la parte posterior del cuerpo (telson y urópodos). El análisis morfológico mostró variabilidad intra poblacional mayor a la señalada en las descripciones, además, se observó que algunos de los caracteres diagnósticos propuestos en la clave de Brusca *et al.* (1995) no son constantes y por ende de poca utilidad. Ningún carácter permitió distinguir objetivamente a las tres poblaciones. Finalmente se propone que *C. oaxaca* es un complejo de especies, además se incluye una diagnosis revisada y extendida.



## ABSTRACT

*Cirolana oaxaca* is a cirolanid isopod that have been reported only in the Coyuca (Gro, Mexico) and Manialtepec (Oax. Mexico) lagoons, in the Chamela's river's mouth (Jal. Mexico) and in the inner lagoon from the Clipperton island (France). This discontinuous distribution along the Western Tropical Pacific implies a geographic isolation that can give a morphometric and morphological differentiation of the populations. To define if there were morphometric differences between the populations of this specie, a Lineal Discriminant Analysis was carried from 12 morphometric measurements normalized with Thorpe (1975) normalization of 361 organisms from the next localities: Coyuca (n= 160), Manialtepec (n= 191) and Clipperton (n= 10). In addition, to know if morphological differences exist a detailed revision of 17 characters was carried to proceed to a comparison between populations and with the specie descriptions. The Discriminant analysis shows that the 3 populations are morphometrically different, fundamentally in the posterior region of the organisms (telson and uropods). On the other hand, morphological analysis shows intrapopulation variability greater than that described above, also it was observed that some diacritic characters proposed by Brusca et al. (1995) were no constant; however, no characters were found that clearly distinguishes between populations. Finally, is proposed that *C. oaxaca* should be considered as a species complex; a revised an extended diagnosis is also included.



## INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras y estuarios son ecosistemas que constituyen un ambiente de transición entre el continente y el océano, que han sido colonizados por gran variedad de especies marinas y de agua dulce. Se caracterizan por estar bien delimitados unos de otros por barreras geográficas y por límites eco-fisiológicos (debido a su alta inestabilidad fisicoquímica), lo cual permite a los taxa que los habitan estar sujetos a posibles procesos de especiación alopátrica. Sin embargo, debido a que la mayoría de estos ambientes son geológicamente recientes (Holoceno, hace unos 10,000 años), estos procesos de especiación pueden no estar completos, dando como resultado complejos de especies crípticas y hermanas (Cognetti y Maltagliati, 2000; Bilton *et al.*, 2002). En este sentido, estos términos han sido utilizados para referirse a conjuntos de sub-poblaciones de diferentes especies que son difíciles de distinguir usando caracteres morfológicos (Knowlton, 1986). En la actualidad el término “especie críptica” es referido a dos o más especies que están erróneamente clasificadas bajo la misma especie, mientras que “especie hermana” es usado para especies hermanas crípticas; es decir, especies que derivan de un ancestro común y que no es posible diferenciarlas mediante técnicas taxonómicas tradicionales (Bickford *et al.*, 2006).

En este aspecto, en los isópodos se ha observado que factores como barreras eco fisiológicas y la carencia de un estadio larvario de vida libre dan como consecuencia una capacidad de dispersión limitada, que se correlaciona negativamente con el flujo genético y positivamente con la estructura genética; es decir, suelen presentar



diferenciación poblacional alta (Baratti *et al.*, 2011) favoreciendo la presencia de especies cripticas y/o hermanas en intervalos de área relativamente cortos.

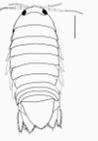
La familia Cirolanidae está constituida por 76 géneros distribuidos mundialmente (Boyko *et al.*, 2008) con una riqueza específica alta en las regiones tropicales (Poore y Bruce, 2012; Sidabalok y Bruce, 2016). De estos géneros, *Cirolana* es el más numeroso con 251 especies descritas (Boyko *et al.*, 2008); la mayoría habitan sistemas marinos y en menor proporción ambientes de agua dulce y salobre, aunque también las hay exclusivas de sistemas anquialinos (Rodcharoen *et al.*, 2016). Este género representa uno de los ejemplos más claros de cripticismo en isópodos ya que presenta gran cercanía taxonómica con los géneros *Neocirolana* y el controversial *Anopsilana* (Bruce, 1986). Brusca *et al.* (1995) separaron *Anopsilana* de *Cirolana* basándose en que el primer género carece de setas en los márgenes laterales y distales de los endópodos de los pleópodos III-V. Posteriormente, Botosaneanu y Ilife (1997) consideraron que debido a que estos caracteres son compartidos entre varios géneros de la familia (p.e. *Haptolana* y *Yucatalana*, entre otros), *Anopsilana* fuera relegada a subgénero de *Cirolana*. Sin embargo, recientemente Boyko *et al.* (2008) modificaron su estatus taxonómico eliminándolo como subgénero.

Por estos motivos, los cirolánidos son candidatos a estudios de alometría; que puede definirse como el análisis de la variación de ciertos caracteres morfológicos relacionados con el cambio del tamaño del cuerpo (De Paula Paciencia *et al.*, 2012). En este aspecto, podemos distinguir tres tipos conceptuales de alometría relacionados a la variación individual (estática), al crecimiento corporal (ontogénica)



y a la filogenética (evolutiva). La alometría estática se refiere a la variación o covariación de caracteres de individuos de la misma especie que se encuentran dentro de un estadio ontogénico particular, o bien de aquellos que ya completaron su crecimiento. La alometría ontogénica concierne a la variación en el tamaño relativo de caracteres con respecto a la talla del cuerpo durante el crecimiento de los organismos o a través de sus estadios ontogénicos. La alometría evolutiva se enfoca en la covariación de caracteres entre organismos (dentro de un mismo estadio) de varios linajes evolutivos que comparten un ancestro común (Gould, 1966; Klingenberg y Zimmermann, 1992). Estos tipos de alometría están estrechamente relacionados, debido a que un cambio morfológico a nivel evolutivo depende en gran medida de las variaciones estáticas morfológicas heredables, que a su vez son producidas por una variación ontogénica (Klingenberg y Zimmermann, 1992; Klingenberg, 1998). Es por esto, que los estudios alométricos son de gran importancia, ya que proporcionan la información necesaria para entender la variación de los caracteres morfológicos en individuos de diferentes edades, sexos, poblaciones, especies e incluso linajes evolutivos (De Paula Paciencia *et al.*, 2012).

*El isópodo Cirolana oaxaca* (Carvacho y Haasmann, 1984) es una especie euriótica que habita tanto en agua dulce como en lagunas costeras del Pacífico mexicano. En agua dulce se encuentra en la “laguna interna” de la Isla Clipperton (Brusca *et al.*, 1995); mientras que, en ambientes costeros se ha reportado en el río Chamela, Jalisco (Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2001; sin información del hábitat), en la laguna Manialtepec, Oaxaca, en salinidades de 15 UPS en racimos de mejillón *Mytella strigata* (Hanley, 1843) en las raíces de mangle (*Rhizophora mangle*,



Linnaeus, 1753), entre esponjas y asociado a algas filamentosas verdes flotantes (Carvacho y Haasmann, 1984) y en la laguna Coyuca, Guerrero, en salinidades de 0.11 a 2.1 UPS, habitando únicamente en las raíces del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub, 1883 (Rocha *et al.*, 2002). En este aspecto, otras especies euritópicas (principalmente respecto a salinidad y tipo de hábitat) como *Cirolana sinu* (Kensley y Schotte, 1994) (anteriormente *C. Anopsilana sinu*) han sido descritas con una alta variabilidad morfológica intraespecífica (Kensley y Schotte, 1994); sin embargo, a la fecha no existen estudios que comparen morfométricamente a las sub-poblaciones de *C. oaxaca* en distintos hábitats.



## ANTECEDENTES

Los estudios en los que se comparan poblaciones de crustáceos morfológica o morfométricamente son variados, ya sea en diferentes profundidades (Creasey *et al.*, 2000), gradientes latitudinales (Gouws *et al.*, 2004; Chan *et al.*, 2007; Reuschel y Schubart, 2006; Henzler e Ingólfsson, 2008; Prevorc̃nik *et al.*, 2009), e incluso entre continentes (especies anfiamericanas: Weinberg y Starczak, 1988, 1989; Lessios y Weinberg, 1994; Lessios *et al.*, 1994 ; y anfiatlánticas: Cuesta y Shubart, 1998).

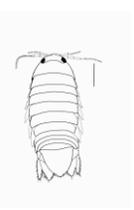
Para el caso de los isópodos cirolánidos, *Excirolana braziliensis* Richardson, 1912 es una de las especies más estudiadas. Debido a su baja capacidad de dispersión y sus restricciones eco-fisiológicas, las poblaciones de esta especie presentan diferencias morfométricas y morfológicas en localidades con menos de 2 km de separación; por lo que se considera como un complejo de especies (Weinberg y Starczak, 1988; 1989; Lessios y Weinberg, 1994; Hurtado *et al.*, 2017).

*Cirolana oaxaca* es una especie poco estudiada, pues desde su descripción (Carvacho y Haasmann, 1984) y redesccripción (Brusca *et al.*, 1995), solamente se ha publicado un registro de la especie en la boca del Río Chamela (Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2001) y un estudio sobre su dinámica poblacional (Rocha *et al.*, 2002).



## JUSTIFICACIÓN

El aislamiento geográfico es un fenómeno que favorece la diferenciación morfológica y morfométrica de poblaciones e incluso procesos de especiación alopátrica. En este aspecto, la distribución discontinua de *C. oaxaca* permite estudiar si bajo estas condiciones, sus poblaciones presentan variabilidad morfológica y morfométrica interpoblacional asociada a las diferentes historias de vida consecuencia de los diferentes hábitats donde se encuentra.

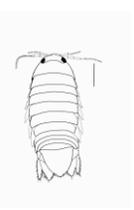


## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Existe variabilidad geográfica morfológica o morfométrica entre las tres poblaciones de *C. oaxaca*?
- ¿Cuáles son las estructuras morfológicas que diferencian a las poblaciones de *C. oaxaca*?
- ¿Son significativas las diferencias entre los coeficientes alométricos de las tres poblaciones?

## HIPÓTESIS

Debido al presumible aislamiento geográfico y a la diferencia en los hábitats donde se encuentra *C. oaxaca*, las tres poblaciones presentarían diferencias morfológicas y morfométricas.



## OBJETIVOS

### GENERAL

Analizar morfológica y morfométricamente tres poblaciones de *C. oaxaca* del Pacífico sur mexicano.

### ESPECÍFICOS

- Determinar los coeficientes alométricos de algunas estructuras para cada población de *C. oaxaca*.
- Identificar las estructuras más importantes en la diferenciación morfológica de las tres sub-poblaciones de *C. oaxaca*.



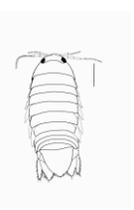
## MATERIALES Y MÉTODOS

- ÁREA DE ESTUDIO

La laguna Coyuca, Guerrero, México ( $16^{\circ}54'-16^{\circ}58'N$ ,  $99^{\circ}58'-100^{\circ}08'W$ ) es un sistema de boca efímera, que abre al mar frente a la boca del río Coyuca en el periodo de agosto a diciembre. En general la influencia marina es mínima, lo que resulta en una baja salinidad que oscila de 0.11 a 2.1 UPS (Rocha *et al.*, 2002). El lirio acuático está presente durante todo el año en la laguna (Contreras, 1993).

La laguna Manialtepec, Oaxaca, México ( $15^{\circ}56'-15^{\circ}57'N$ ,  $97^{\circ}10'-97^{\circ}-13'W$ ) se encuentra 15 km al oeste de Puerto Escondido, cuenta con una superficie de 1640 ha, profundidad promedio de 5.4 m y valores de salinidad alrededor de 15 partes por mil; es considerada de boca efímera y se comunica al mar durante la época de lluvias entre junio y octubre. La vegetación característica de la zona está constituida por: bosque tropical caducifolio, palmar, bosque espinoso y matorral xerófilo; en las orillas de la laguna se encuentra abundantemente a *R. mangle* acompañado de vegetación acuática y subacuática; además, en los alrededores se puede encontrar vegetación de dunas y tierras de cultivo (Carvacho y Haasmann, 1984; Contreras y García-Nagaya, 1991).

La Isla Clipperton, Francia ( $10^{\circ}18'41''N$ ,  $109^{\circ}12'34''W$ ) es un atolón remoto del Pacífico Oriental ubicado a aproximadamente 1200 km del puerto de Acapulco, Guerrero, México. Su longitud máxima es de 4 km y su diámetro es de 12 km con un ancho de tierra emergida de aproximadamente 400 m. Este atolón cuenta con



una forma de anillo alargado y cuenta con una laguna interna de agua que va de dulce a salobre (Sachet, 1962).

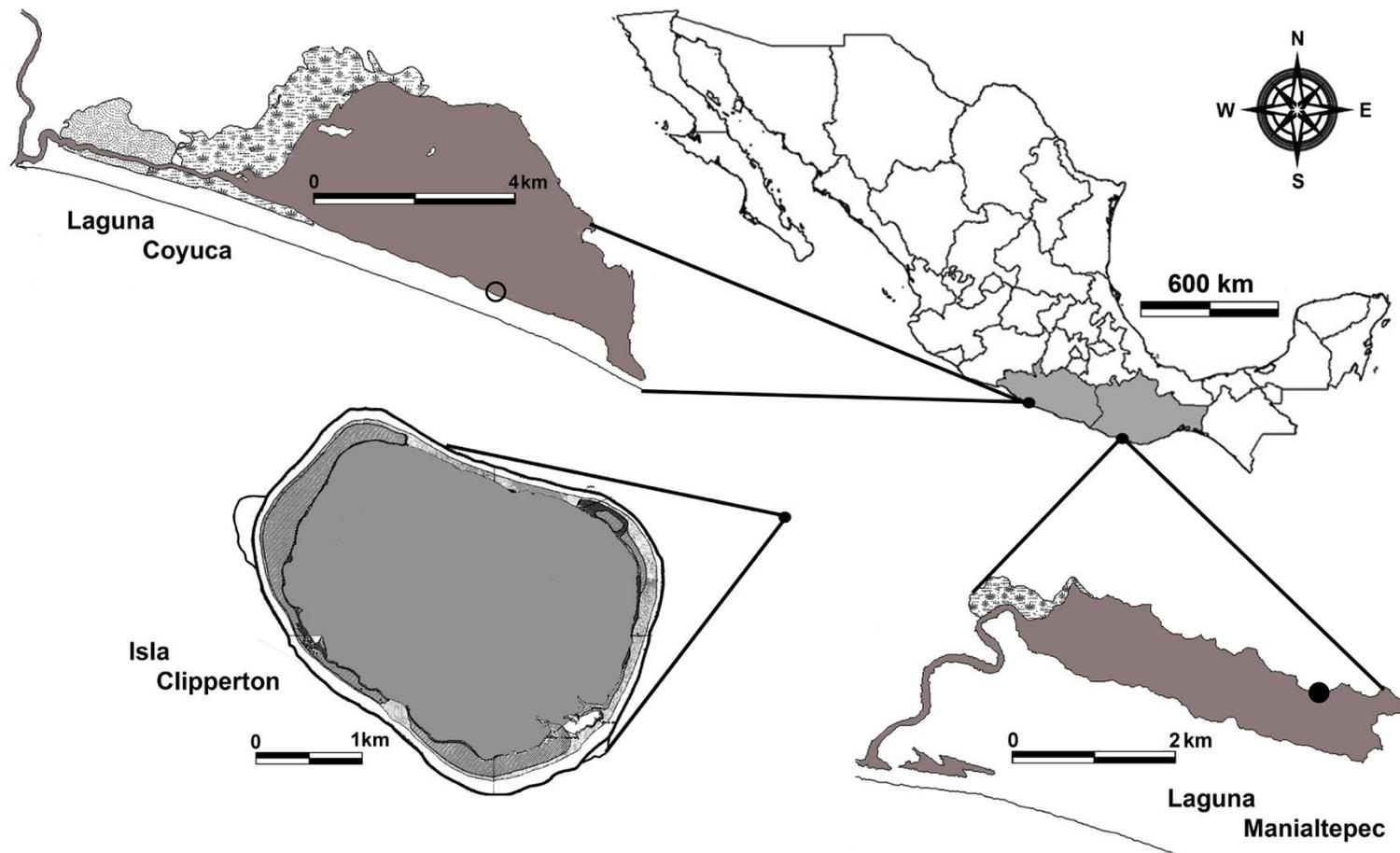


Figura 1. Mapa con la ubicación de los sitios de recolecta: ○ en la laguna Coyuca ( $16^{\circ}54'57.47''$  N,  $99^{\circ}59'34.28''$  O) y ● en la laguna Manialtepec ( $15^{\circ}56'18.29''$  N,  $97^{\circ}9'54.08''$  O). Sin datos del sitio de recolecta en la Isla Clipperton.

- TRABAJO DE CAMPO

*Cirolana oaxaca* fue recolectada en la laguna Coyuca (mayo y diciembre de 2015) y en la laguna Manialtepec (junio y noviembre de 2015), únicamente en un sitio de cada localidad (Fig. 1). En la primera laguna la recolecta se realizó colocando un recipiente debajo del lirio acuático para así poder sacarlo del agua, evitando la pérdida de organismos; una vez fuera del agua se colocó dentro de una red cónica de 0.5 mm de abertura de malla y se sacudió la raíz en el agua hasta obtener la mayor cantidad de organismos; posteriormente los lirios fueron devueltos al agua. En la laguna Manialtepec los organismos fueron obtenidos de los racimos de mejillón en las raíces más superficiales del mangle. Para esto se seleccionaron los racimos que tuvieran mayoritariamente organismos muertos y se introdujeron en la red cónica. Las valvas fueron removidas cuidadosamente con ayuda de una navaja y los isópodos se extrajeron sacudiendo vigorosamente la red. Los organismos fueron fijados en alcohol al 70%. En ambos sitios se registró la salinidad y temperatura del agua con un refractómetro de lectura directa con compensación de temperatura (UPS, Vista A366ATC) y un termómetro digital (°C, OAKTON) respectivamente.

Además, se examinó el holotipo (IBUNAM: CNCR: CR3468) y alotipo (IBUNAM: CNCR: CR3469) depositados en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR); sin embargo, debido a su importancia no fue posible realizar disecciones por lo que únicamente se procedió a obtener las medidas morfométricas. Por otro lado, también fueron revisados 20 organismos (10 machos y 10 hembras) procedentes



de la Isla Clipperton y depositados en la Colección Regional de Invertebrados Bentónicos, ICML, EMU, ICML, UNAM, Mazatlán, México.

- ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

Los organismos fueron identificados con la clave de Brusca *et al.* (1995), para después ser separados y sexados. Para evitar sesgos debidos a posible dimorfismo sexual en los análisis, únicamente se utilizaron los datos de los machos, Posteriormente se obtuvieron fotografías digitales individuales con un microscopio estereoscópico y una cámara réflex (Cannon EOS rebel T5) de un total de 361 organismos de las tres localidades (Coyuca= 160, Manialtepec= 191 y Clipperton= 10). A partir de las imágenes digitales y con ayuda del software Digimizer 4.3.5, se midieron los siguientes caracteres morfométricos de acuerdo al criterio de Weinberg y Starczak (1988) (Fig. 2), tomando en cuenta únicamente los apéndices del lado derecho del organismo: longitud total (LT), ancho total (AT), longitud interocular (LI), longitud cefálica (LC), ancho del cefalón (AC), Anténula (A1D), Antena (A2D), longitud del telson (LTEL), ancho de la base del telson (ABT), longitud del urópodo (LU), ancho de la base del urópodo (ABU), longitud del endopodito del urópodo (LENU) y longitud del exopodito del urópodo (LEXU). Con la información obtenida se crearon las bases de datos por localidad. Para los organismos de la CNCR este fue el único tratamiento de datos.

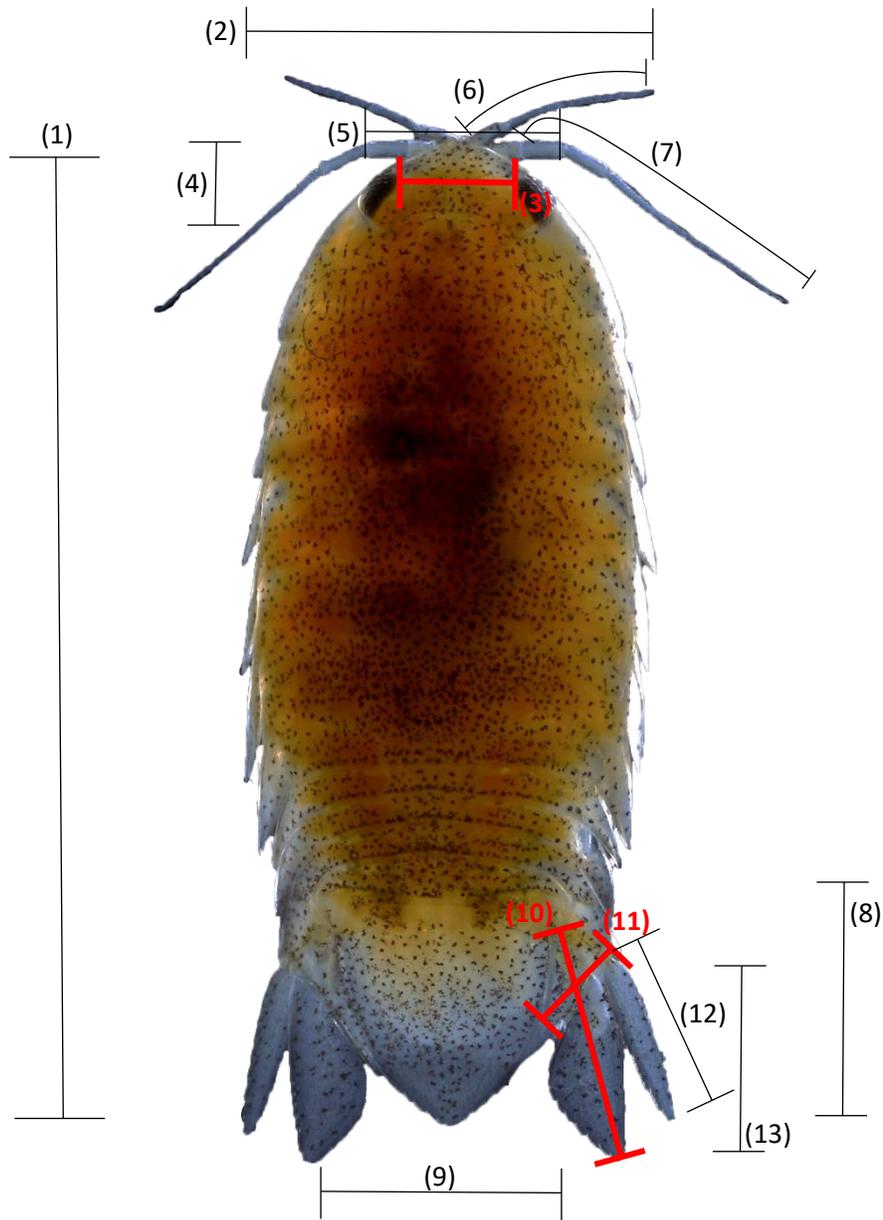
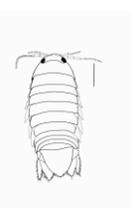
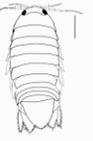


Figura 2. Medidas morfométricas registradas: 1) longitud total (LT), 2) ancho total (AT), 3) longitud interocular (LI), 4) longitud cefálica (LC), 5) ancho del cefalón (AC), 6) Anténula (A1), 7) Antena (A2), 8) longitud del telson (LTEL), 9) ancho de la base del telson (ABT), 10) longitud del urópodo (LU), 11) ancho de la base del urópodo (ABU), 12) longitud del endopodito del urópodo (LENU) y 13) longitud del exopodito del urópodo (LEXU).



Para eliminar el efecto de la talla en el análisis morfométrico los datos fueron normalizados de acuerdo al criterio de Thorpe (1975), que ha demostrado ser más efectiva que otros tratamientos estadísticos (Lleonart *et al.*, 2000, Bartels *et al.*, 2011), se estructura de la siguiente manera:

Tomando como base la ecuación general de crecimiento de Huxley (1924) (1) y aplicando una regresión lineal de datos transformados log-log (2):

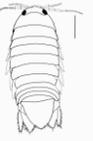
$$Y = aX^b \dots (1) \rightarrow \log(Y) = \log(a) + b[\log(X)] \dots (2)$$

Donde  $Y$  es la medida del carácter,  $X$  es la medida del tamaño del cuerpo,  $a$  es la intercepción y  $b$  la pendiente de la regresión, la cual refleja la naturaleza de la relación alométrica (exponente alométrico) (Bartels *et al.*, 2011). Se tiene que cuando  $b = 0$ , el carácter  $Y$  es independiente de  $X$ ; en el extremo opuesto, cuando  $b = 1$  el carácter presenta una relación isométrica con el tamaño del cuerpo. Por otro lado, una relación alométrica se presenta en los casos en que  $b > 1$  o bien,  $0 > b > -1$  cuando el carácter crece proporcionalmente más rápido (alometría positiva) o lento (alometría negativa) que el tamaño del cuerpo, respectivamente.

La “normalización de Thorpe (1975)” parte de los elementos anteriores y da como resultado la siguiente ecuación:

$$Y^* = 10^{[\log Y_i + b(\log X_i - \log X_0)]} \dots (3)$$

Donde,  $Y^*$  es el carácter normalizado,  $Y_i$  es la medida individual del carácter,  $X_i$  es la medida del tamaño del cuerpo correspondiente a su  $Y_i$ ,  $X_0$  es la media del tamaño del cuerpo y  $b$  es la pendiente de la regresión obtenida en la ecuación (2). Thorpe



(1975) explicó que esta técnica ajusta los estados de caracteres cuantitativos a los valores que asumirían si las muestras fueran de un tamaño corporal medio.

Por su parte, Leonart *et al.* (2000) propusieron la siguiente ecuación:

$$Y^* = Y_i \left[ \frac{X_0}{X_i} \right]^b \dots (4)$$

La cual se estructura de los mismos elementos que la ecuación (3) y obtiene los mismos resultados siendo más simple. Por este motivo, Bartels *et al.* (2011) la utilizaron como sinónimo de “la normalización de Thorpe”, criterio que fue seguido en este manuscrito.

Para proceder con la normalización, todos los datos fueron transformados utilizando logaritmo base 10 y se realizaron regresiones lineales por mínimos cuadrados de cada medida morfométrica vs. LT para obtener los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la pendiente ( $b$ ). Esta última fue comparada vs. un valor de  $b = 1$  mediante una prueba de  $t$  para determinar si se ajustaba o difería de un crecimiento isométrico ( $H_0 = b = 1$ , el crecimiento es isométrico). A continuación, las medidas morfométricas fueron normalizadas utilizando la ecuación (4) para posteriormente obtener el valor de  $a^*$  (pendiente normalizada del carácter) a partir de regresiones lineales de cada medida normalizada vs. LT.

Con los datos normalizados, se procedió a realizar un Análisis discriminante lineal para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medidas morfométricas de las poblaciones. Para esto, se consideraron a las localidades como categorías y a las medidas morfométricas como variables. Del



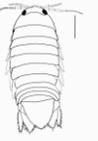
Análisis discriminante lineal se obtuvo la matriz de confusión para determinar cuántos organismos fueron clasificados incorrectamente, además de los valores canónicos de la función discriminante (Eigenvalores, % de explicación de la variación de los datos para cada eje canónico, % de explicación acumulado y valor de correlación canónica). Por otro lado, también se obtuvieron los valores de Lambda de Wilks, y Traza de Pillai, con sus respectivos valores de F y  $p$  para determinar si existían diferencias significativas entre las categorías (localidades). Posteriormente se obtuvo el biplot canónico de la función discriminante en el que se presentaron las medias multivariantes de las categorías (+), además de sus elipses del 95% de confianza y los contornos que contuvieron al 50% de los puntos de cada categoría; cabe mencionar que cuando existen diferencias significativas en los grupos, estas elipses no se solapan. Finalmente, se obtuvieron los valores de las medias de las variables y los coeficientes de los *scores* con la estructura canónica total.

- COMPARACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS

Se realizó la disección únicamente de apéndices derechos de los 10 organismos machos más grandes y en mejor estado de cada población. Para el caso de la localidad Clipperton debido a la importancia del material, la disección fue únicamente sobre cinco de los 10 machos disponibles. A continuación, se realizó la revisión exhaustiva de la ornamentación y de las características de las estructuras con el fin de obtener una tabla comparativa de las tres poblaciones y poder visualizar de mejor manera sus diferencias o semejanzas. Posteriormente, se obtuvieron



imágenes digitales de la manera antes mencionada, y a partir de estas se elaboraron dibujos digitalmente en el software Photoshop CC con la ayuda de una tableta digital Wacom Intuos Pro. Finalmente, los dibujos y datos obtenidos de la tabla comparativa fueron contrastados con la descripción original de Carvacho y Haasmann (1984) y aquella realizada por Brusca *et al.* (1995) sobre organismos de la isla Clipperton.



## RESULTADOS

- ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

Los valores medios de la longitud total (LT) mostraron ser mayores en Manialtepec (Tabla 1). Para el caso de los organismos de la Isla Clipperton, presentaron valores intermedios entre los de las otras dos poblaciones (Tabla 1). Por su parte en la localidad Coyuca, fueron registrados los organismos de menor y mayor longitud total (LT) de todo el estudio (5.04 y 11.89 mm, respectivamente); además, mostraron un intervalo más amplio de tamaños lo cual se puede ver reflejado al haber presentado el valor más alto de desviación estándar de este carácter en las tres localidades (Tabla 1). Para el caso de las 12 medidas normalizadas, la mayoría de los valores medios fueron mayores en la localidad Clipperton con excepción del ancho cefálico (AC), distancia interocular (DI) y anténula (A1) que tuvieron un valor más alto en la localidad Manialtepec (Tabla 1). Las medidas de los 13 caracteres del holotipo y paratipo se presentan en la Tabla 2.

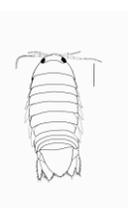
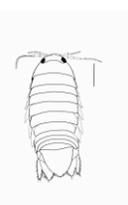


Tabla 1. Media, desviación estándar (D.E.), valores mínimos y máximos de los machos de las localidades Coyuca (A, N= 160), Manialtepec (B, N= 191), y Clipperton (C, N= 10).

MEDIDA	Media $\pm$ D.E.			Mínimo			Máximo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
LT	7.46 $\pm$ 1.55	8.28 $\pm$ 1.43	7.57 $\pm$ 0.72	5.04	5.39	6.06	11.89	11.82	8.44
AT	2.42 $\pm$ 0.21	3.05 $\pm$ 0.27	3.19 $\pm$ 0.13	1.88	2.45	3.01	2.82	4.51	3.38
AC	1.11 $\pm$ 0.09	1.47 $\pm$ 0.34	1.32 $\pm$ 0.04	0.90	1.09	1.28	1.35	3.88	1.40
LC	0.35 $\pm$ 0.05	0.39 $\pm$ 0.09	0.43 $\pm$ 0.09	0.23	0.25	0.25	0.50	0.94	0.58
DI	0.74 $\pm$ 0.19	1.09 $\pm$ 0.36	0.97 $\pm$ 0.04	0.44	0.68	0.91	1.07	2.93	1.02
A1	1.01 $\pm$ 0.14	1.44 $\pm$ 0.28	1.04 $\pm$ 0.02	0.55	0.40	1.00	1.27	3.06	1.06
A2	1.74 $\pm$ 0.28	2.29 $\pm$ 0.44	2.31 $\pm$ 0.14	0.91	0.52	2.17	2.21	4.74	2.61
ATE	1.37 $\pm$ 0.17	1.9 $\pm$ 0.30	1.91 $\pm$ 0.06	1.03	1.33	1.79	1.84	3.91	1.98
LTE	1.53 $\pm$ 0.16	2.07 $\pm$ 0.34	2.1 $\pm$ 0.14	1.17	1.34	1.82	1.94	4.23	2.39
ABU	0.2 $\pm$ 0.04	0.21 $\pm$ 0.06	0.59 $\pm$ 0.04	0.14	0.11	0.55	0.32	0.41	0.64
LBU	1.32 $\pm$ 0.18	1.41 $\pm$ 0.23	1.72 $\pm$ 0.20	0.91	0.75	1.49	1.93	2.17	2.16
LEXU	1.32 $\pm$ 0.22	1.39 $\pm$ 0.26	1.53 $\pm$ 0.09	0.46	0.76	1.38	2.11	2.42	1.73
LENU	1.36 $\pm$ 0.19	1.49 $\pm$ 0.28	1.75 $\pm$ 0.20	0.94	0.78	1.47	2.11	2.53	2.11

Tabla 2. Medidas obtenidas del Holotipo y Paratipo de la CNCR.

	Holotipo	Paratipo
LT	8.79	7.30
AT	3.67	3.02
AC	1.81	1.54
LC	0.78	0.70
DI	1.15	0.89
A1	1.78	1.55
A2	2.91	2.24
ATE	2.27	1.83
LTE	2.48	1.53
ABU	0.59	0.36
LBU	1.95	1.14
LEXU	1.79	0.92
LENU	1.87	1.18



## ALOMETRÍA

Los coeficientes alométricos presentaron diferentes tendencias en las tres poblaciones. Para la población de Coyuca, los coeficientes obtenidos tienden a la alometría negativa (nueve de 13 caracteres; Tabla 3); mientras que en la población de Manialtepec la tendencia fue hacia la isometría (ocho de 13 caracteres; Tabla 4). Por su parte, la población de Clipperton presentó isometría en todos los caracteres (Tabla 5).

Tabla 3. Datos de  $R^2$ ,  $b$ ,  $p(b=1)$  y  $a^*$  obtenidos por regresión lineal de los 13 caracteres morfométricos vs. LT para Coyuca. \*= caracteres isométricos.

Caracter	$R^2$	$b$	$p(b=1)$	$a^*$
AT	0.81	0.85	1.06E-05	2.75
AC	0.85	0.73	8.65E-22	1.40
LC	0.54	0.58	3.37E-18	0.50
DI	0.25	0.71	3.00E-03	0.93
A1	0.57	0.70	4.38E-09	1.31
A2	0.45	0.72	1.15E-05	2.22
ATE	0.66	0.79	3.53E-06	1.64
LTE	0.76	0.94	0.14*	1.60
ABU	0.43	0.69	1.58E-06	0.27
LBU	0.65	0.91	0.08*	1.40
LEXU	0.59	1.03	0.64*	1.26
LENU	0.70	1.03	0.52*	1.28

N= 160

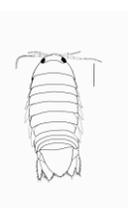


Tabla 4. Datos de  $R^2$ ,  $b$ ,  $\rho$  ( $b=1$ ) y  $a^*$  obtenidos por regresión lineal de los 13 caracteres morfométricos vs. LT para Manialtepec. \*= caracteres isométricos.

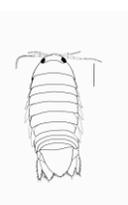
Caracter	$R^2$	$b$	$\rho$ ( $b=1$ )	$a^*$
AT	0.80	0.97	0.45*	3.14
AC	0.43	0.83	0.01	1.73
LC	0.25	0.59	1.15E-07	0.55
DI	0.25	0.93	0.55*	1.20
A1	0.42	0.90	0.18*	1.59
A2	0.34	0.85	0.07*	2.59
ATE	0.64	0.99	0.87*	1.92
LTE	0.68	1.14	0.01	1.78
ABU	0.11	0.56	1.00E-04	0.32
LBU	0.50	0.88	0.06*	1.63
LEXU	0.47	0.96	0.64*	1.50
LENU	0.48	0.99	0.86*	1.57

N= 191

Tabla 5. Datos de  $R^2$ ,  $b$ ,  $\rho$  ( $b=1$ ) y  $a^*$  obtenidos por regresión lineal de los 13 caracteres morfométricos vs. LT para la localidad Clipperton. \*= caracteres isométricos.

Caracter	$R^2$	$b$	$\rho$ ( $b=1$ )	$a^*$
AT	0.82	0.87	0.40	3.17
AC	0.86	0.59	0.00	1.66
LC	0.36	1.31	0.63	0.22
DI	0.79	0.84	0.32	1.11
A1	0.00	0.09	0.09	1.14
A2	0.58	0.83	0.50	2.67
ATE	0.91	0.96	0.72	1.97
LTE	0.79	1.13	0.55	1.74
ABU	0.60	0.86	0.58	0.66
LBU	0.67	1.24	0.46	1.19
LEXU	0.85	1.18	0.34	1.21
LENU	0.65	1.23	0.49	1.20

N= 10



## ANÁLISIS DISCRIMINANTE

La matriz de confusión obtenida del Análisis discriminante lineal mostró que únicamente el 3.6% de los organismos fueron clasificados incorrectamente; es decir, 13 de 361, los cuales corresponden a 10 organismos de Manialtepec y tres de Coyuca (Tabla 6). Por su parte, los detalles canónicos muestran que el primer eje canónico explica el 60.16% de la variación de los datos, con un eigenvalor de 3.51 y un valor de correlación canónica de 0.88 (Tabla 7).

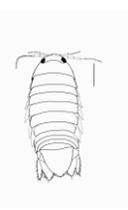
Tabla 6. Matriz de confusión obtenida del Análisis discriminante lineal

	CLIPPERTON	COYUCA	MANIALTEPEC	TOTAL
CLIPPERTON	10	0	0	10
COYUCA	0	157	3	160
MANIALTEPEC	0	10	181	191

Tabla 7. Detalles canónicos de los primeros dos ejes canónicos

	Eigenvalor	% expl.	% acum.	Corr. canónica	<i>p</i>
Eje can. 1	3.51	60.16	60.16	0.88	<.0001
Eje can. 2	2.33	39.84	100	0.84	<.0001

Por otro lado, las pruebas de Lambda de Wilks y Traza de Pillai mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias multivariantes de las categorías (localidades) (Tabla 8). Esto se refleja en el biplot canónico, en donde las medias multivariantes están bien separadas y no se encuentra



solapamiento de las elipses del 95% de confianza de las medias ni de las elipses del 50% de los datos (Fig. 3). Respecto a los rayos del biplot, se puede ver que el primer eje canónico está dominado por valores positivos del ancho de la base del urópodo (ABU) (1.19) y de la longitud del telson (LTE) (0.73) y negativos de la distancia interocular (DI) (- 0.84) y de la longitud del exópodo del urópodo (LEXU) (- 0.80), mientras que el segundo eje estuvo dominado únicamente por valores positivos de la longitud del endópodo del urópodo (LENU) (0.80) y el ancho total (AT) (0.62) (Tabla 9).

Tabla 8. Pruebas de Lambda de Wilks y traza de Pillai

Prueba	Valor	F	<i>p</i>
Lambda de Wilks	0.07	83.14	<.0001
Traza de Pillai	1.48	82.09	<.0001

Tabla 9. Coeficientes de la estructura canónica total de las variables y sus valores de R<sup>2</sup>.

	Coeficientes		R <sup>2</sup>	
	Canónico 1	Canónico 2	Canónico 1	Canónico 2
AT	0.25	0.62	0.22	0.91
AC	-0.55	0.23	0.02	0.68
LC	-0.08	-0.21	0.14	0.26
DI	-0.84	-0.20	0.03	0.61
A1	-0.09	0.51	-0.11	0.82
A2	0.23	-0.20	0.12	0.69
ATE	0.39	0.47	0.15	0.85
LTE	0.73	-0.26	0.15	0.82
ABU	1.19	-0.57	0.88	0.00
LBU	0.28	-0.25	0.31	0.24
LEXU	-0.80	-0.54	0.14	0.15
LENU	0.19	0.80	0.24	0.28

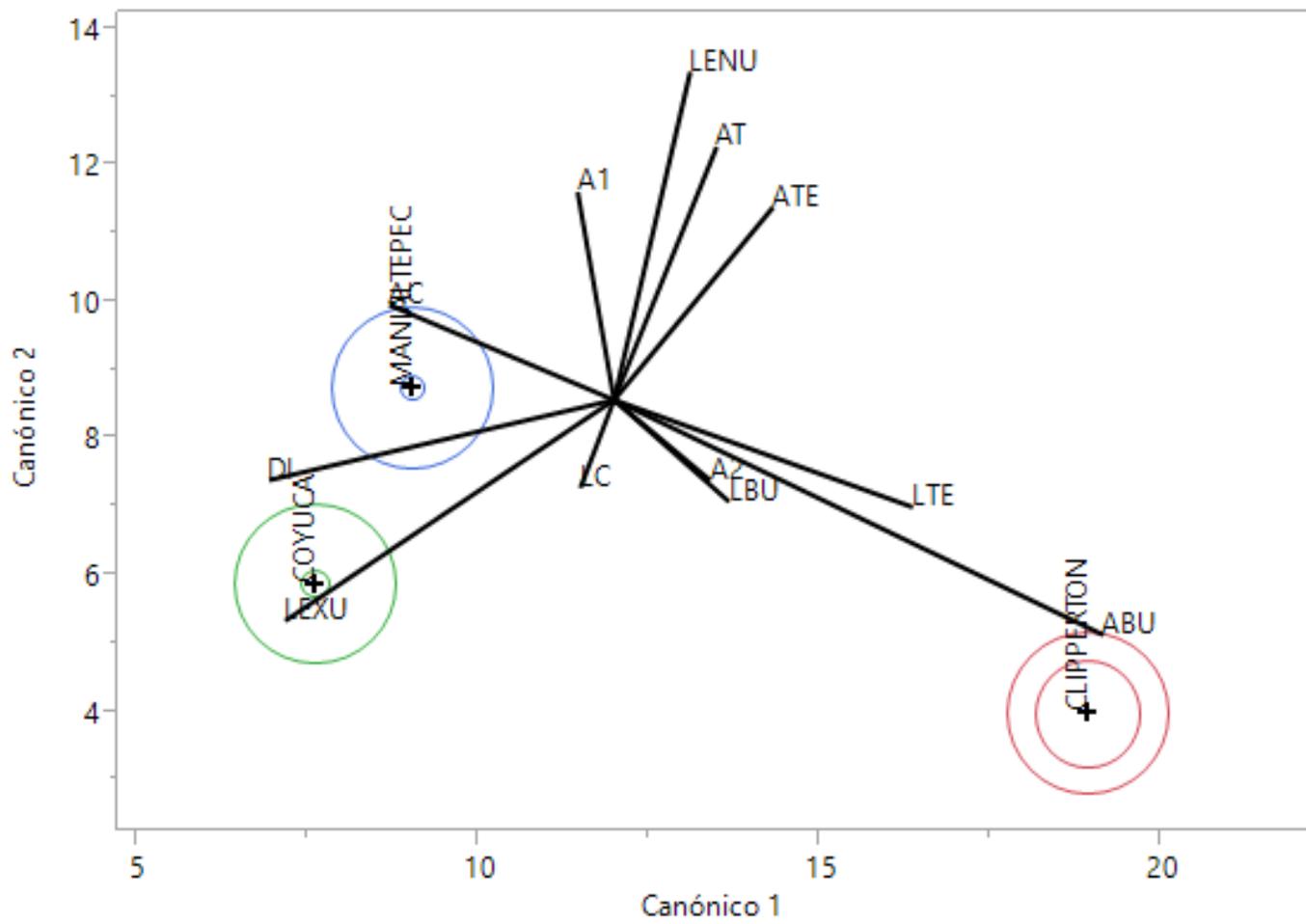


Figura 3. Biplot canónico de Análisis Discriminante Lineal. Se observan las medias multivariantes (+), sus elipses del 95% de confianza de las medias y las elipses que engloban el 50% de los datos de cada grupo.

- COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS

Se revisaron 71 características de un total de 17 estructuras anatómicas (Anexo 1) basadas en las descripciones realizadas por Carvacho y Haasmann (1984) y Brusca *et al.* (1995) (Anexo 2).

Respecto a las estructuras revisadas de las tres poblaciones, se encontró variabilidad intra poblacional alta en la mayoría de las características observadas (Anexo 1); sin embargo, esta variabilidad fue constante en las tres localidades. En este aspecto, parte de esta variabilidad se presentó en los caracteres diagnósticos usados en la clave de Brusca *et al.* (1995) para diferenciar a *C. oaxaca*. Por otro lado, las diferencias encontradas entre las poblaciones fueron muy sutiles, ubicándose únicamente en las espinas molariformes en el mero del pereiópodo I (siete en Clipperton y seis en las otras dos localidades) y en un tipo de espinas de la punta de los penes presentes únicamente en la localidad Coyuca; sin embargo, estas últimas son difíciles de observar debido a su pequeño tamaño y a que son susceptibles a romperse debido a la manipulación al realizar la disección.

Las ilustraciones presentadas incluyen toda la variabilidad observada en este trabajo y en la descripción de Carvacho y Haasmann (1984) y Brusca *et al.* (1995) (Figs. 4-8).

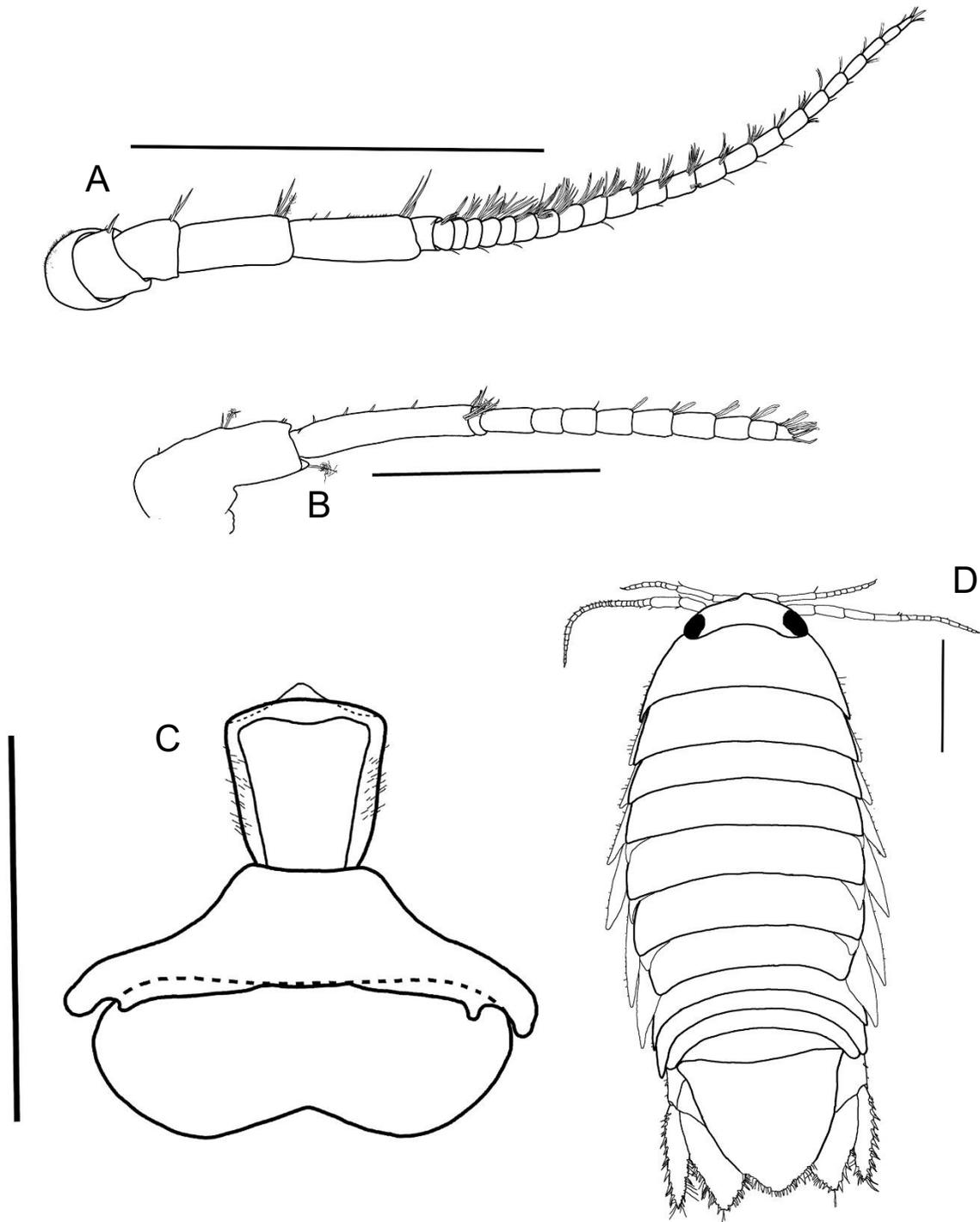
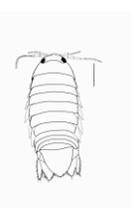


Figura 4. A, antena. B, anténula. C, lámina frontal, clípeo y labro. D, *C. oaxaca* localidad "Coyuca", macho. Escalas: A y D = 1.5 mm, B y C = 0.6mm.

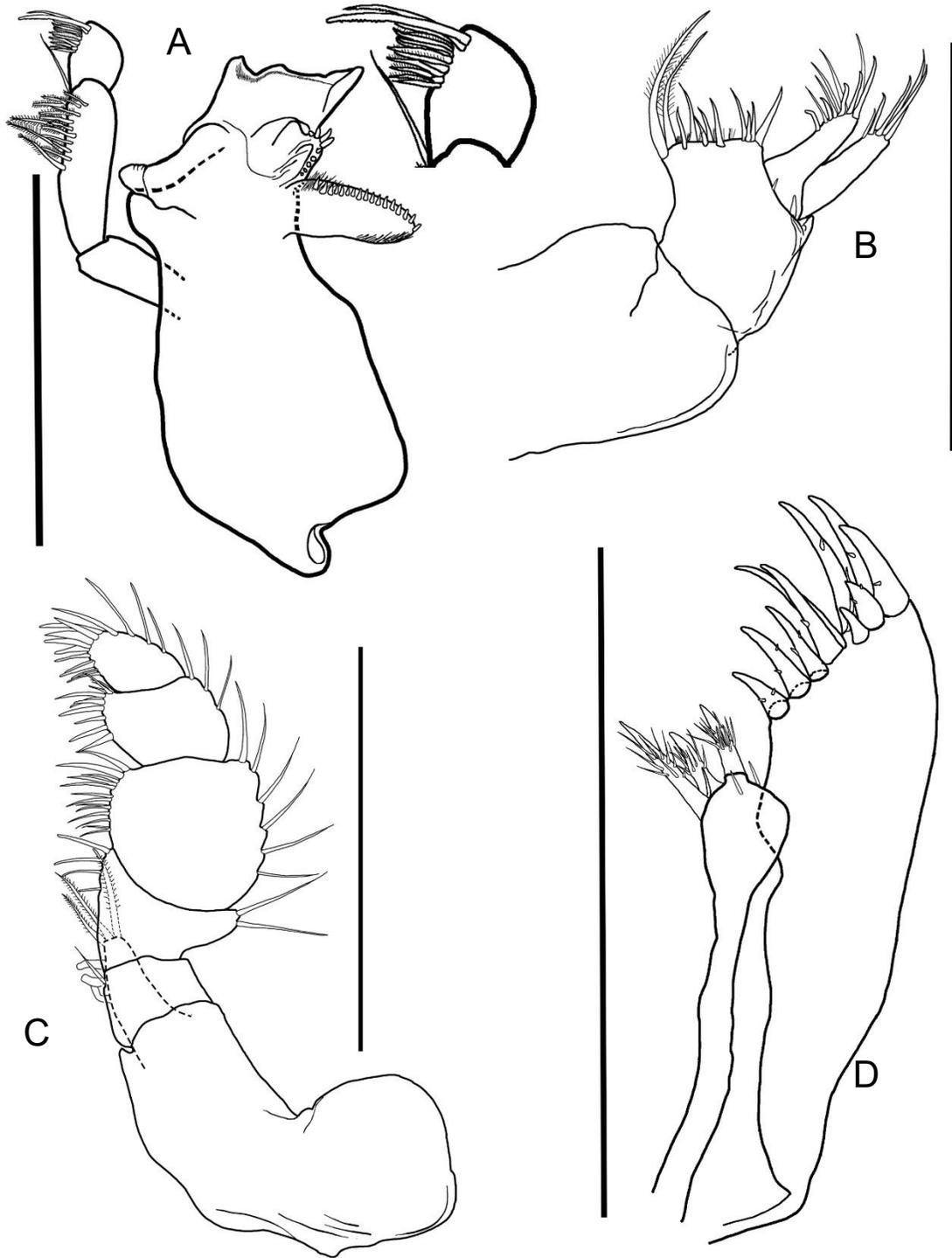
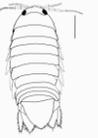


Figura 5. A, Mandíbula. B, Maxila. C, Maxilípido. D, Maxílula. Apéndices derechos.

Escalas: A-D = 0.6mm.

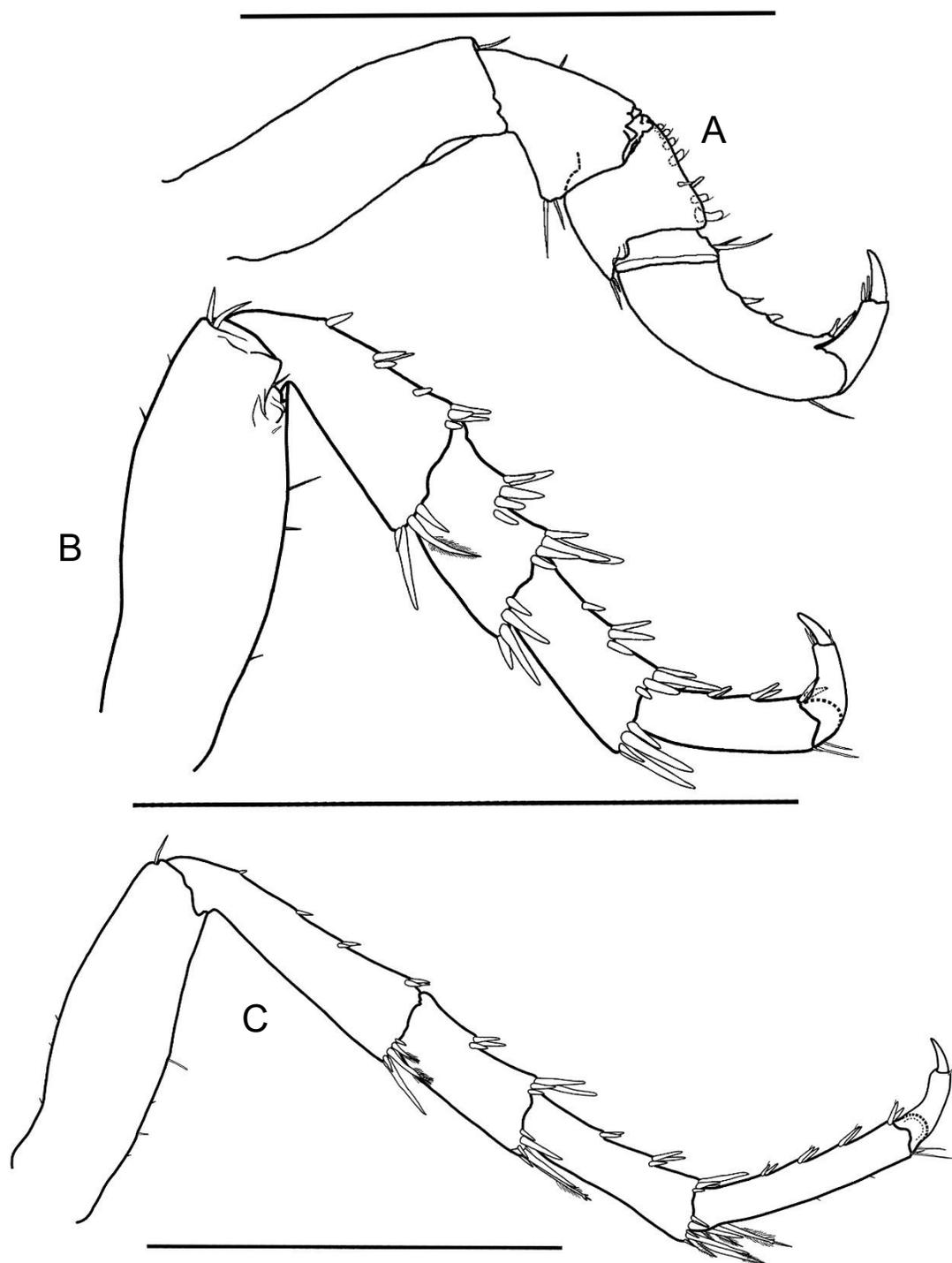
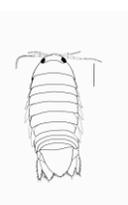


Figura 6.A, pereiópodo I.B, pereiópodo IV. C, pereiópodo VII. Escalas: A-C = 1.5 mm.

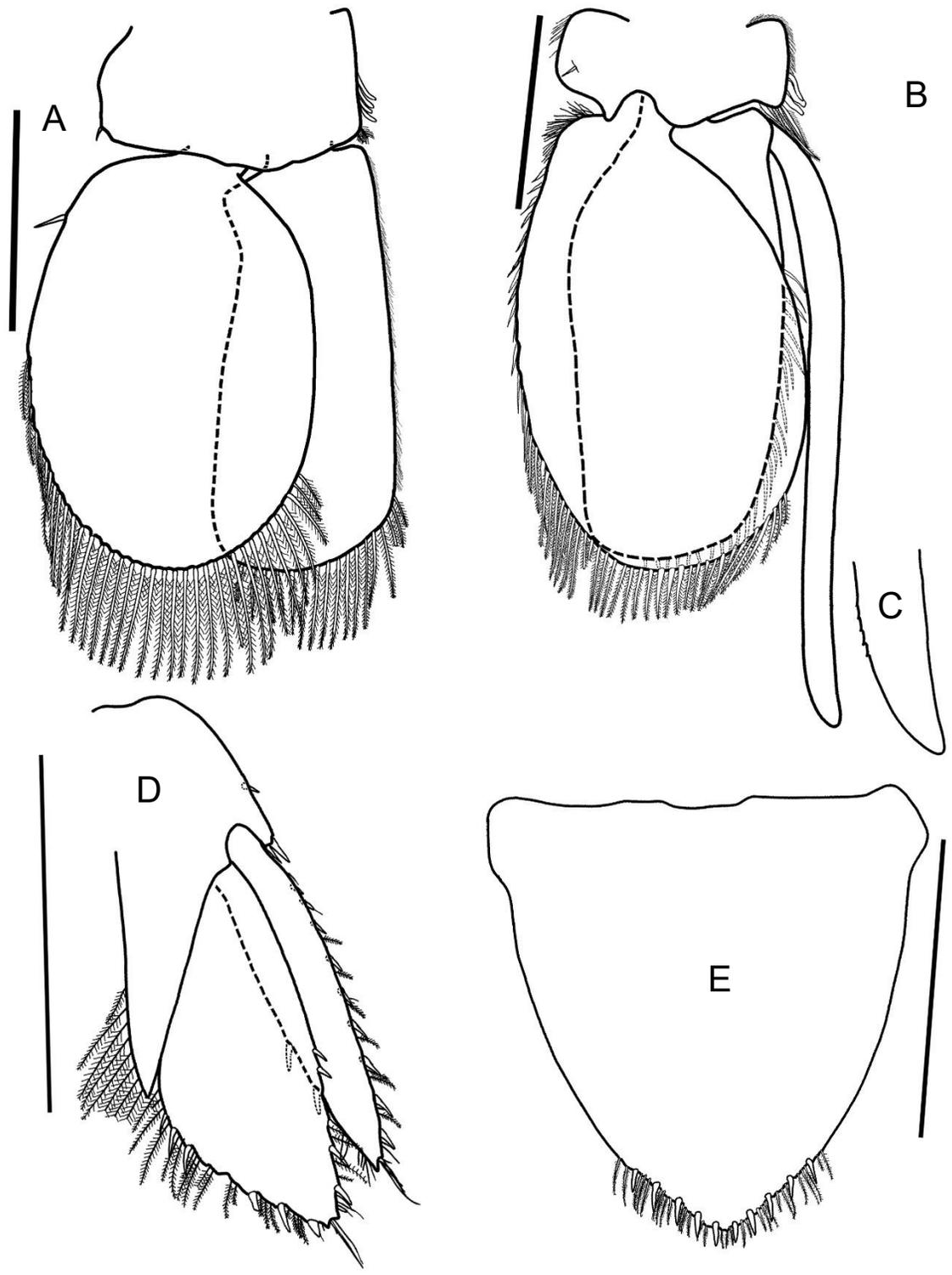


Figura 7. A, pleópodo 1. B, pleópodo 2. C, Punta de apéndice masculina. D, urópodo. E, Pleotelson. Escalas: A y B = 0.6mm; D y E = 1.5mm.

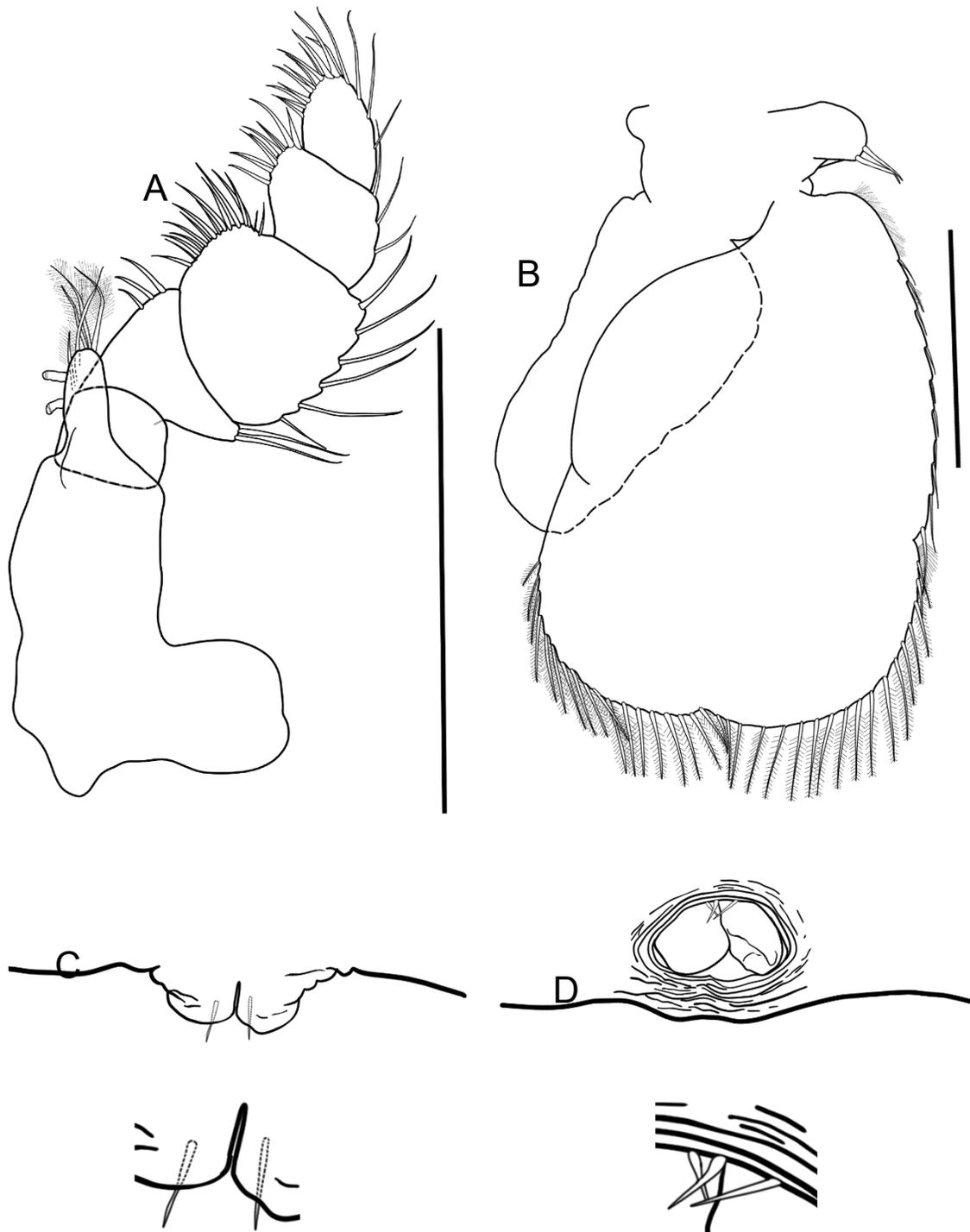


Figura 8. A, Maxilípido con 2 ganchos de acoplamiento (población Clipperton, escala: 6mm, org.: MIII). B, Pleópodo V (población Clipperton, escala: 6mm, org.: MVIII). C, Penes (población Coyuca). D, Penes (población Manialtepec).



## DISCUSIÓN

### ALOMETRÍA Y ANÁLISIS MORFOMÉTRICOS

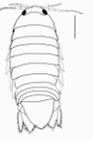
La longitud total de los machos de Coyuca y Manialtepec mostraron un amplio espectro de tallas, yendo de los cinco a los 11 mm. Esto puede ser explicado debido a que *C. oaxaca* presenta reproducción continua y por consecuencia un solapamiento de generaciones (Rocha *et al.*, 2002; observaciones en laboratorio). En este aspecto, es necesario hacer notar que, aunque el intervalo de la longitud total (LT) fue muy similar, sus valores medios en las tres localidades fueron muy diferentes. En un sentido lineal, estas marcadas diferencias en longitud pueden ser mal interpretadas y asumir que podría tratarse de especies diferentes; al respecto, un ejemplo de esto es lo reportado por Glynn *et al.* (1975), quienes después de una revisión morfológica y morfométrica detallada concluyeron que dos especies de *Cirolana* (*C. salvadorensis* Schuster- Dieterichs, 1956 y *C. koepcke* Bott, 1954) fueron separadas erróneamente de *E. braziliensis*; debido a que su descripción y separación de esta especie se basó en mediciones de apéndices afectados por el efecto de la talla.

Por estos motivos, la remoción del efecto de la talla en estudios que involucran la comparación morfométrica de poblaciones de la misma o de diferentes especies es de suma importancia. En este sentido, se han propuesto diferentes métodos para remover el efecto de la talla, entre los cuales uno de los más comunes es el uso de proporciones; no obstante, Leonart *et al.* (2000) mostró que esta técnica elimina el efecto de la talla únicamente cuando los caracteres presentan un crecimiento de tipo isométrico.



En cuanto a los coeficientes alométricos, las tendencias fueron muy diferentes; mientras que para la población de Coyuca la tendencia fue hacia la alometría negativa, para la de Manialtepec los caracteres tendieron a la isometría; sin embargo, estos casos se caracterizaron por presentar valores bajos de  $R^2$  ( $< 0.50$ ). Para los datos de la población de Clipperton, los coeficientes alométricos tendieron a la isometría con excepción del ancho cefálico (AC), y aunque el tamaño de la muestra es pequeño ( $N= 10$ ), los valores de  $R^2$  resultaron ser altos en la mayoría de las estructuras ( $> 0.60$  en nueve de 12 caracteres).

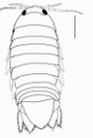
Estas diferencias pueden estar dadas por los sitios donde habitan estos organismos, ya que se ha observado que factores como diferentes condiciones ambientales pueden tener como consecuencia variabilidad morfológica alta en poblaciones de diferentes localidades (De Grave y Díaz, 2001). En este sentido, se debe considerar que en Coyuca *C. oaxaca* se encuentra en las raíces del lirio acuático (Rocha *et al.*, 2002), mientras que en Manialtepec se ubica mayoritariamente dentro y sobre las valvas de los racimos de mejillón en las raíces de mangle (Carvacho y Haasmann, 1984); para el caso de Clipperton, no se tiene información específica del hábitat. Respecto a esto, en crustáceos se ha reportado que la influencia de diferentes características ambientales puede dar como resultado distintos hábitos e historias de vida que tienen como consecuencia la variación en el tipo de crecimiento de las estructuras (Hopkins y Thurman, 2010; Hepp *et al.*, 2012; Marchiori *et al.*, 2014). Además, se debe considerar que las lagunas costeras suelen ser hábitats discretos que presentan tanto barreras eco-fisiológicas como geográficas para sus habitantes (Bilton *et al.*, 2002); lo cual sumado al desarrollo directo que presentan los isópodos,



da como consecuencia una limitada capacidad de dispersión, favoreciendo la presencia de procesos de diversificación alopátrica. Esto ha sido reportado ampliamente en isópodos intermareales, en los cuales las barreras suelen ser de tipo biológico principalmente (capacidad de nado limitada, y selectividad alta del sedimento) (Hurtado *et al.*, 2017).

En este aspecto, las diferencias en las tendencias de los coeficientes alométricos pueden considerarse evidencia de una posible diferenciación alopátrica en *C. oaxaca*, esto se ve apoyado con lo obtenido del Análisis discriminante lineal, el cual presentó una excelente clasificación de los datos (> 90%); además, el porcentaje de explicación de la variación de los datos del primer eje canónico fue relativamente alto (60%) junto con los valores de correlación canónica de ambos ejes (> 0.80) los cuales, al ser altos, nos indican que las variables discriminantes (en este caso las medidas morfométricas) permiten diferenciar entre los grupos, lo cual nos permite afirmar que son válidos los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis y en el biplot canónico. Respecto a esto, las pruebas de hipótesis mostraron que las diferencias en las localidades son estadísticamente significativas; además, el valor de la Lambda de Wilks fue muy cercano a cero, esto significa que las diferencias intergrupales fueron mayores que las intragrupalas, dando como resultado, por un lado, que los grupos estuvieran bien definidos (lo cual se puede apreciar en la excelente clasificación obtenida en la matriz de confusión), y por otro, que en el biplot canónico los centroides de las medias multivariantes no se solaparan.

Con relación al biplot, el análisis de los coeficientes estandarizados nos permite visualizar cuál es la contribución de cada variable a las funciones discriminantes,



con lo que podemos saber cuáles son las variables que más contribuyen a la diferenciación de los grupos sobre su eje o función canónica discriminante de dominio; mientras que sus valores de  $R^2$  nos permiten conocer cuáles variables están más relacionadas con cada eje o función canónica discriminante. Respecto a esto, para el eje canónico 1 las variables que mejor discriminaron fueron el ancho de la base del urópodo (ABU) y la longitud del exópodo del urópodo (LEXU), en tanto que para el eje canónico 2 lo fueron la longitud del endópodo del urópodo (LENU) y el ancho total (AT). Por su parte, los valores de  $R^2$  mostraron que el primer eje se relacionó casi exclusivamente con el ancho de la base del urópodo (ABU), mientras que el segundo lo hace con el ancho total (AT), ancho del telson (ATE) y la longitud del telson (LTE). Estos valores de los coeficientes estandarizados con sus  $R^2$  y su manera de relacionarse con los ejes canónicos permiten inferir que la separación de los grupos se encuentra dada principalmente por las características morfométricas de la parte posterior de los organismos, lo cual al igual que las diferencias en las tendencias de los coeficientes alométricos, puede estar ligado a los hábitos e historias de vida consecuencia de los hábitats tan contrastantes donde se encuentra *C. oaxaca*.

Bartells *et al.* (2011) propusieron que los valores de los coeficientes alométricos ( $b$ ) así como los de  $a^*$  y el uso de análisis multivariados son útiles en la diferenciación de especies problemáticas; es decir, si se encuentran diferencias en estos valores y en los análisis, se trata de especies diferentes. De acuerdo a esto, los resultados obtenidos de la comparación morfométrica de las tres localidades sugieren, en primera instancia, que al menos estas poblaciones de *C. oaxaca* deberían ser

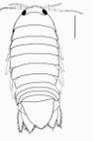


tratadas como especies diferentes; sin embargo, el análisis morfológico no mostró una diferenciación clara entre poblaciones.

- Comparación de estructuras

*Cirolana oaxaca* es una especie con pocas observaciones respecto a su morfología. La descripción original de la especie realizada por Carvacho y Haasmann (1984) resulta incompleta al compararla con la redescipción de Brusca *et al.* (1995), quienes se encargaron de realizar una revisión y descripción más detallada de las estructuras de la especie (p.e. tipo, número y ubicación de espinas en pereiópodos, entre otros). No obstante, aunque ambas descripciones parten de poblaciones diferentes (descripción original: Manialtepec, Oax.; redescipción: Isla Clipperton), Brusca *et al.* (1995) no señalaron las diferencias entre las características morfológicas de los organismos isleños respecto a los de la localidad tipo, aunque estas resultaron ser claras al comparar ambos trabajos (p.e. no. de artículos del flagelo antenal, no. de espinas en la hilera de espinas mandibular, presencia de setas plumosas en base del maxilípedo, forma del exópodo de los pleópodos 4 y 5, entre otras). Sin embargo, esta posible omisión puede ser explicada debido a que ambas descripciones cumplían con los caracteres diagnósticos usados para diferenciar a *C. oaxaca* de las otras dos especies cercanamente emparentadas que también se distribuyen en la región tropical del Pacífico Oriental: *C. aleci* y *C. browni* (pertenecientes al antiguo género *Anopsilana* caracterizado por la ausencia de setas plumosas en los endópodos de los pleópodos 3-5).

Respecto a estos caracteres diagnósticos usados en la clave propuesta por Brusca *et al.* (1995), los tres ganchos de acoplamiento en el palpo del maxilípedo destacan



en primera instancia tal vez como la principal característica para distinguir a *C. oaxaca* de *C. aleci* y *C. browni* (con dos ganchos únicamente); sin embargo, las observaciones realizadas en esta investigación muestran que es un carácter variable con dos a tres ganchos de acoplamiento; de igual manera las tres espinas de acoplamiento en el pedúnculo del pleópodo 1 varían de dos a cuatro espinas de acoplamiento en las tres localidades. En este aspecto, las observaciones realizadas en este estudio mostraron que *C. oaxaca* es una especie con una variabilidad morfológica mayor a la que se había descrito anteriormente. No obstante, esta variación fue principalmente intra poblacional y en menor medida entre las localidades.

Finalmente, resulta necesario notar que ciertos caracteres mencionados por Brusca *et al.* (1995) no se observaron en los organismos de la Isla Clipperton. Ejemplo de esto son las setas plumosas en la base del maxilípodo, de las cuales, en las disecciones realizadas no se encontraron rastros de su presencia o de que hubieran sido rotas durante la manipulación de los organismos.

- Sobre la diferenciación de las localidades

2 de las cuatro localidades estudiadas donde *C. oaxaca* habita son diferentes: en la laguna de Manialtepec habita principalmente en los racimos de mejillones en las raíces de mangle y la salinidad es cercana a 15 UPS, mientras que en Coyuca se ha encontrado únicamente en las raíces de lirio acuático en salinidades de 0-2 UPS. No existe información sobre el hábitat para río Chamela e Isla Clipperton. Es



importante mencionar que Coyuca y Manialtepec están separadas por aproximadamente 400 km, mientras que la Isla Clipperton se encuentra a aproximadamente 1200 km del puerto de Acapulco. Se considera que las diferencias en habitat y la distancia entre ellas son al menos dos factores que han promovido aislamiento geográfico de estas poblaciones y presumiblemente diferentes historias de vida. En este sentido, los análisis morfométricos realizados permiten diferenciar plenamente las poblaciones de las tres localidades. Bartels *et al.* (2011) considera que las diferencias en los caracteres morfométricos normalizados serían evidencia de especies diferentes; sin embargo, en este estudio la comparación morfológica de las estructuras indica variabilidad intra poblacional alta, que se traslapa entre poblaciones; además de no presentar ningún carácter diagnóstico fuerte que permita la diferenciación de las tres poblaciones como especies diferentes.



## CONCLUSIONES

*C. oaxaca* es una especie euritópica con alta variabilidad morfológica que se distribuye en la región tropical del Pacífico Oriental. Sus poblaciones pueden ser distinguidas basándose en sus coeficientes alométricos y a las medidas morfométricas normalizadas de la parte posterior del cuerpo (Telson y Urópodos). Esto puede ser consecuencia de historias de vida distintas que son resultado del aislamiento geográfico y de los diferentes hábitats donde se encuentran. Debido a esto, se propone que *C. oaxaca* sea considerado más bien como un complejo de especies ya que, aunque presenta alta variabilidad morfológica intra poblacional en cada localidad, esta fue constante entre poblaciones y no fue posible encontrar algún carácter diagnóstico constante que permitiera distinguir claramente a cada población.

Por otro lado, se propone una diagnosis revisada y extendida (Anexo 3) que engloba la descripción original de Carvacho y Haasmann (1984) y la redescipción de Brusca *et al.* (1995), más las observaciones realizadas en esta investigación

Finalmente, se recomienda el uso de análisis moleculares en estudios posteriores para validar completamente los resultados de los análisis morfométricos y la comparación morfológica obtenidos en esta investigación. Por otro lado, también es necesario investigar a fondo los procesos de dispersión de esta especie, además de determinar si existe flujo genético y las posibles vías de comunicación entre poblaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

Baratti, M., Filippelli, M. y Messana, G. (2011). Complex genetic patterns in the mangrove wood-borer *Sphaeroma terebrans* Bate, 1866 (Isopoda, Crustacea, Sphaeromatidae) generated by shoreline topography and rafting dispersal. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 398(1), 73-82.

Bartels, P. J., Nelson, D. R., y Exline, R. P. (2011). Allometry and the removal of body size effects in the morphometric analysis of tardigrades. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49(1), 17-25.

Bickford, D., Lohman, D. J., Sodhi, N. S., Ng, P. K., Meier, R., Winker, K. y Das, I. (2007). Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in ecology & evolution*, 22(3), 148-155.

Bilton, D. T., Paula, J. y Bishop, J. D. D. (2002). Dispersal, genetic differentiation and speciation in estuarine organisms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(6), 937-952.

Botosaneanu, L. y Iliffe, T. M. (1997). Four new stygobitic cirolanids (Crustacea: Isopoda) from the Caribbean—with remarks on intergeneric limits in some cirolanids. *Bulletin de l'Institut Royale des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie*, 67, 77-94.

Boyko, C.B; Bruce, N.L.; Hadfield, K.A.; Merrin, K.L.; Ota, Y.; Poore, G.C.B.; Taiti, S.; Schotte, M. y Wilson, G.D.F. (Eds) (2008 onwards). World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. *Cirolana oaxaca* (Carvacho & Haasmann, 1984). Accessed through: World Register of Marine



Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=890138> on 2018-11-05

Bruce, N. L. (1986). Cirolanidae (Crustacea: Isopoda) of Australia. Records of the Australian Museum, Supplement, 6, 1–239.

Brusca, R.C., R. Wetzer y S.C. France (1995). Cirolanidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera) of the Tropical Eastern Pacific. Proceedings of the San Diego Society of Natural History, 30: 1- 96.

Carvacho, A. y Haasmann, Y. (1984). Isópodos litorales de Oaxaca, Pacífico mexicano. Cahiers de Biologie Marine, 25, 15-32.

Chan, B. K., Tsang, L. M. y Chu, K. H. (2007). Morphological and genetic differentiation of the acorn barnacle *Tetraclita squamosa* (Crustacea, Cirripedia) in East Asia and description of a new species of *Tetraclita*. Zoologica Scripta, 36(1), 79-91.

Cognetti, G. y Maltagliati, F. (2000). Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna. Marine Pollution Bulletin, 40(1), 7-14.

Contreras Espinosa, F. (1993). Ecosistemas costeros mexicanos. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. xvi, 415 p.

Contreras, F., y Nagaya, A. G. (1991). Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna San José Manialtepec, Oaxaca, México. Hidrobiológica, 1(1), 65-72.



Cuesta, J. A. y Schubart, C. D. (1998). Morphological and molecular differentiation between three allopatric populations of the littoral crab *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Brachyura: Grapsidae). *Journal of Natural History*, 32(10-11), 1499-1508.

Creasey, S., Rogers, A., Tyler, P., Gage, J. y Jollivet, D. (2000). Genetic and morphometric comparisons of squat lobster, *Munidopsis scobina* (Decapoda: Anomura: Galatheidae) populations, with notes on the phylogeny of the genus *Munidopsis*. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47(1), 87-118.

De Almeida, A. O., Santana, F. S., Paiva, R. J., Souza, G. B., Boehs, G. y Coelho, P. A. (2009). Range extension of the estuarine isopod *Cirolana (Anopsilana) jonesi* (Crustacea: Cirolanidae) in the western Atlantic Ocean. *Marine Biodiversity Records*, 2(1), 1-6.

De Grave, S., y Diaz, D. (2001). Morphometric comparison between Mediterranean and Atlantic populations of *Pontophilus norvegicus* (Decapoda, Crangonidae). *Hydrobiologia*, 449(1-3), 179-186.

Espinosa-Pérez, M. del C. y Hendrickx, M. E. (2001). Checklist of isopods (Crustacea: Peracarida: Isopoda) from the eastern tropical Pacific. *Belgian Journal of Zoology*, 131(1), 43-56.

De Paula Paciencia, G., da Conceicao Bispo, P. y Cortezzi, S. S. (2012). Allometric growth of two species of Ephemeroptera from Neotropical mountains



streams. En *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, (48)2, 145-150.

Glynn, P. W., Dexter, D. M. y Bowman, T. E. (1975). *Excirolana braziliensis*, a Pan-American sand beach isopod: taxonomic status, zonation and distribution. *Journal of Zoology*, 175(4), 509-521.

Gould, S. J. (1966). Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41(4), 587-638.

Gouws, G., Stewart, B. A. y Daniels, S. R. (2004). Cryptic species within the freshwater isopod *Mesamphisopus capensis* (Phreatoicidea: Amphisopodidae) in the Western Cape, South Africa: allozyme and 12S rRNA sequence data and morphometric evidence. *Biological Journal of the Linnean Society*, 81(2), 235-253.

Henzler, C. M., e Ingólfsson, A. (2008). The biogeography of the beachflea, *Orchestia gammarellus* (Crustacea, Amphipoda, Talitridae), in the North Atlantic with special reference to Iceland: a morphometric and genetic study. *Zoologica Scripta*, 37(1), 57-70.

Hepp, L. U., Fornel, R., Restello, R. M., Trevisan, A., y Santos, S. (2012). Intraspecific morphological variation in a freshwater crustacean *Aegla plana* in southern Brazil: effects of geographical isolation on carapace shape. *Journal of Crustacean Biology*, 32(4), 511-518.

Hopkins, M. J., y Thurman, C. L. (2010). The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*)



from the eastern United States and Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*, 100(1), 248-270.

Hurtado, L. A., Mateos, M., y Liu, S. (2017). Phylogeographic patterns of a lower intertidal isopod in the Gulf of California and the Caribbean and comparison with other intertidal isopods. *Ecology and evolution*, 7(1), 346-357.

Kensley, B. F., y Schotte, M. (1994). Marine isopods from the Lesser Antilles and Colombia (Crustacea: Peracarida). *Proceedings of the Biological Society of Washington*.

Klingenberg, C. P. (1998). Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews*, 73(1), 79-123.

Klingenberg, C. P. y Zimmermann, M. (1992). Static, ontogenetic, and evolutionary allometry: a multivariate comparison in nine species of water striders. *The American Naturalist*, 140(4), 601-620.

Knowlton, N. (1986). Cryptic and sibling species among the decapod Crustacea. *Journal of crustacean biology*, 356-363.

Lessios, H. A., Weinberg, J. R. y Starczak, V. R. (1994). Temporal variation in populations of the marine isopod *Exciorolana*: how stable are gene frequencies and morphology? *Evolution*, 48, 549-563.

Lessios, H. A. y Weinberg, J. R. (1994). Genetic and morphological divergence among morphotypes of the isopod *Exciorolana* on the two sides of the Isthmus of Panama. *Evolution*, 48, 530-548.



Leonart, J., Salat, J., y Torres, G. J. (2000). Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*, 205(1), 85-93.

Marchiori, A. B., Bartholomei-Santos, M. L., & Santos, S. (2014). Intraspecific variation in *Aegla longirostri* (Crustacea: Decapoda: Anomura) revealed by geometric morphometrics: evidence for ongoing speciation?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 112(1), 31-39.

Poore, G. C. y Bruce, N. L. (2012). Global diversity of marine isopods (except *Asellota* and crustacean symbionts). *PLoS One*, 7(8), e43529. 7(8), 1-15.

Prevorc̃nik, S., Jugovic, J. y Sket, B. (2009). Geography of morphological differentiation in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda: Asellidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 47(2), 124-131.

Reuschel, S. y Schubart, C. D. (2006). Phylogeny and geographic differentiation of Atlanto–Mediterranean species of the genus *Xantho* (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) based on genetic and morphometric analyses. *Marine Biology*, 148(4), 853-866.

Rocha, R. A., Contreras, R. R. y Olvera, C. S. (2002). Population structure and fecundity of *Anopsilana oaxaca* Carvacho y Haasmann, 1984 (Isopoda, Cirolanidae) of the Pacific coast of Mexico. *Crustaceana*, 75(2), 97-109.

Rodcharoen, E., Bruce, N. L. y Pholpunthin, P. (2016). Description of four new species of the *Cirolana* 'parva group' (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) from



Thailand, with supporting molecular (COI) data. *Journal of Natural History*, 50(31-32), 1935-1981.

Sachet, M. H. (1962). Geography and land ecology of Clipperton Island. *Atoll Research Bulletin*.

Sidabalok, C. M. y Bruce, N. L. (2016). Redescription of three cirolanid isopods (Crustacea: Peracarida) from Indonesia. *Zootaxa*, 4114(3), 277-290.

Thorpe, R. S. (1975). Quantitative handling of characters useful in snake systematics with particular reference to intraspecific variation in the ringed snake *Natrix natrix* (L.). *Biological Journal of the Linnean Society*, 7(1), 27-43.

Weinberg, J. R. y Starczak, V. R. (1988). Morphological differences and low dispersal between local populations of the tropical beach isopod, *Excirolana braziliensis*. *Bulletin of Marine Science*, 42(2), 296-309.

Weinberg, J. R. y Starczak, V. R. (1989). Morphological divergence of Eastern Pacific and Caribbean isopods: effects of a land barrier and the Panama Canal. *Marine Biology*, 103(2), 143-152.

## ANEXOS

- Anexo 1

Tabla 10. Observaciones de las 71 características de 17 estructuras anatómicas de las tres localidades de *C. oaxaca*

	OAXACA	COYUCA	CLIPPERTON
<b>ANTENA</b>			
segmentos	20-22	18-21	26
<b>ANTÉNULA</b>			
segmentos	9-10	9	6
Astetes desde	5-6	4-5	5
espinas segmento distal pedúnculo	2	2	NO
espinas base pedúnculo	2 pares superiores + 1 distal	2 pares superiores + 1 distal	1 par superior
<b>LÁMINA FRONTAL</b>			
pequeñas setas en los costados	NO	SÍ	NO
<b>PARTES BUCALES</b>			
<b>MAXILÍPEDO</b>			
Ganchos de acoplamiento	3	2-3	3
espinas setosas palpo	2-3 apicales + 1-2 medias	3 apicales + 2 media	3 apicales + 3 medias
espinas distal interna isquio	SÍ	SÍ	SÍ
espinas internas mero	4 + 1 distal de inserción media	4 + 1 distal de inserción media	4 + 1 distal de inserción media
espinas de peine distal en margen interno propodo	SÍ	SÍ	SÍ
Espinas de peine margen interno dactilo	3	3	3
<b>MAXILA</b>			



<b>espinas en base de palpos</b>	Sí	Sí	Sí
<b>espinas palpo ext</b>	4	4	4
<b>espinas palpo int</b>	8-10	8-10	12
<b>espinas endo</b>	4 circumplumosas (2 del doble de tamaño) + 6-9 simples	2 circumplumosas + 3-4 setas tridentes serradas + 5-6 simples	4 circumplumosas (2 del doble de tamaño) + 8 simples
<b>MAXÍLULA</b>			
<b>espinas endo</b>	3 circumplumosas fuertes + 2 simples	3 circumplumosas fuertes + 2 simples	3 circumplumosas fuertes + 2 simples
<b>Forma externa del endo</b>	truncada casi en ángulo recto	truncada casi en ángulo recto	truncada casi en ángulo recto
<b>espinas exo</b>	11 con cuernos	10-11 con cuernos + 1 simple	11 con cuernos + 1 simple
<b>MANDÍBULA</b>			
<b>espinas proceso molar</b>	10-17	18-20	14
<b>fila de espinas</b>	8-11	10-11	9
<b>borde interno palpo medio</b>	serrado	Serrado/Liso	serrado
<b>espinas distal primer seg palpo</b>		NO	NO
<b>espinas seg medio palpo</b>	15-16 tridentes (4-5 de doble de tamaño) + 1-2 simple distal	15 tridentes (4 de doble de tamaño) + 1 simple distal	19 tridentes (4 de doble de tamaño) + 1 simple distal
<b>espinas serradas seg distal palpo</b>	2	2	2
<b>PEREIÓPODOS</b>			
<b>P I</b>			
<b>Espinas isquío</b>	2 simples margen externo + 1 simple fuerte distal margen interno	1 simples margen externo + 1 simple fuerte distal margen interno	2 simples margen externo + 1 simple fuerte distal margen interno
<b>Espinas mero</b>	6 molariformes + 1 simple + 1 simple fuerte borde interno inserción media	6 molariformes + 1 simple + 1 simple fuerte borde interno inserción media	7 molariformes + 1 simple + 2 simple fuerte borde interno inserción media
<b>espinas carpo</b>	2 + 2 más fuertes	2 + 2 más fuertes	2 + 2 más fuertes
<b>P IV</b>			
<b>espinas base</b>	1 tridente o simple fuerte margen interno	1 simple fuerte	2 simples fuertes



<b>espinas isquio</b>	Con o sin 1 tridente margen externo	1 tridente margen externo	1 tridente margen externo
<b>espinas mero</b>	2 tridentes fuertes margen externo	2 tridentes fuertes margen externo	2 tridentes fuertes margen externo
<b>espinas carpo</b>	4-5 tridentes fuertes margen interno hacia el medio	3-5 tridentes fuertes margen interno hacia el medio + 1 circumplumosa	3-5 tridentes fuertes margen interno hacia el medio + 1 circumplumosa
<b>espinas propodo</b>	3 pares simples	3 pares simples	3 pares simples
<b>P VII</b>			
<b>espinas isquio</b>	1 tridente fuerte margen externo	1 tridente fuerte margen externo	1 tridente fuerte margen externo
<b>Espinas mero</b>	1-2 tridente margen externo + 4 compuestas mediales	1-3 tridente margen externo + 4 compuestas mediales	1-3 tridente margen externo + 4 compuestas mediales
<b>espinas carpo</b>	1 tridente + 3 compuestas margen interno + al menos 3 compuestas margen externo	2-4 tridentes fuertes + 2 combinada margen interno + 3,6 ó 7 combinadas margen externo	3-4 tridentes fuertes + 1-2 compuestas margen interno + al menos 3 compuestas margen externo
<b>espinas própodo</b>	2 palmadas distales borde externo	1 palmada distal borde externo	1 palmada distal borde externo
<b>PLEÓPODOS</b>			
<b>PLEÓPODO 1</b>			
<b>Ganchos de acoplamiento</b>	4 + 1 espina simple en el margen contrario	2-4 + 1 espina simple en el margen contrario	3-4 + 1 espina simple en el margen contrario
<b>espinas margen externo exo</b>	1	1	1
<b>espinas compuestas base</b>	2	1-2	SD
<b>tamaño endo respecto a exo</b>	casi mismo tamaño	casi mismo tamaño	casi mismo tamaño
<b>borde exópodo</b>	redondeado	redondeado	redondeado
<b>PLEÓPODO 2</b>			
<b>Ganchos de acoplamiento</b>	3 + 1 espina simple de inserción interna en el margen externo	3 + 1 espina simple de inserción interna en el margen externo	3 + 1 espina simple de inserción interna en el margen externo
<b>espinas compuestas base</b>	5-6 + bellosidades margen externo	5-6 + bellosidades margen externo	5-6 + bellosidades margen externo
<b>tamaño endo respecto a exo</b>	endo poco menos largo que exo	endo poco menos largo que exo	endo poco menos largo que exo
<b>forma endo</b>	lanceolado	lanceolado	lanceolado
<b>borde exo</b>	semiredondeado hacia elíptico	semiredondeado hacia elíptico	semiredondeado hacia elíptico
<b>Apéndice m sobrepasa exo</b>	Sí	Sí por mucho	Sí, un tercio del apéndice



<b>PLEÓPODO 3</b>			
<b>Ganchos de acoplamiento</b>	3 + 1 espina simple en el margen contrario	3 + 1 espina simple muy grande en el margen contrario	3 + 1 espina simple muy grande en el margen contrario
<b>espinas compuestas base división media exo</b>	3-5 + bellosidades margen externo Sí	4-5 + bellosidades margen externo Sí	4-6 + bellosidades margen externo Sí
<b>tamaño endo respecto a exo</b>	endoligeramente más corto que exo	endo claramente más corto que exo	endo claramente más corto que exo
<b>borde exo</b>	semiredondeado hacia elíptico con invaginación hacia endo	semirredondeado truncado	semirredondeado truncado
<b>PLEÓPODO 4</b>			
<b>Ganchos de acoplamiento</b>	3 + 1 espina simple en el margen contrario	3 + 1 espina simple en el margen contrario	3 + 1 espina simple en el margen contrario
<b>espinas compuestas base división media exo</b>	3-4 + bellosidades margen externo Sí	2-3 + bellosidades margen externo Sí	3-4 + bellosidades margen externo Sí
<b>borde exo</b>	semi redondeado truncado	redondeado ancho	redondeado ancho
<b>PLEÓPODO 5</b>			
<b>espinas base división media exo</b>	1 margen externo + bellosidades superiores Sí	1 margen externo + bellosidades superiores Sí	1-2 margen externo + bellosidades superiores Sí
<b>proyección anterior endo</b>	Sí	Sí	Sí
<b>borde exo</b>	truncado	redondeado ancho	Redondeado con invaginación en el centro
<b>URÓPODO</b>			
<b>espinas internas exo</b>	3	4	4
<b>espinas externas exo</b>	9	9	9
<b>espinas externas endo</b>	7	6	6
<b>espinas internas endo</b>	6	8	8
<b>espinas base</b>	2 externas en punta posterior + 1 más arriba	2 externas en punta posterior + 1 más arriba	2 externas en punta posterior + 1 más arriba
<b>PENES</b>			



<b>Sobrepasa el borde del segmento</b>	NO	SÍ	SIN DATOS
<b>Cuentan con estructura de protección</b>	SÍ	NO	SIN DATOS
<b>pequeñas espinas en punta de penes</b>	NO	0-2	SIN DATOS
<b>Pequeñas setas en la parte central de la base</b>	SÍ	SÍ	SIN DATOS



- Anexo 2

Tabla 11. Descripción de las estructuras diacríticas para *C. oaxaca* según Carvacho y Haasmann (1984) y Brusca *et al.* (1995).

Estructura	<i>C. oaxaca</i> (Brusca <i>et al.</i> , 1995)	<i>C. oaxaca</i> (Carvacho y Haasmann, 1984)
Anténula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortas, extensión hasta la mitad del pereonito 1.</li> <li>• Bases separadas por el rostro.</li> <li>• Flagelo de 7 a 10 artículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedúnculo formado aparentemente por 2 segmentos; el basal, portador de abundantes cromatóforos, con una porción proximal claramente ensanchada.</li> <li>• Segmento distal más largo que el proximal y considerablemente más angosto.</li> <li>• Flagelo compuesto por alrededor de 10 artículos.</li> <li>• Estetos presentes desde el sexto artículo, aumentando progresivamente de tamaño en los segmentos distales.</li> <li>• Longitud del flagelo, ligeramente menor a la del pedúnculo.</li> </ul>
Antena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extendida hasta la mitad del pereonito 2.</li> <li>• Flagelo compuesto de 13 a 19 artículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedúnculo provisto de algunos cromatóforos y compuesto por 5 artículos más angostos hacia el distal.</li> <li>• Los primeros 3 subiguales en longitud y más anchos que largos, el cuarto un poco más de dos veces más largo que ancho y el quinto algo más de tres veces.</li> <li>• Flagelo compuesto por entre 16 a 26 artículos.</li> </ul>
Lámina frontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subcuadrada, labro y clípeo suiguales en longitud y ancho.</li> </ul>	
Mandíbula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilera de espina mandibular con 13 espinas simples y cortas.</li> <li>• Proceso molar con alrededor de 15 pequeñas espinas agudas y algunas setas simples cortas.</li> <li>• Artículo medio del palpo con 4 setas tridentes serradas y alrededor de 10 setas simples.</li> <li>• Artículo distal con alrededor de 11 setas simples y 1 seta combinada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambas similares con proceso incisivo de contorno irregular en el que pueden distinguirse 3 a 4 cúspides, siendo las laterales más prominentes.</li> <li>• El borde cortante se prolonga hasta el nivel del cóndilo superior.</li> <li>• Parte molar con 14 dientes en su margen anterior; hilera de 11 espinas sobre un pequeño proceso ubicado entre el incisivo y el molar.</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palpo mandibular compuesto por 3 artículos, el segundo más largo y provisto de una hilera de setas en su margen externo. Artículo 3 ligeramente falcado portando setas progresivamente más largas hacia la parte distal.</li> </ul>
Maxílula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lóbulo medio con una seta simple corta.</li> <li>• Lóbulo lateral con alrededor de 11 espinas fuertes simples con muchas púas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exópodo considerablemente más fuerte que endópodo.</li> </ul>
Maxila	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lóbulo medio con 2 setas largas cincumplumosas, alrededor de 10 setas simples y numerosos bellos cortos subapicales.</li> <li>• Lóbulos laterales con alrededor de 11 y 4 setas simples, respectivamente. Seta simple subapical proximal a la base de los lóbulos laterales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con 4 setas simples en el palpo y 11 en el exópodo.</li> <li>• Endópodo con 2 largas setas plumosas y 9 setas simples de la mitad de largo que aquellas.</li> </ul>
Maxilípodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Margen del palpo con setas simples.</li> <li>• Margen lateral de la base con 3 setas plumosas.</li> <li>• Margen lateral del artículo medio con 1 seta combinada.</li> <li>• Endito corto, con tres espinas de acoplamiento y 2 setas plumosas apicales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palpo compuesto por 5 artículos. El basal es subrectangular y con su borde distal provisto de una ancha proyección angular de superficie irregular. Segundo artejo sub-triangular. A partir del tercer segmento, que es el mayor de todos, hay una drástica disminución de tamaño en los artículos subsecuentes, siendo el distal el más pequeño de todos y su ápice, redondeado.</li> <li>• Endito sobrepasando ligeramente el borde distal del segmento basal del palpo, provisto de 3, raramente 4, ganchos de fijación y 5, excepcionalmente 4 ó 6 setas plumosas.</li> </ul>
Pereiópodo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corto.</li> <li>• Margen superior del isquio con 2 setas simples.</li> <li>• Margen inferior del mero con 5 espinas fuertes algo romas y 1 espina simple.</li> <li>• Margen inferior del carpo con 2 setas simples y 1 espinas simple.</li> <li>• Margen inferior del própodo con 3 espinas simples y 1 o 2 setas simples.</li> <li>• Dactilo con 1 espina pequeña y varias setas simples en la base de la uña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Del P1 al P3 más cortos que los posteriores debido a la menor longitud del isquio, mero y carpo.</li> <li>• Própodo más largo que isquio y con una espina articulada en el margen interno de su extremo distal.</li> <li>•</li> </ul>



Pereiópodo 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo y ambulatorio con muchas espinas simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Del 4 a 7 con própodo tan largo como el isquio, llevando en el extremo distal del margen flexor un par de espinas gruesas.</li> </ul>
Pereiópodo 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo y ambulatorio con muchas espinas simples y serradas tridentes.</li> </ul>	
Pleópodo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedúnculo del margen medial con 3 espinas de acoplamiento y 2 setas plumosas.</li> <li>• Margen lateral con una seta simple pequeña.</li> <li>• Exópodo 1.8 veces el ancho del endópodo.</li> <li>• Exópodo con una seta simple fuerte en el margen próximo lateral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endópodo más de la mitad de ancho que exópodo, ambos provistos de setas hacia el borde distal.</li> <li>• exópodo con una seta simple, gruesa y corta en el margen externo, cerca de la base.</li> </ul>
Pleópodo 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedúnculo del margen medial con 3 espinas de acoplamiento y 4 setas plumosas.</li> <li>• Margen lateral con 1 espinas simple pequeña.</li> <li>• Exópodo 1.6 veces tan ancho como el endópodo.</li> <li>• Apéndice masculina se estrecha hacia un borde agudo con pequeñas púas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con apéndice masculino sobrepasando ampliamente ambas ramas.</li> <li>• Setas dístales del endópodo se continúan en el margen interno, reduciendo gradualmente su longitud hacia la base.</li> <li>• En el exópodo las setas continúan por el margen externo.</li> </ul>
Urópodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se extienden más allá del ápice del pleotelson.</li> <li>• Distalmente agudo.</li> <li>• Ambas ramas con pequeña muesca apical conteniendo setas simples largas.</li> <li>• Endópodo y exópodo con espinas y setas plumosas.</li> <li>• Ápice de cada rama con manojos de setas simples en muesca.</li> <li>• Exópodo ligeramente más corto y 0.5 veces el ancho del endópodo (en el punto más ancho de cada rama).</li> <li>• Margen medial del exópodo con 3 o 4 espinas fuertes y setas plumosas, margen lateral con 9-11 espinas fuertes, disminuyendo en tamaño hacia la base.</li> <li>• Margen medial del endópodo con 6-7 espinas y setas plumosas.</li> <li>• Margen lateral del pedúnculo con 1 espina simple pequeña, margen medial con setas plumosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte interna de la base prolongada posteriormente en una proyección angular aguda que llega más allá de la mitad del endópodo.</li> <li>• Exópodo lanceolado, ligeramente más corto que el endópodo y provisto de 6 a 10 espinas móviles en su margen externo y 3 en el interno.</li> <li>• Endópodo más ancho que exópodo, con 6 espinas móviles en su margen interno y 5-7 en el externo.</li> <li>• Ambas ramas con setas plumosas.</li> </ul>

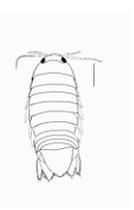


Pleotelson	<ul style="list-style-type: none"><li>• Subtriangular, márgenes laterales convexos estrechándose hacia el ápice.</li><li>• Ápice con 10-14 espinas simples marginales intersectadas con setas simples.</li><li>• Dorso carente de tubérculos o carinas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tan largo como ancho en su base, con una longitud correspondiente a la cuarta parte de la longitud total del cuerpo.</li><li>• Margen posterior aproximadamente triangular, armado con 10 a 13 espinas articuladas entre las que se intercalan setas plumosas cortas.</li></ul>
------------	--	---

- Anexo 3

Diagnosis revisada y extendida de *Cirolana oaxaca* [modificado de Carvacho y Haasmann (1984) y Brusca *et al.* (1995)]

Margen anterior del cefalón medialmente producido hacia un rostro corto que se torna ventralmente para encontrar la lámina frontal, pareciendo truncado en vista dorsal; cefalón carente de tubérculos. Anténulas cortas, se extienden a la mitad del pereionito I, bases separadas por el rostro, flagelo de siete a 10 artículos, astetáscos a partir del quinto o sexto, aumentando progresivamente de tamaño en los segmentos distales. La Antena se extiende hasta la mitad del pereionito II, pedúnculo provisto de algunos cromatóforos y compuesto por cinco artículos que son más angostos hacia el distal, flagelo compuesto de 16 a 26 artículos, aunque puede presentarse más corto (13 a 19 artículos). Lámina frontal subcadrada con pequeñas setas simples en sus márgenes laterales, labro con una pequeña muesca en cada extremo, clípeo con una invaginación al centro del margen posterior. Hilera mandibular con nueve a 13 pequeñas espinas simples; proceso molar con 14 a 19 espinas agudas pequeñas y algunas setas simples cortas; artículo medio del palpo con 17 a 19 setas tridentes serradas y a veces una o dos simples; artículo distal con 11 a 13 setas simples y una (poblaciones Coyuca y Manialtepec) o dos (población Clipperton) setas en forma de peine. Lóbulo medial de la maxílula con una a tres setas simples cortas; lóbulo lateral con nueve a 11 espinas fuertes con algunas puas. Lóbulo medio de la maxila con cuatro setas circumplumosas (dos largas y dos de la mitad del tamaño) y de seis a siete espinas simples, además de numerosos “pelos” cortos subapicales; lóbulos laterales con 10-11 y 4-5 setas simples.



Márgenes de los palpos del maxilípedo con setas simples; endito corto, con dos o tres espinas de acoplamiento y dos a tres setas plumosas apicales más dos o tres de insertadas en la parte medial del endito.