



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

CRECIMIENTO RELATIVO Y FECUNDIDAD DE
Anopsilana oaxaca CARVACHO y HAASMANN,
1984 (ISOPODA, CIROLANIDAE) EN DOS
SISTEMAS COSTEROS DEL PACIFICO-SUR
MEXICANO

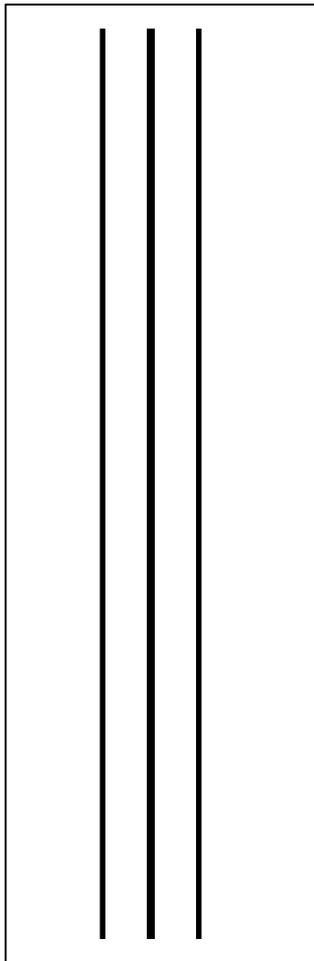
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

HARI SINEAD CERÓN MÉNDEZ



DIRECTOR DE TESIS :
Dr. Arturo Rocha Ramírez

Los Reyes Iztacala. Edo. de México 2017



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.

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS PARTICULARES	6
ÁREA DE ESTUDIO	7
MATERIAL Y MÉTODOS	9
RESULTADOS	14
Ambientales	14
Crecimiento relativo	14
Factor de condición relativo	17
Crecimiento individual	18
Fecundidad	22
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIÓN	30
LITERATURA CITADA	31

RESUMEN

Se analizaron las diferencias del crecimiento relativo y la fecundidad de dos poblaciones de *Anopsilana oaxaca* de las lagunas costeras Coyuca, Guerrero y Manialtepec, Oaxaca; considerando las salinidades de 2 y 15 ups, respectivamente. Los especímenes fueron sexados, medidos y pesados; se contó el número de huevos o embriones de hembras ovígeras. Se calcularon las constantes de los modelos longitud-peso, fecundidad y el factor de condición relativo. El crecimiento fue alométrico positivo (Prueba de t, $p < 0.0001$), las diferencias entre los modelos no fueron significativas (Prueba de F, $p = 0.5$). El factor de condición relativo (1.044 y 1.043) sugiere un mejor estado de salud en la población de Manialtepec. La diferencia en la producción de huevos y embriones no es significativa (Prueba de Kruskal Wallis, $p = 0.78$), indica que la mortalidad dentro del marsupio no es significativa.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la dinámica poblacional, nos proporciona información de su estructura y la supervivencia de las especies en hábitats con características específicas (Ford, 1977) y es fundamental para comprender la renovación natural de las poblaciones (Caddy, 1989). En especies acuáticas la variabilidad del crecimiento es un reflejo de la complejidad del hábitat (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 2000) y al igual que la reproducción es una de las funciones fisiológicas que se alteran por cambios iónicos e hídricos. La alteración se da principalmente debido al gasto energético que implica mantenerse en equilibrio con las condiciones ambientales, principalmente en organismos que habitan en zonas donde la fluctuación de la salinidad es constante. (Mejía *et al.*, 2009).

Por ejemplo, en granjas de cultivo de camarón, el crecimiento de estos crustáceos se reduce debido a que, al evaporarse el agua de los estanques, la salinidad aumenta de 35 a 45 ups, es decir, que si un organismo se encuentra en un ambiente en donde la salinidad está lejos del intervalo óptimo, gasta una mayor cantidad de energía para mantener el equilibrio osmótico. (Martínez-Córdova, 1999).

Existen organismos que son capaces de tolerar tan sólo un intervalo reducido de concentraciones salinas (estenohalinos), y organismos que pueden tolerar osmolaridades que varían ampliamente (eurihalinos). Independientemente del hábitat que ocupan, presentan límites de tolerancia a un factor o variable determinado, en este caso a la concentración de iones dentro o fuera del cuerpo (Mejía *et al.*, 2009)

como es el caso del isópodo cirolánido *Anopsilana oaxaca* Carvacho y Haasmann, 1984.

Como otros crustáceos los isópodos poseen dos pares de antenas, un par de mandíbulas, el cuerpo dividido en tres tagmas o regiones (cabeza, tórax y abdomen), ojos compuestos sésiles, siete pares de patas similares en estructura y función (Rocha *et al.*, 2012). *Anopsilana oaxaca* pertenece al superorden Peracarida, que constituye un grupo de organismos exitoso, habitando desde los polos hasta los trópicos como integrantes pelágicos y bentónicos (Winfield y Ortiz, 2011). Mientras tanto, en el ambiente lagunar-estuarino ocupan un número amplio de hábitats: praderas marinas, macroalgas, sustratos rocosos, cúmulos de conchas, restos de madera, fondos blandos y raíces de mangle, entre otros, donde forman parte de la epifauna y endofauna dominante.

Las lagunas costeras representan una característica morfológica dominante de la costa occidental tropical y subtropical de México y los bosques de manglares están a menudo bien desarrollados en estas lagunas (Day *et al.*, 1989). Al igual que en otros hábitats, los isópodos juegan un papel fundamental en este ecosistema. Son reconocidos como organismos detritívoros y como presa de muchas especies de invertebrados y peces (Guarino *et al.*, 1993).

En México *A. oaxaca* es habitante de las Lagunas de Manialtepec (Oaxaca), Coyuca (Guerrero), las Islas Clipperton (Michoacán) (Brusca *et al.*, 1995) y del Río Chamela (Jalisco) (Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2001). Las lagunas de Coyuca y

Manialtepec tienen distintas salinidades, de 2 (Álvarez-Silva y Torres-Alvarado, 2013) y 15 ups respectivamente (Carvacho y Haasmann, 1984).

Existe una amplia variedad de estudios sobre la biología reproductiva, particularmente la fecundidad, de los isópodos que viven en hábitats tales como los lechos de algas marinas (Shafir y Field, 1980), grietas rocosas de aguas poco profundas (Kroer, 1989), algas filamentosas (Guarino *et al.*, 1993), esponjas, playas arenosas (Fonseca *et al.*, 2000), costas rocosas o zonas de arenisca intertidal. A partir de estos estudios, se sabe que no hay etapas larvales planctónicas, y los isópodos resguardan a sus crías en el marsupio (oostegitos) hasta que se liberan (Shafir y Field, 1980), facilitando el estudio directo de la fecundidad y el desarrollo de huevos.

ANTECEDENTES

Existen pocos trabajos relacionados con la especie, el primero corresponde a la descripción de *A. oaxaca* realizada por Carvacho y Haasmann (1984). Brusca *et al.* (1995), realizaron una revisión más extensa de la especie, considerando el dimorfismo sexual, la registraron en dos localidades nuevas en su publicación. En 2001 Espinosa-Pérez y Hendrickx realizan un listado de isópodos donde registran a la especie en el río Chamela, Jalisco. Rocha *et al.* (2002), describieron que la población de *A. oaxaca* en la Laguna Coyuca sólo habita en raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883, estudiaron las variaciones en la estructura de la población, la proporción de sexos y la fecundidad.

Otro estudio afín es el de Thompson y Sánchez de Bock (2007) donde realizan una comparación de los parámetros de crecimiento del cirolánidos *Excirolana armata* en tres playas de Buenos Aires, Argentina.

OBJETIVO GENERAL

Comparar el crecimiento relativo y la fecundidad de dos poblaciones de *A. oaxaca* en dos sistemas costeros del Pacífico Sur de mexicano (Coyuca, Guerrero y Manialtepec, Oaxaca).

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la fecundidad de las hembras reproductivas de cada población.
- Comparar el número de huevos producidos contra número de embriones de cada población y entre las poblaciones.
- Estimar y comparar el crecimiento relativo de ambas poblaciones y compararlas.
- Comparar la relación longitud- peso de cada población.
- Determinar el estado de salud de cada población.

ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Coyuca se localiza en el estado de Guerrero al noroeste de Acapulco (Fig. 1), entre los 16° 54' y 16° 58' de latitud norte; y los 99°57' y 100° 04' de longitud oeste, presenta una extensión de 4,200 ha (García, 1988), con salinidad menor a 2 ups (Álvarez-Silva y Torres-Alvarado, 2013). El clima de la región es Aw1 (w) iw, cálido subhúmedo con una temperatura media anual de 29°C y una precipitación total anual entre 15-235 mm (García, 1988). La laguna presenta una boca reducida en conexión con el mar, se abre por un periodo de alrededor de julio y agosto (Contreras, 2010). Recibe los aportes de los ríos Coyuca, las Cruces y el Conchero principalmente en la temporada de lluvias (Aguirre-Gómez, 2001). En la orilla se encuentran asociaciones de tular, carrizal, manglar, huizachal y palmar y lirio acuático diseminado dentro de la laguna (Guzmán y Rojas, 1976).

La laguna de Manialtepec se localiza en el estado de Oaxaca a 12 kilómetros de Puerto escondido (Fig. 1), entre los 15° 56' y los 15° 57' latitud norte; y los 97° 10' y los 97° 13' longitud oeste, presenta una extensión de 1,640 ha. Tiene una temperatura que va de los 14 a los 32°C y una salinidad alrededor de 15 ups (Carvacho y Haasmann, 1984). La comunicación con el mar es efímera y se realiza durante la época de lluvias entre junio y octubre. Está conformada por 5 pequeñas lagunas que localmente se conocen como: La Plata, El Zacatal, El Corozal, Puerto Suelo y El Carnero. La vegetación de la zona se constituye principalmente de bosque tropical caducifolio, palmar, bosque espinoso, matorrales xerófilos, manglar, vegetación acuática y subacuática. El clima pertenece al tipo Awo (w), isotermal (García, 1988).

Fig. 1. Localización de los sitios de muestreo. ● Coyuca, Gro. (15°6'-15°57' N, 97°10'-97°13' O), ● Manialtepec, Oax. (15°6'-15°57' N, 97° 10'-97°13' O).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los especímenes se recolectaron con una malla de 0.5 mm de abertura, de raíz de lirio acuático *Eichhornia crassipes* en la laguna de Coyuca y racimos de mejillón *Mytella strigata* (Hanley, 1843) en la raíz de mangle en la laguna de Manialtepec, se preservaron en alcohol al 70%; en cada sitio se registraron las variables ambientales: temperatura del agua con un termómetro y salinidad con un refractómetro. Se realizó un lavado cuidadoso de los ejemplares para separarlos de la materia orgánica y posteriormente se llevó a cabo la identificación de la especie con el criterio de Brusca *et al.* (1995). Los ejemplares se sexaron clasificándolos en hembras ovígeras (Coyuca = 90, Manialtepec = 65), machos (Coyuca = 156, Manialtepec = 125) y juveniles (Coyuca = 50, Manialtepec = 53). Con una cámara canon EOS REBEL T3 adaptada a un microscopio Carl ZEISS Stemi 2000-C se fotografiaron organismos de todos los estadios de ambas lagunas (Fig. 2) y fueron procesados en el programa de medición Digimizer Ver. 4.0. donde se tomó la longitud total (LT). De cada hembra ovígera se contaron huevos y embriones de ambas localidades; el resto se secaron colocándose en charolas bajo una lámpara y finalmente se pesaron en una balanza analítica.

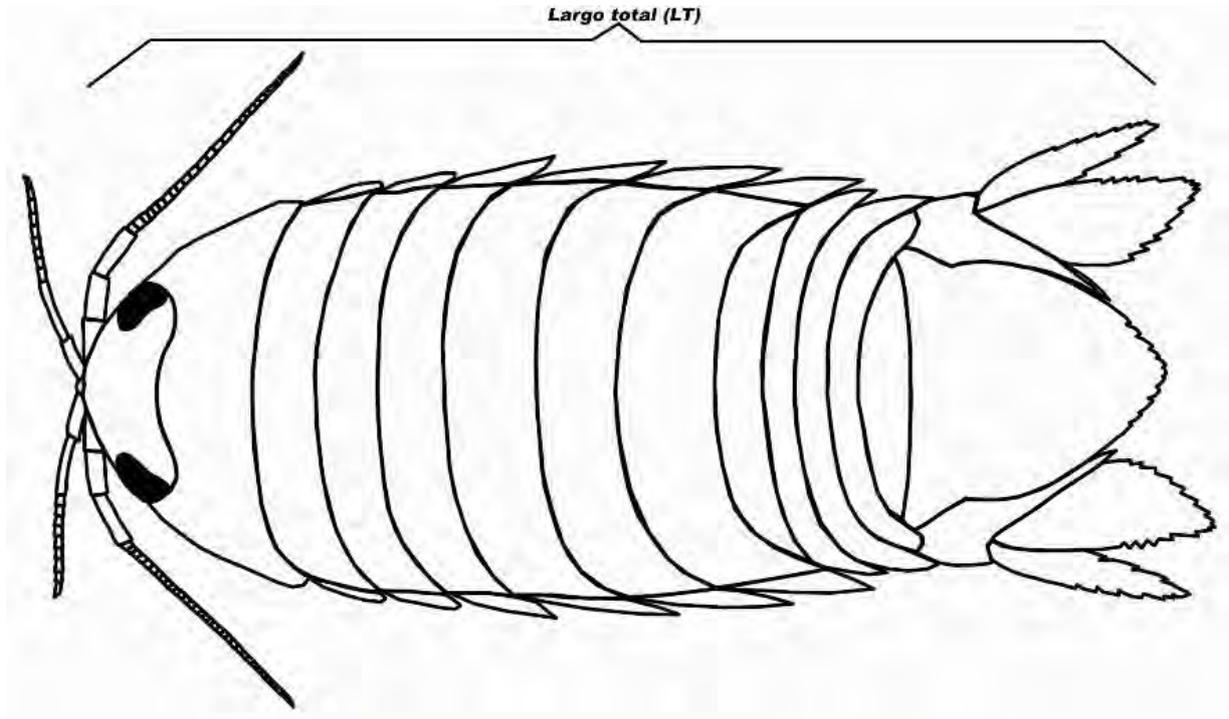


Fig. 2. Esquema de un individuo macho de *Anopsilana oaxaca*.

Para ambas poblaciones se obtuvieron los modelos de longitud-peso y longitud-fecundidad (huevos y embriones). Se determinó el tipo de crecimiento relativo para toda la población relacionando la longitud total (LT) con el peso total (P) con el modelo potencial:

$$P = aLT^b$$

Donde:

P = variable dependiente (peso o fecundidad)

LT = variable independiente (longitud total)

b = pendiente

a = ordenada al origen

La pendiente muestra una variación del P o tasa de crecimiento relativo en función de LT, llamada también “coeficiente de alometría” (Ferreira, *et al.*, 2008) ($b > 3$ alometría positiva, $b < 3$ alometría negativa o $b = 3$ isometría) y “a” es el intercepto que corresponde al punto medio de P cuando LT se hace cero, se aplicó logaritmo base 10 a las variables LT y P para estimar el crecimiento de juveniles y adultos por separado. Se utilizó el coeficiente de determinación (R^2) para estimar el ajuste de los datos en los modelos. La prueba de t-student fue empleada para comprobar la hipótesis de isometría ($b = 3$ de las relaciones PT-LT) y la prueba de F para evaluar las diferencias dentro y entre las poblaciones. Todos los cálculos fueron realizados utilizando en el programa PAST ver. 3.11.

Para conocer el estado de salud de las poblaciones, se utilizó el factor de condición relativo, fue elegido por no tener variación con el crecimiento alométrico y permite hacer comparaciones con individuos de distinto tamaño, la ecuación empleada es la siguiente:

$$K_n = \frac{W}{W'}$$

Donde:

W = peso del individuo (g)

W' = peso esperado (g)

Para obtener el parámetro W' , se estimó previamente la relación longitud-peso siguiendo la ecuación de regresión potencial. Finalmente, la ecuación se expresó de la siguiente manera:

$$K_n = \frac{P}{aLT^b}$$

Donde:

K_n = factor de condición relativo,

P = peso total del individuo (g),

a y b = constantes de la relación peso-longitud

LT = longitud estándar (mm) del individuo

En el entorno natural, dos modelos se usan generalmente para describir el crecimiento de una especie (Gamito, 1998): el modelo de crecimiento de Laird-Gompertz y la ecuación de crecimiento lineal de von Bertalanffy (1938). El modelo de Gompertz fue propuesto por Benjamin Gompertz, (Winsor, 1932), es un modelo logístico utilizado para modelar el crecimiento en peces (Ricker, 1975) y es una de las funciones más empleadas para describir el crecimiento de los individuos. Bertalanffy fue desarrollado para calcular el crecimiento individual (Fonseca *et al.*, 2000), por ser el que mejor se ajusta a organismos marinos, especialmente a los que presentan crecimiento rápido y tamaños pequeños; se ha aplicado a una amplia variedad de especies (Petriella y Boschi, 1997; Ehrhardt, 2008) y, según García y Le Reste (1981), aunque existen diferencias entre la fisiología de los peces y los crustáceos, el modelo describe adecuadamente el crecimiento de estos artrópodos. Los modelos se estructuran de la siguiente forma:

$$\text{Gompertz: } = L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}$$

$$\text{von Bertalanffy: } = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

t = edad del individuo (estimada por el tamaño)

L_t = longitud del individuo a la edad t

k = coeficiente de crecimiento

L_{∞} = longitud asintótica máxima

t_0 = edad hipotética inicial del individuo cuando su longitud es igual a cero

e = base de los logaritmos naturales

Se procesaron los datos (Coyuca = 475, Manialtepec 507) en el programa programa SPSS ver. 22 para obtener los parámetros $L_{\text{máx}}$, K y t_0 , a partir de las iteraciones efectuadas con una regresión no lineal.

RESULTADOS

Ambientales

La salinidad fue de 2 y 12 ups; la temperatura de 32.7 y 37.2°C en Laguna Coyuca y Laguna Manialtepec, respectivamente.

Crecimiento relativo

La relación entre las variables de longitud total y el peso de los isópodos fue significativa en ambas poblaciones, explicando el incremento de peso con el aumento en longitud de los organismos (Fig. 3); de igual manera se obtuvo un coeficiente alométrico positivo que indicó que los individuos ganan más peso que longitud durante su crecimiento (Prueba de t , $p < 0.0001$). Las diferencias entre las pendientes no fueron significativas (Prueba de F , $p = 0.5$); mostrando una similitud en el patrón de crecimiento entre la población de Coyuca y Manialtepec.

La diferencia de la longitud-peso entre juveniles y adultos de ambas poblaciones (Fig. 4) es significativa (Prueba de F , $p = 0.5$); se obtuvo alometría positiva en juveniles evidenciando que en esta etapa de su ciclo de vida los especímenes tienden a ganar longitud con gran velocidad en vez de peso, contrario a lo que ocurre con la alometría negativa en adultos (prueba de t , $p < 0.001$). En cuanto al cambio ontogenético, los valores de las pendientes de juveniles ($b = 4.091$) y adultos ($b = 2.734$) de la población de Coyuca indicaron una tasa mayor de crecimiento en comparación con la población de Manialtepec. (Juveniles $b = 3.147$ y adultos $b = 2.075$).

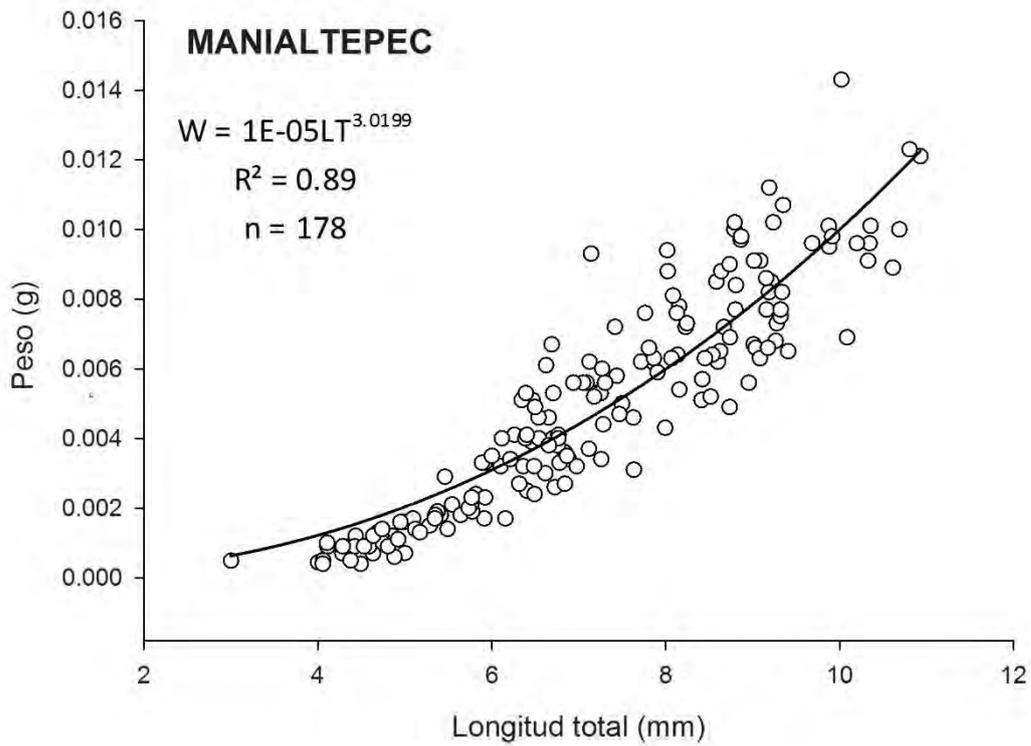
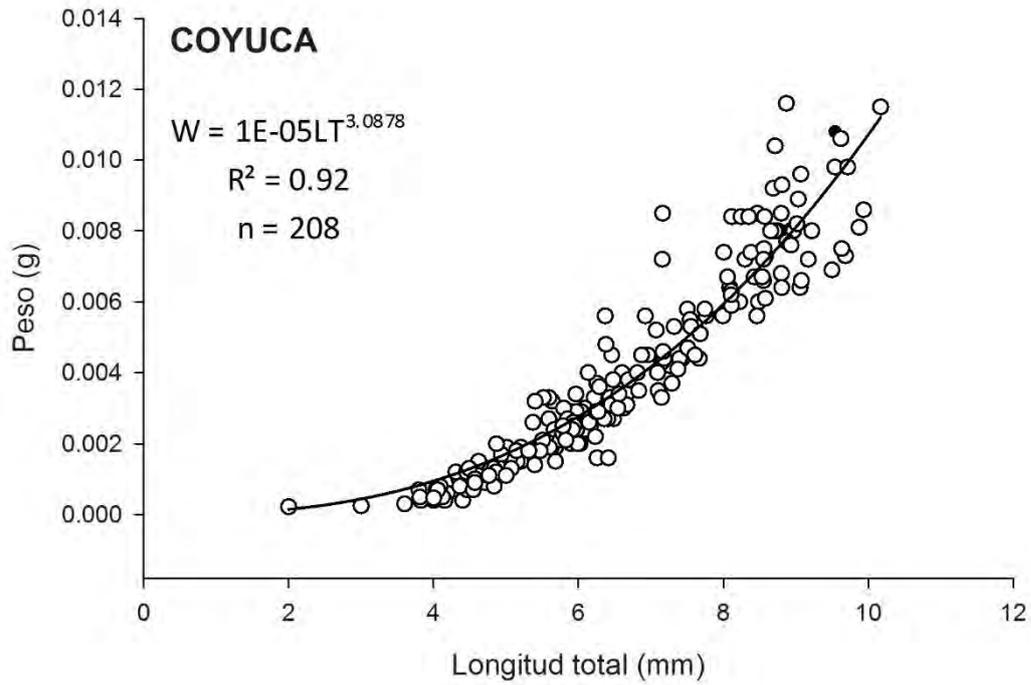


Fig. 3. Relación longitud-peso de dos poblaciones de *A. Oaxaca*. Ecuación alométrica, coeficiente de determinación (R^2) y número de organismos (n).

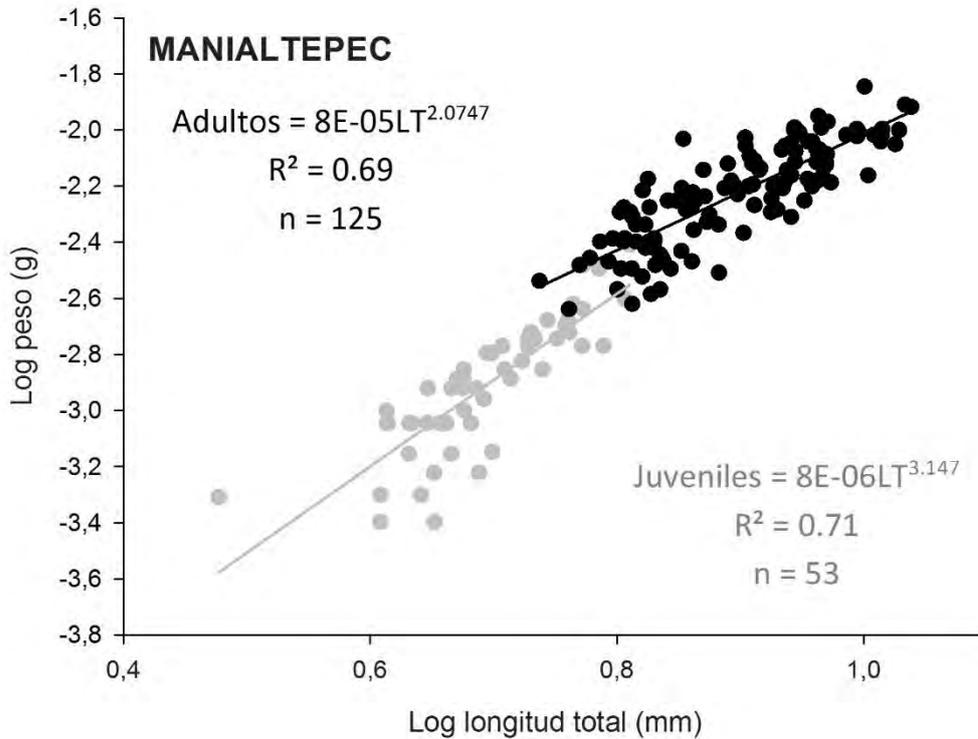
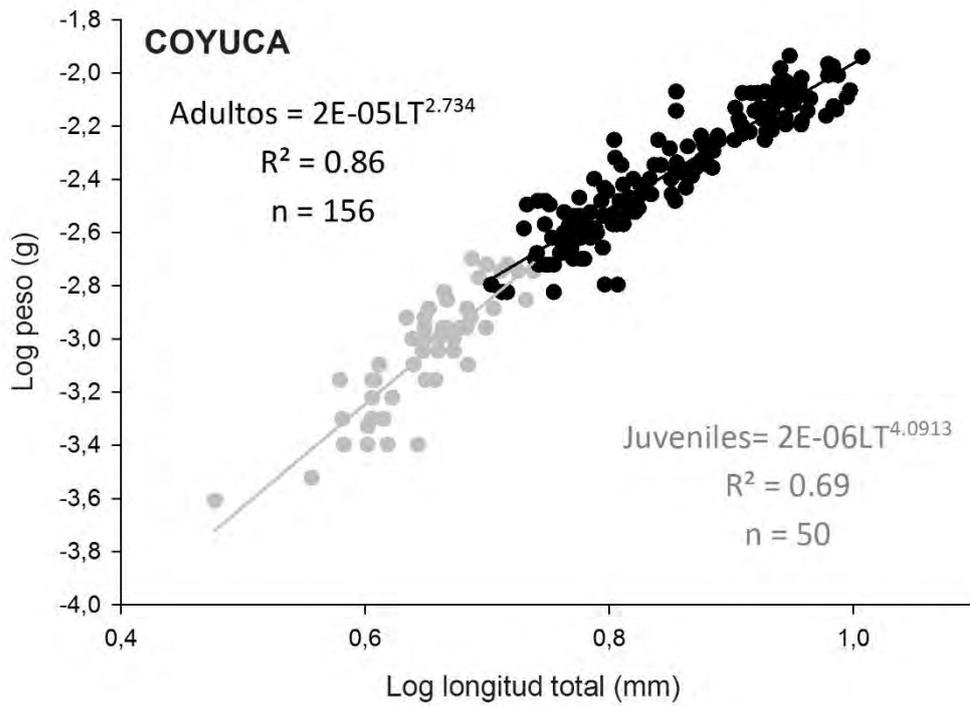


Fig. 4. Relación longitud-peso de juveniles y adultos. Ecuación alométrica, coeficiente de determinación (R^2) y número de organismos (n).

Factor de condición relativo

En general el valor del factor de condición relativo en ambas poblaciones fue cercano a 1 (Tabla 1). El único valor por debajo de 1 fue de los juveniles de la población de Coyuca, en comparación con Manialtepec los juveniles y adultos de la tuvieron valores superiores.

Tabla 1. Valores de factor de condición relativo de juveniles y adultos de dos poblaciones de *A. oaxaca*.

Localidad	Juveniles	Adultos
Coyuca	0.995	1.020
Manialtepec	1.044	1.043

Crecimiento individual

Se estructuraron las curvas de los modelos de von Bertalanffy y Gompertz (Fig. 5 y 6) para cada población, donde se observa el incremento en talla respecto a la edad, se incluyeron las ecuaciones con los parámetros de $L_{m\acute{a}x}$, k y t_0 .

Las longitudes máximas calculadas en las dos poblaciones con el modelo de Von Bertalanffy fueron: Coyuca 9.79 mm y Manialtepec 15.95 mm. Los organismos de Manialtepec tienden a tener una talla mayor. La constante de crecimiento nos indica que los individuos de la población de Coyuca tuvieron un crecimiento acelerado ($k = 0.55$); es decir, que alcanzaron la longitud máxima en poco tiempo. Sin embargo, los individuos de la población de Manialtepec crecieron a menor velocidad ($k = 0.43$) y alcanzan una $L_{m\acute{a}x}$ mayor.

En el modelo de Gompertz se mostró un patrón de crecimiento individual similar al modelo de von Bertalanffy, donde el valor de la constante de crecimiento continúa siendo mayor en la población de Coyuca ($k = 0.83$).

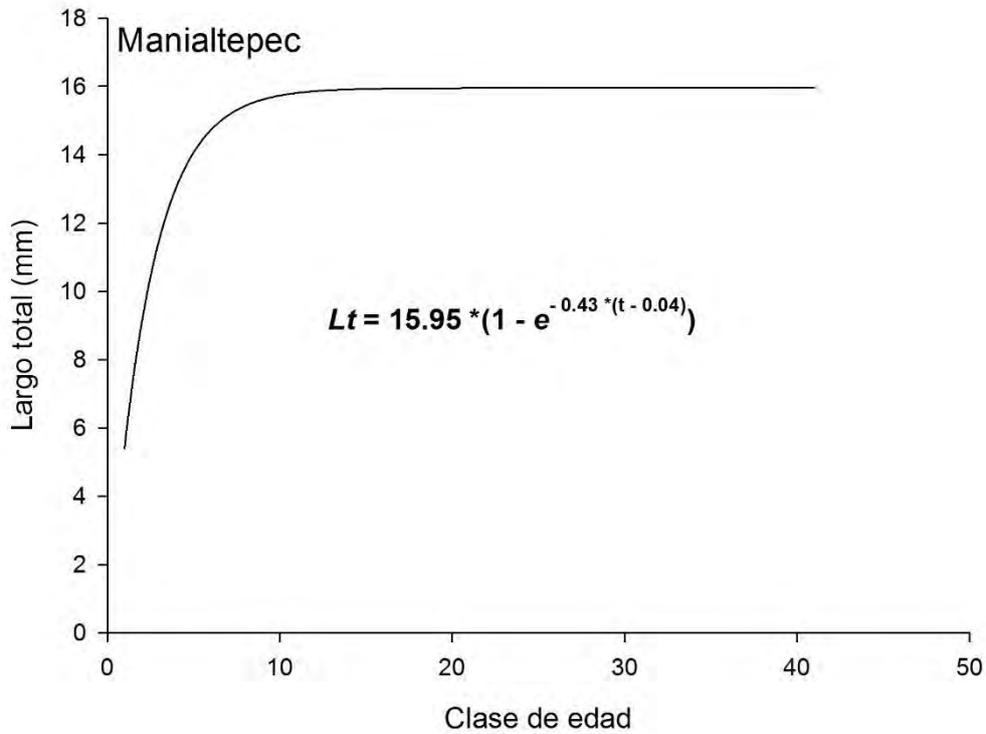
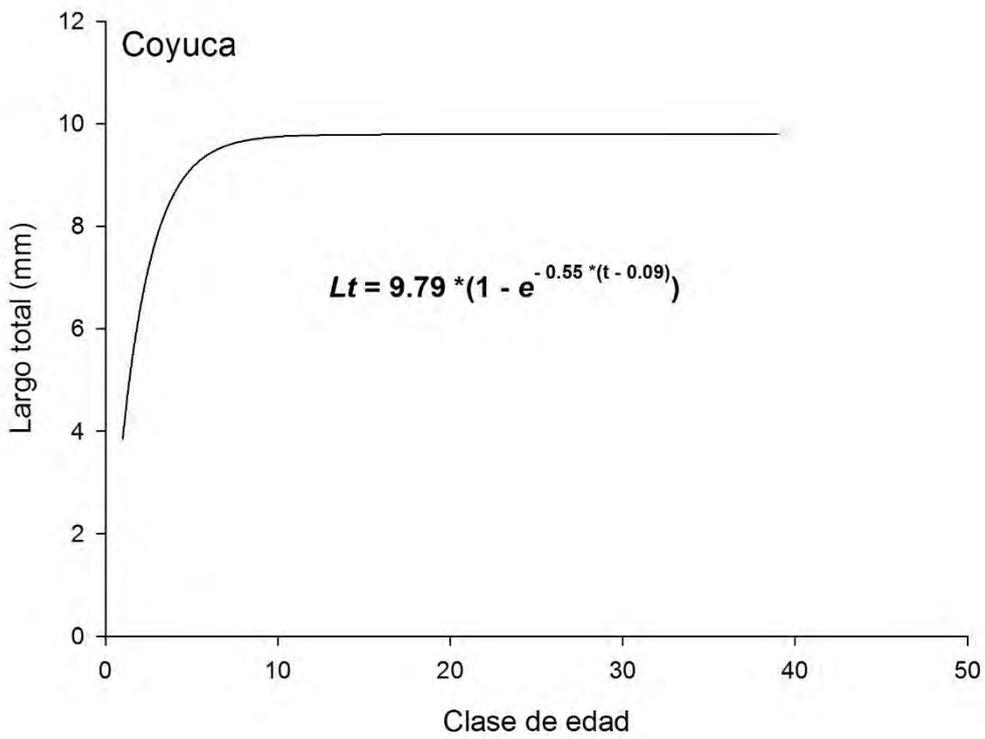


Fig. 5. Modelo de von Bertalanffy de las poblaciones de *A. oaxaca*.

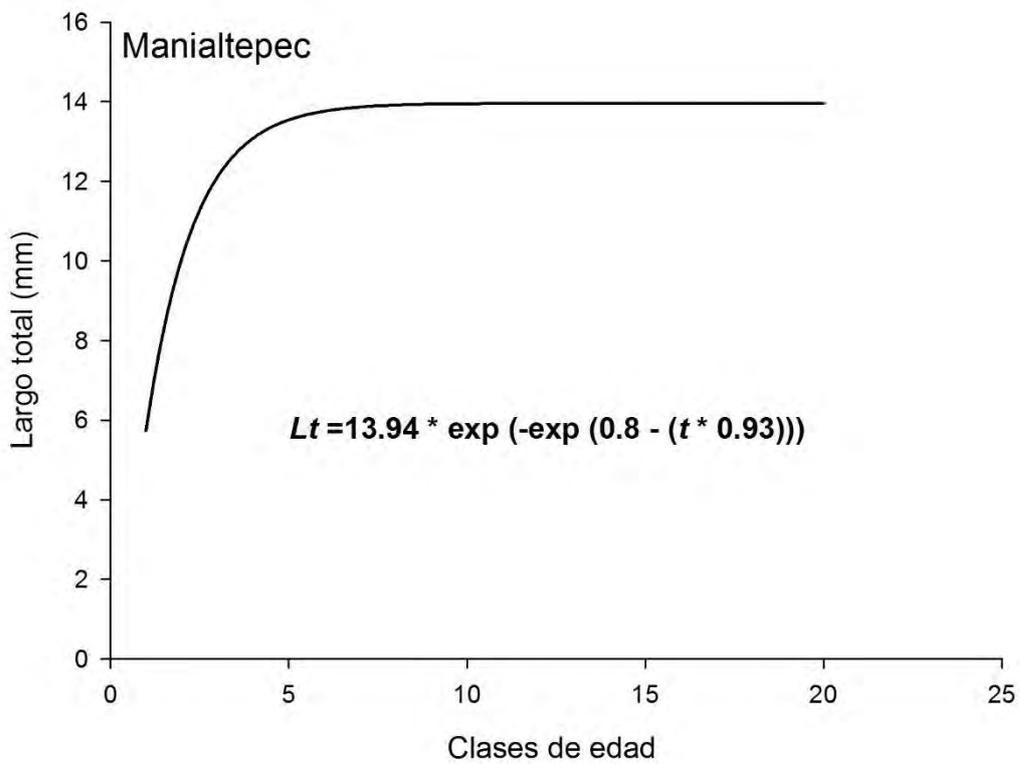
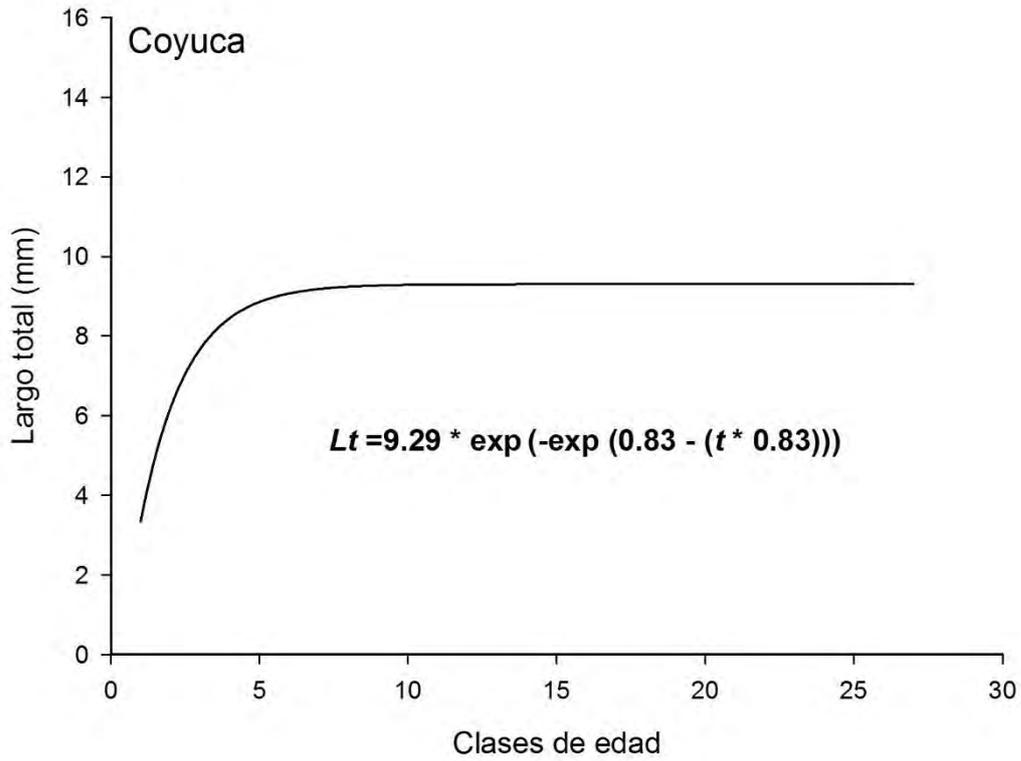


Fig. 6. modelo de crecimiento de Gompertz de las poblaciones de *A. oaxaca*.

Tabla 2. Comparación de parámetros de crecimiento de *A. oaxaca* con otras especies de cirolánidos.

Especie	Localidad	Lmax (mm)	Parámetro k	Autor
<i>Anopsilana oaxaca</i>	Guerrero (México)	9.79	0.55	En el presente estudio
	Oaxaca (México)	15.95	0.43	
<i>Excirolana armata</i>	Las Toninas (Argentina)	11.52	0.77	Thompson y Sánchez de Bock, 2007
	Aguas Verdes (Argentina)	12.2	0.52	
	Mar del Tuyú (Argentina)	12.11	0.69	
	Barra del Chuy (Uruguay)	15.8	0.4	
<i>Excirolana brasiliensis</i>	Río de Janeiro (Brasil)	9.5	1	Fonseca <i>et al.</i> , 2000

Fecundidad

Las tallas de madurez sexual en la población de Coyuca vario de 5.25 a 8.85 mm; y en Manialtepec de 6.15 a 9.91 mm, mostrando una tendencia a tallas menores en las hembras maduras de la población de Coyuca y en relación a la producción de huevos y embriones las hembras ovígeras tuvieron intervalos de 9-65 y 9-59 respectivamente. En Manialtepec se tuvo una menor producción de huevos con un intervalo de 15 - 50 y 6 - 68 embriones.

Los promedios de huevos y embriones de las poblaciones marcaron diferencias significativas (prueba de t , $p < 0.0001$) (Tabla 3), evidenciando la mayor producción de huevos en las hembras maduras de la población de Coyuca. Se muestran también otras especies de isópodos cirolánidos con su fecundidad y rango de talla reproductiva donde observamos que esta especie se encuentra en un lugar intermedio con una alta tasa de fecundidad (Tabla 4).

Tabla 3. Descripción de las tallas, número de huevos y embriones de dos poblaciones de *A. oaxaca*.

	Coyuca	Manialtepec
Talla mínima de reproducción	5.25	6.15
Talla máxima de reproducción	8.85	9.91
Promedio de longitud total	5.1 ± 2.2	7.3 ± 0.8
Número mínimo de huevos	9	15
Número máximo de huevos	65	50
Promedio	35.5 ± 12.6	32 ± 8.3
Número mínimo de embriones	9	6
Número máximo de embriones	59	68
Promedio	34.2 ± 12.7	33.6 ± 12.4

La relación longitud-fecundidad fue elevada, en la población de Coyuca (Fig. 5), el número de huevos y embriones incrementa al aumentar la talla de las hembras ($R^2 = 0.74$ y $R^2 = 0.81$, respectivamente), de igual manera no hay diferencias significativas entre las pendientes de huevos y embriones (Prueba de F, $p = 0.641$), sugiere que durante el desarrollo dentro del marsupio la mortalidad de los embriones es baja; caso contrario de los que ocurre en la población de Manialtepec donde no existe una relación entre la fecundidad y la longitud total de las hembras, con coeficientes de determinación bajos de huevos ($R^2 = 0.24$) y embriones ($R^2 = 0.38$); las pendientes muestran que no existe una relación entre los huevos producidos y los embriones encontrados.

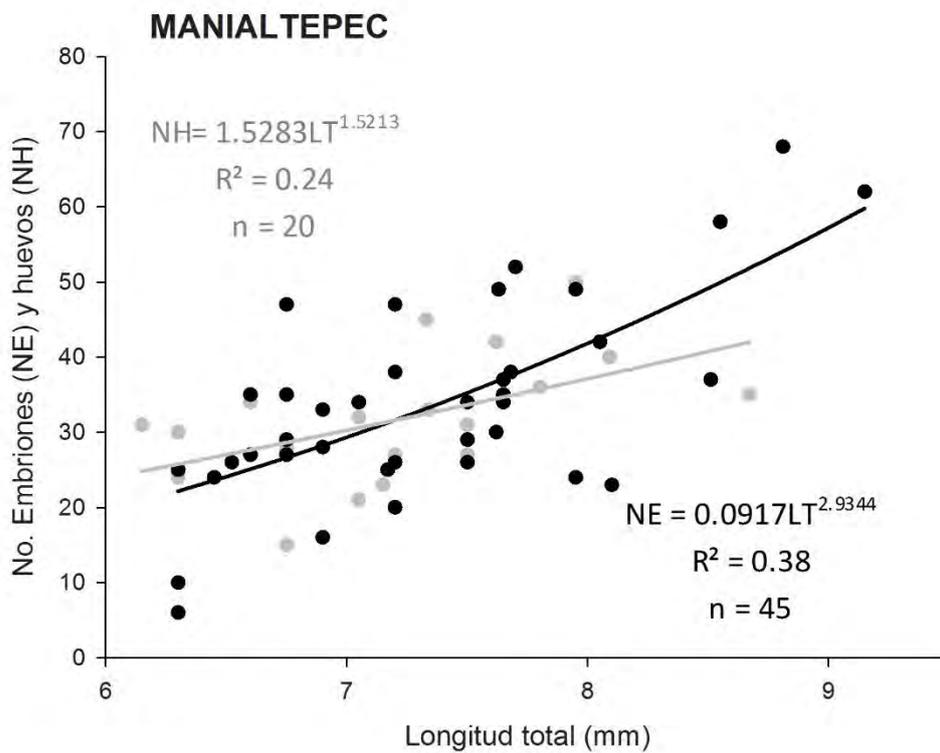
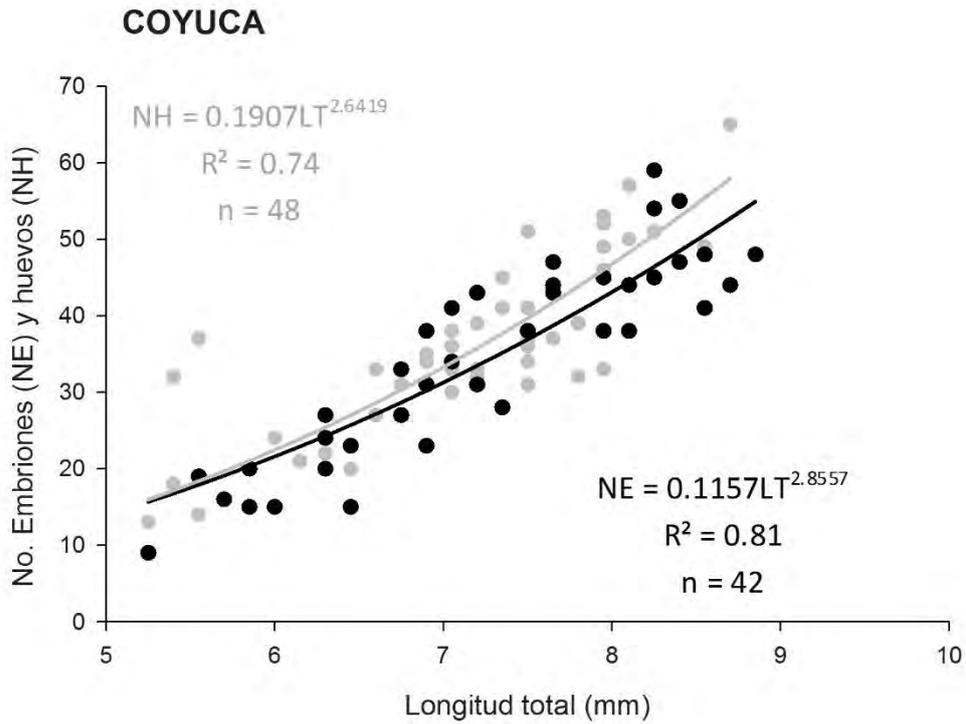


Fig. 7. Relación longitud-fecundidad (huevos o embriones), coeficiente de determinación (R^2) y número de organismos (n).

Tabla 4. Fecundidad y talla reproductiva de distintas especies de isópodos.

Especie	Localidad	Fecundidad		Rango de talla reproductiva (mm)	Autor
		Huevos	Embriones		
<i>Anopsilana oaxaca</i>	Guerrero (México)	9 - 65	9 - 59	5.25 - 8.85	En el presente estudio
	Oaxaca (México)	15 - 50	6 - 68	6.15 - 9.91	
<i>Cirolana harfordi</i>	Monterrey (México)	16 - 68		9 - 11	Johnson, 1976
<i>Cirolana imposita</i>	Península del Cabo (Sudáfrica)	15 - 33		5 - 14.2	Shafir y Field, 1980
<i>Excirolana brasiliensis</i>	Río de Janeiro (Brasil)		2 - 27	4.6 - 9.8	Fonseca <i>et al.</i> , 2000
<i>Paradella diana</i>	Estero de Urias (México)	14 - 25		3.46 - 5.5	García-Guerrero y Hendrickx, 2005
<i>Uromunna spp.</i>	Estero de Urias (México)	9 - 16		1.2 - 1.54	

DISCUSIÓN

Las diferencias de la tasa de crecimiento no son significativas, indica patrones similares de crecimiento entre las poblaciones, las dos poblaciones de *A. oaxaca* presentaron alometría positiva, que ocurre en otros cirolánidos como *Cirolana fluviatilis* (Newman *et al.*, 2007) y *Excirolana armata* (Thompson y Sánchez de Bock, 2007). El crecimiento por muda depende fundamentalmente de la edad de los individuos y de las condiciones ambientales. Por lo general en las etapas postlarval y juvenil las especies muestran mayor frecuencia de muda y un crecimiento más rápido, disminuyendo el porcentaje de incremento por muda con la edad (Petriella y Boschi, 1997), los mayores incrementos en longitud se presentan en organismos de tallas pequeñas (Ramos-Cruz, 2000) esta tendencia se demostró con la alometría positiva en juveniles. Evidencias experimentales han mostrado que la tasa de crecimiento decrece con la edad (Petriella y Boschi, 1997), como sucede también con la etapa adulta en las dos poblaciones de *A. oaxaca*, donde se demostró que los incrementos en longitud no eran tan amplios (alometría negativa); y es así como se determinó que existía diferencia de crecimiento durante el desarrollo ontogénico de la especie.

En el modelo de von Bertalanffy, considera a los organismos como un sistema abierto, donde el resultado de la relación entre anabolismo y catabolismo es el crecimiento (Bertalanffy, 1938). En este equilibrio, la ingestión de alimentos, la densidad de población y especialmente la temperatura, ejercen fuerte influencia sobre el crecimiento (Pauly, 1980; Pollock, 1995; Fontoura y Agostino, 1996), donde el parámetro "k" corresponde al índice de madurez o a la estimativa de precocidad de madurez (Nobre *et al.*, 1987). Cuanto mayor sea el valor de este parámetro más

precoz es el animal y viceversa (Brown *et al.*, 1976) en el caso de la población de Coyuca la constante k muestra un valor precoz ($k = 0.55$), también se reportan cirolánidos con un valor de k elevado como *Excírolana armata* mostrando la influencia de las condiciones ambientales en dos de cuatro localidades (Thompson y Sánchez de Bock, 2007; de Alava y Defeo, 1991) y *Excírolana brasíleñs* (Fonseca *et al.*, 2000) demostrando que no es la única especie con un crecimiento acelerado, aunque exista diferencia notoria en el valor de k entre las dos poblaciones significa que una de ellas debe alcanzar su longitud máxima lo antes posible y esto puede deberse a la necesidad de llegar rápido a la etapa madura, debido a la inestabilidad del ambiente y de esta manera asegurar su reproducción.

Se mostró que el modelo del von Bertalanffy es adecuado para el cálculo de la longitud total, se ajusta bien a los procesos biológicos, debido al crecimiento discontinuo y rápido de los crustáceos (Petriella y Boschi, 1997). *Anopsilana oaxaca* alcanzó una $L_{máx}$ de 9.79 mm en la población de Coyuca. Sin embargo, la población de Manialtepec registró una $L_{máx}$ de 15.95 mm, otras especies como *Excírolana brasíleñs* presentan longitudes máximas pequeñas y una k elevada, distinto a lo que ocurre con *Excírolana armata* que decrecen sus valores del parámetro k en cuanto su longitud máxima incrementa. Lo que nos habla de que la velocidad de crecimiento no implica grandes incrementos en talla por cada muda. Puede haber una pronunciada variación del crecimiento individual en razón de las condiciones ambientales y disponibilidad de alimento de cada región u otros factores (Petriella y Boschi, 1997), como el costo que genera un individuo al aumentar su reproducción disminuyendo su supervivencia y / o su tasa de crecimiento (Begon *et al.*, 2006).

Un gran número de funciones matemáticas han sido diseñadas para describir el crecimiento, entre ellas el modelo de Gompertz, el cual es una de las alternativas más comunes al modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Ricker, 1975). Ha sido propuesto para la descripción de fenómenos biológicos asociados al crecimiento (Winsor, 1932).

En general un valor promedio de $Kn \geq 1.0$ indica un que el hábitat es apropiado para el desarrollo de la población de una especie, en tanto que, un valor de $Kn < 1.0$ expresa que las condiciones no son las adecuadas o son por debajo del nivel óptimo (Ruíz-Campos *et al.*, 2006). En este caso el factor de condición relativo fue mayor en Manialtepec, sugiriendo que el régimen mesohalino de la laguna, define condiciones ambientales favorables para el crecimiento de la población, en Coyuca los juveniles tuvieron un $Kn < 1.0$ (0.995) indicando que en esa etapa de su ciclo de vida son más vulnerables a pesar de que la especie se reporta como eurihalina, en las condiciones ambientales en las que se encuentra no se ve totalmente favorecida. Sin embargo, los valores de los juveniles de la población de Coyuca no son mayores de 1, lo cual puede ser un indicativo de que las condiciones de la laguna no sean lo suficientemente favorables para su desarrollo durante esta etapa de su vida. Al parecer, las condiciones de Manialtepec si fueron favorables para los organismos durante todo su ciclo vital, debido a que el factor de condición relativo calculado para la población fue mayores que 1.

Generalmente varios autores como Jensen (1958) y Schutz (1963) han sugerido que la relación entre la talla y la fecundidad es exponencial en los peracáridos. Sin embargo, muchos investigadores han utilizado el modelo potencial

para describir la fecundidad (Hines, 1991; Reid y Corey, 1991; Pinheiro y Fransozo, 1995; Palma y Arana, 1997), representando el cambio proporcional de la fecundidad con respecto a la talla corporal (Bagenal, 1967; Hines, 1982; Kroer, 1989), considerando el crecimiento discontinuo y la variable volumétrica del huevo que suele aumentar exponencialmente con el tamaño de la hembra (Somers, 1991), como se confirmó en la población de Coyuca, donde se produjo mayor número de huevos en hembras más grandes como sucede en otras especies de isópodos (Kroer, 1989); por ejemplo: *Cirolana imposita*, *Eurydyce longicornis* (Rucky *et al.*, 1991), *C. fluviatilis* (Newman *et al.*, 2007), *Uromunna sp.* y *Paradella diana* (García-Guerrero y Hendrickx, 2005). En el trabajo anterior de Ramírez *et al.* (2002) no observaron diferencias significativas entre las pendientes de las relaciones de la talla de las hembras con huevos y embriones de esta misma especie, sugiriendo que los huevos producidos llegan al final del desarrollo embrionario.

También nos encontramos con el hecho de que no existe relación entre la fecundidad y la talla de las hembras en la población de Manialtepec; debido posiblemente, a la variabilidad alta en la talla de los embriones. En otras especies como *Eurydice nipponica* (Tamaki y Suzukawa, 1997) se comparó dos grupos de hembras con huevos de distinto tamaño, lo cual podría causar una reducción del número de huevos por hembra, mientras que en *Pontogeloides latipes* y *Exciorolana natalensis* (Ruyck *et al.*, 1991) se ha reportado la pérdida de embriones debido a mortalidad entre las etapas embrionarias o la liberación parcial de juveniles. La amplitud número de huevos producido por *A. oaxaca* es mayor que en otras especies como *Cirolana harfordi* (Johnson, 1976) y *Cirolana imposita* (Shafir y Field, 1980).

CONCLUSIÓN

En conclusión, las tasas de crecimiento individual en las poblaciones muestran que en la población de Manialtepec alcanzó un valor de $L_{\text{máx}}$ mayor (15.95 mm), con una tasa de crecimiento menor ($k= 0.43$) y por lo tanto el crecimiento en Coyuca es más acelerado. El patrón de crecimiento relativo de las dos poblaciones es similar, siendo alométrico positivo para juveniles y alométrico negativo para adultos como en varias especies de cirolánidos.

Los resultados obtenidos demostraron que los intervalos de producción de huevos (Coyuca 9 – 65, Manialtepec 15 – 50) y embriones (Coyuca 9 – 59, Manialtepec 6 – 68) de ambas poblaciones son intermedios en comparación con otras especies. Por otro lado, sólo en la población de Coyuca la relación longitud-fecundidad significativa ($R^2=0.74$ huevos y $R^2=0.81$ embriones), evidenciando las diferencias en la fecundidad entre las poblaciones; las hembras de Coyuca son maduras sexualmente a tallas más pequeñas (5.25 – 8.85 mm), a pesar de que de acuerdo al factor de condición relativo el ambiente es más favorables para la población de Manialtepec ($Kn_{\text{Adultos}}=1.043$).

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Gómez, R. 2001. Caracterización óptica de la laguna costera de Coyuca de Benítez. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 46: 78-97.
- Álvarez-Silva, C. y Torres-Alvarado, M. D. R. 2013. Composición y abundancia del zooplancton de la laguna de Coyuca, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 23(2): 241-249.
- Aragón-Noriega, E. A. (2014). Modeling the individual growth of the Gulf corvina, *Cynoscion othonopterus* (Pisces: Sciaenidae), using a multi-model approach. *Ciencias Marinas*, 40(2): 149-161.
- Bagenal, T. G. 1967. A short review of fish fecundity, In: S. D. Gerking [ed.], *The biological basis of freshwater fish production*. Blackwell. p: 89-111.
- Brown, J. E., Fitzhugh, H. A., y Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science*, 42(4): 810-818.
- Brusca, R. C., Wetzer, R., y France, S. C. 1995. Cirolanidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera) of the tropical eastern Pacific. *San Diego Society of Natural History*, 30: 12-16.
- Caddy, J. F. 1989. *Marine invertebrate fisheries. Their assessment and management*. John Wiley y Sons, New York, p: 752.
- Carvacho, A. y Y. Haasmann. 1984. Isópodos litorales de Oaxaca, Pacífico mexicano. *Cahiers de Biologie Marine*, 25: 15-32.
- Contreras, E. F. 2010. *Ecosistemas Costeros Mexicanos. Una Actualización*. UAM-I. México, p: 514.
- Day, E., Hall, E., Kemp, B. y Yáñez-Arancibia, A. 1989. *Estuarine ecology*, Willey-Interscience.p: 1-576.
- de Alava, A., y Defeo, O. 1991. Distributional pattern and population dynamics of *Excirrolana armata* (Isopoda: Cirolanidae) in a Uruguayan sandy beach. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 33(5): 433-444.

- Ehrhardt, N. M. 2008. Estimating growth of the Florida spiny lobster, *Panulirus argus*, from molt frequency and size increment data derived from tag and recapture experiments. *Fisheries Research*, 93(3): 332-337.
- 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.
- Ferreira, S., Sousa, R., Delgado, J., Carvalho, D. y Chada, T. 2008. Weight-length relationships for demersal fish species caught off the Madeira archipelago (eastern-central Atlantic). *Journal of Applied Ichthyology*, 24(1): 93-95.
- Fonseca, D. B., Veloso, V. G. y Cardoso, R. S. 2000. Growth, mortality, and reproduction of *Excirolana braziliensis* Richardson, 1912 (Isopoda, Cirolanidae) on the Prainha beach, Rio de Janeiro, Brazil. *Crustaceana*, 73(5): 535-545.
- Fontoura, N. F. y Agostinho, A. A. 1996. Growth with seasonally varying temperatures: an expansion of the von Bertalanffy growth model. *Journal of Fish Biology*, 48(4): 569-584.
- Ford, R. E. 1997. Workshop on lobster and rock lobster ecology and physiology. Growth patterns of lobsters. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Melbourne, p: 75-81.
- Gamito, S. 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecological Modelling*, 113: 83-94.
- García, M. E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Offset Larios. 4^a edición. México, p: 153.
- García, S. y Le Reste, L. 1981. *Life cycles, dynamics exploitation, and management of coastal penaeid shrimps stocks*. FAO Fisheries Technical Paper, 203: 1-215.
- García-Guerrero, M. y Hendrickx, M. E. 2005. Fecundity and reproductive period of *Paradella diana*e and *Uromunna* sp. (Peracarida, Isopoda) associated with prop roots of *Rhizophora mangle* in a tropical coastal lagoon, SE Gulf of California, Mexico. *Crustaceana*, 78(7): 769-780.

- Guarino, S. M., Gambardella, C. y De Nicola, M. 1993. Biology and population dynamics of *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda) in the Gulf of Naples, the Tyrrhenian Sea. *Vie et milieu*, 43(2-3): 125-135.
- Guzmán, M. y Rojas G. 1976. "Ecología de las lagunas costeras (Coyuca de Benítez)", Curso de Biología de Campo, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Hines, A. H. 1982. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Marin. Biology*, 69: 309-320.
- Hines, A. H. 1991. Fecundity and reproductive output in nine species of *Cancer* crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 267-275.
- Jensen, J. P. 1958 The relation between body size and number of eggs in marine malacostrakes. *Meddel Danmarks Fisk Og Havundersog Ny Ser*, 2(19): 1-25.
- Johnson, W. S. 1976. Biology and population dynamics of the intertidal isopod *Cirolana harfordi*. *Marine Biology*: 36(4): 343-350.
- Kroer, N., 1989. Life cycle characteristics and reproductive patterns of *Idotea* spp. (Isopoda) in the Limfjord, Denmark. *Ophelia*, 30 (1): 63-74.
- Martínez-Córdova, L. R., y Córdova, L. R. M. 1999. *Cultivo de camarones peneidos: principios y prácticas*. AGT Editor, p: 283.
- Mejía, J. C., Barrera, T. C., Figueroa, J. L. A., Hernández, L. H. H., Mejía, G. C., Andrade, R. D. L. y Monroy, M. D. C. D. 2009. La salinidad y su efecto en la reproducción del crustáceo *Artemia* sp. *ContactoS*, 73: 5-15.
- Newman, B. K., Wooldridge, T. H. y Cockcroft, A. C. 2007. Aspects of the biology and ecology of the estuarine cirolanid isopod, *Cirolana fluviatilis*. *African Zoology*, 42(1): 12-22.
- Nobre, P. R. C., Rosa, A. D. N., da Silva, L. O. C. y Evangelista, S. R. M. (1987). Curvas de crescimento de gado Nelore ajustadas para diferentes frequências de pesagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 22(09/10): 1027-1037.

- Palma, G. y Arana, P. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones Marinas*, 25: 203-221.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil*, 39(2): 175-192.
- Petriella, A. M. y Boschi, E. E. 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investigaciones Marinas*, 25: 135-157.
- Pinheiro, M. A. y Fransozo, A. 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodríguez da Costa, 1960 (Crustacea, Anomura, Porcellanidae) em Ubatuba (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 55(4): 623-631.
- Pollock, D. E. 1995. Changes in maturation ages and sizes in crustacean and fish populations. *South African Journal of Science*, 15: 99-103.
- Ramos-Cruz, S. 2000. Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Revista de biología tropical*, 48(4): 873-882.
- Reid, D. M. y S. Corey. 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans. II. The fecundity of fifteen species of anomuran and brachyuran crabs. *Crustaceana*, 61(2): 175-189.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- Rocha, R. A., Alcocer, D. J., Chávez., L. R., Escobar, B. E. y Villalobos, H. J. L. 2012. Guía de identificación de isópodos acuáticos continentales mexicanos. *Coordinación Editorial de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.*
- Rocha, R. A., Román, C. R. y Cházaro, O. 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.

- Ruíz-Campos, G., Camarena-Rosales, F., Reyes-Valdés, C. A., Torres-Balcazar, E. y Valles-Ríos, M. E. 2006. Length-weight relationship, condition factor and level of parasitism of the Baja California killifish, *Fundulus lima* (Teleostei: Fundulidae). *Studies of North American desert fishes in honor of EP (Phil) Pister, conservationist* (ML Lozano-Vilano, and AJ Contreras-Balderas, editors). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, p: 62-71.
- Ruyck, A. N., DE, M., Donn, T. E. y McLachlan, A. 1991. Life histories and breeding patterns of three intertidal sand beach isopods. *Marine Ecology*, 12(2): 105-121.
- Schutz, L. 1963. Die Beziehung zwischen Ei-Embryonenzahl und Körpergröße der Weibchen einiger Peracarida aus dem Nord-Ostsee-Kanal. *Zoologischer Anzeiger*, 171: 291-302.
- Shafir, A. y Field, J. G. 1980. Population dynamics of the isopod *Cirolana imposita* Barnard in a kelp-bed. *Crustaceana*, 39(2): 185-196.
- Somers, K. M. 1991. Characterizing size-specific fecundity in crustaceans. En: F.R. Schram (ed.). *Crustacean egg production*. A.A. Balkema, Rotterdam. Crustacean Issues, 7: 357-378.
- Tamaki, A. y Zusukawa, K. 1997. Life history and zonation dynamics of the cirolanid isopod, *Eurydice nipponica* Bruce y Jones, on an intertidal sandal on western Kyushu, Japan. *Crustacean Research*, 26: 83-102.
- Thompson, G. A. y Sanchez de Bock, M. S. 2007. Population dynamics of *Exciroilana armata* (Isopoda: Cirolanidae) in Buenos Aires beaches, Argentina. *Revista de biología tropical*, 55(1): 131-140.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10(2): 181-213.
- Winfield, I. y Ortiz, M. 2011. Crustáceos con bolsa incubadora (Crustacea: Malacostraca: Peracarida). In: Hernández-Ortiz, V. (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. II, Cap. Invertebrados. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, México, p: 277–286.

- Winsor, C. P. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the national academy of sciences*, 18:1-7.
- Zetina-Moguel, C. E. y Ríos-Lara, G. V. 2000. Modelos de crecimiento de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y un método para calcular la edad. *Ciencia Pesquera*, 14: 57-61.
- Begon, M., J. L. harper Y C. R. Townsend, 1997. Ecology fourth edition: From individuals to ecosystems. Blackwell publishing, p: 115.