

Relaciones morfométricas de la langosta *Panulirus argus* de las costas de Yucatán, México

Carlos Enrique Zetina Moguel, Gloria Verónica Ríos Lara y Kenneth Cervera Cervera

Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén. INP. Apdo. Postal #73. 97230 Progreso, Yuc.

ZETINA-MOGUEL, C. y G.V. RÍOS L. 1996. Relaciones morfométricas de la langosta *Panulirus argus* de las costas de Yucatán, México *INP. SEMARNAP Ciencia pesquera No. 12*.

En este trabajo se estiman las relaciones entre: longitud total antenular (Lt) y longitud abdominal (La), longitud cefalotorácica (Lc) y longitud abdominal (La), peso total (Pt) y longitud total antenular (Lt), peso total (Pt) y longitud abdominal (La), peso abdominal (Pa) y longitud abdominal (La). Los datos se obtuvieron entre marzo y junio de 1994 y julio de 1995 en la costa de Yucatán, México. Las relaciones se establecieron por análisis de regresión lineal, multiplicativa y exponencial. El criterio de selección del modelo fue el análisis de varianza de la regresión, la prueba de significancia para los coeficientes, el coeficiente de determinación y el análisis de los residuales. Los modelos seleccionados son: para ambos sexos $Lt = 1.91 + 1.39La$ ($R^2 = 88.22$), $Lc = -0.008 + 0.51La$ ($R^2 = 52.67$), $Pt = 0.07Lt^{2.82}$ ($R^2 = 83.94$), $Pt = 0.31La^{2.69}$ ($R^2 = 80.39$), $Pa = 0.22La^{2.47}$ ($R^2 = 79.28$); para machos $Lt = 1.47 + 1.39La$ ($R^2 = 88.3$), $Lc = 0.81 + 0.59La$ ($R^2 = 56.58$), $Pt = 0.05Lt^{2.93}$ ($R^2 = 84.79$), $Pt = 0.205La^{2.82}$ ($R^2 = 80.39$), $Pa = 0.22La^{2.5}$ ($R^2 = 76.54$), y para hembras $Lt = 2.42 + 1.34La$ ($R^2 = 88.97$), $Lc = -0.06 + 0.45La$ ($R^2 = 54.56$); $Pt = 0.062Lt^{2.72}$ ($R^2 = 84.61$), $Pt = 0.28La^{2.58}$ ($R^2 = 82.88$) y $Pa = 0.22La^{2.44}$ ($R^2 = 82.76$). El cálculo del peso total de las langostas se obtiene multiplicando el peso abdominal por 2.59 ± 0.72 .

Palabras clave: Relaciones morfométricas, langosta espinosa, *Panulirus argus*, Yucatán, Golfo de México.

Several morphometric relationships were estimated in this study, as follows: antenular total length (Lt) and abdominal length (La), cephalothorax length (Lc) and abdominal length (Lc), total weight (Pt) and abdominal length (La), total weight (Pt) and total length (Lt), total weight (Pt) and abdominal length (La), and abdominal weight (Pa) and abdominal length (La). Data were collected on March and June of 1994 and July of 1995 off Yucatan peninsula, Mexico. It was applied regression analysis both linear, multiplicative and exponential models; and the choice criteria were based on significance of both models and coefficients, determination coefficient and residual analysis. Additionally the bootstrap coefficients and its quartiles 5 and 95 were estimated. The obtained models are: for both sexes $Lt = 1.91 + 1.39La$ ($R^2 = 88.22$), $Lc = -0.008 + 0.51La$ ($R^2 = 52.67$), $Pt = 0.07Lt^{2.82}$ ($R^2 = 83.94$), $Pt = 0.31La^{2.69}$ ($R^2 = 80.39$), $Pa = 0.22La^{2.47}$ ($R^2 = 79.28$); for males $Lt = 1.47 + 1.39La$ ($R^2 = 88.3$), $Lc = 0.81 + 0.59La$ ($R^2 = 56.58$), $Pt = 0.05Lt^{2.93}$ ($R^2 = 84.79$), $Pt = 0.205La^{2.82}$ ($R^2 = 80.39$), $Pa = 0.22La^{2.5}$ ($R^2 = 76.54$), and for females $Lt = 2.42 + 1.34La$ ($R^2 = 88.97$), $Lc = -0.06 + 0.45La$ ($R^2 = 54.56$); $Pt = 0.062Lt^{2.72}$ ($R^2 = 84.61$), $Pt = 0.28La^{2.58}$ ($R^2 = 82.88$) y $Pa = 0.22La^{2.44}$ ($R^2 = 82.76$). A transformation factor (2.59 ± 0.72) for abdominal weight to total weight capture statistics was calculated with rate estimator.

Keywords: Morphometric relations, spiny lobster, *Panulirus argus*, Yucatan, Gulf of Mexico.

Introducción

En la evaluación de los recursos pesqueros se suele usar las capturas comerciales como fuente de datos de la estructura de tallas y edades de las poblaciones sujetas a pesca (Gulland y Rosenberg, 1992; Sparre y Venema, 1992; Hilborn y Walters, 1992). Sin embargo, en ocasiones y por razones prácticas, los datos que se pueden obtener de estas capturas son tan sólo de una parte de los organismos (i.e. el abdomen de langostas y camarones, o el troncho o cuerpo sin cabeza de los tiburones), por lo que es necesario calcular las tallas o pesos de los organismos enteros a través de relaciones morfométricas previamente establecidas.

La langosta *Panulirus argus* que se pesca en las costas de la península de Yucatán está destinada a un mercado que demanda principalmente el abdomen ("cola") del crustáceo; y debido a esto las capturas desembarcadas se registran como "peso de colas" y normalmente no se cuenta con los datos de peso y talla de organismos enteros. En las oficinas de gobierno se aplica un factor de conversión a peso vivo (peso entero), que en el caso de la langosta fue 3 durante algunos años y por causas que se desconocen se cambió a 2 (es decir, $\text{Peso vivo} = \text{Peso de cola} \times 2$).

En la bibliografía sobre la langosta *Panulirus argus* se encuentran algunas relaciones morfométricas. Cruz *et al.* (1981), en Cuba, correlacionaron el largo total antenular y el largo del cefalotórax. Con datos de la costa de Quintana Roó, México,

Briones *et al.* (1994) relacionaron longitud cefalotorácica con longitud abdominal, longitud total, peso total y peso abdominal; y González-Cano (1991) lo hizo entre longitud cefalotorácica y longitud abdominal, longitud total y longitud abdominal, y longitud cefalotorácica y longitud total (ver detalles en Tablas 1 y 2). Algunas que no se han reportado son las relaciones entre peso total y longitud total, peso total y longitud abdominal y peso total y peso abdominal. De cualquier forma, para que tengan validez, es recomendable mantener actualizadas estas relaciones morfométricas (Holden y Raitt, 1974).

El objetivo de este estudio fue establecer algunas relaciones morfométricas útiles para obtener los datos deseados a partir de los tomados en los muestreos, y así poder evaluar las poblaciones de langosta. Se propone un factor para calcular capturas en peso entero a partir del peso de colas.

Método

La colecta de la información se realizó durante seis campañas. Las tres primeras entre marzo y junio de 1994 (temporada de veda), en las que se tomaron muestras de refugios artificiales ("casitas cubanas") localizados en la costa oriental del estado de Yucatán, en profundidades de 2 a 6 metros, y las otras tres en julio de 1995, a bordo de embarcaciones menores, en operaciones de pesca comercial entre los 7 y 15 metros de profundidad, en las costas al oriente (Río Lagartos), al centro (Dzilam de Bravo) y al occidente (Sisal) del estado. Durante estas campañas se capturaron 497 organismos, a los cuales se les tomaron medidas de longitud total o antenular (Lt), desde la base de las anténulas hasta el final del télson, longitud de la cola (La), desde el borde posterior del cefalotórax hasta el final del télson, y longitud del cefalotórax (Lc), desde la base de las anténulas hasta el borde posterior del cefalotórax. Las longitudes se midieron en centímetros (cm) con un vernier. El peso total (Pt) y el peso de la cola (Pa) se tomaron en gramos (g) con una balanza de resorte. Durante las seis campañas las condiciones del mar fueron de bonanza hasta calma chicha.

Para establecer las relaciones entre Lt-La, Lc-La, Pt-Lt, Pt-La y Pa-La se usaron en cada caso técnicas de regresión, con los modelos lineal ($Y=a+bX$), multiplicativo ($Y=aX^b$) y exponencial ($Y=e^{(a+bX)}$). El criterio de selección del modelo fue el análisis de varianza de la regresión, la prueba de significancia para los coeficientes, el coeficiente de determinación y el análisis de los residuales (Sokal and Rohlf, 1981; Montgomery, 1984; Steel & Torrie, 1988). Después de seleccionar los modelos se estimaron los coeficientes y los cuartiles 5 y 95 utilizando la técnica de *bootstrap*, para lo cual se hizo un programa utilizando el software *Resampling Stats* (v 3.13) y se hicieron cálculos con 1 000 repeticiones (Simon & Bruce, 1992; Stine, 1990).

Se calculó un factor de conversión para calcular la captura de langosta entera (Cpt) a partir del peso de las colas (CPa), utilizando un estimador de razón:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n Pt_i}{\sum_{i=1}^n Pa_i} \quad (1)$$

Donde: r = razón; Pt = peso total; y Pa = peso abdominal.

La varianza de esta razón es:

$$\hat{V}_{(r)} = \hat{V} \left(\frac{\sum Pt}{\sum Pa} \right) = \left(\frac{N-n}{nN} \right) \left(\frac{1}{\mu Pa^2} \right) \frac{\sum_{i=1}^n (Pt_i - rPa_i)^2}{n-1} \quad (2)$$

Donde:

- V = Varianza estimada de la razón
- N-n/Nn = Factor de corrección por población finita, (en este caso se asumió N-n/Nn = 1).
- μ = media poblacional de Pa, que por desconocida se substituyó por la media muestral.

La estimación de los parámetros, su error estándar y el coeficiente de determinación de cada uno de los modelos seleccionados se obtuvo para hembras y machos juntos y por separado.

Resultados

El modelo exponencial siempre fue el menos apropiado y no se seleccionó para ninguna de las relaciones morfométricas calculadas. En las relaciones peso-longitud el coeficiente de determinación del modelo lineal fue ligeramente superior al del modelo multiplicativo, pero se eligió este último debido a que los residuales presentaban una distribución más balanceada ("aleatoria") alrededor de la predicción, mientras que con el modelo lineal se podían percibir ligeras tendencias.

Los modelos de las diferentes relaciones seleccionadas fueron:

Hembras y machos, juntos

1. Lt = 1.91+1.39La,	donde p < 0.01 y R ² = 88.22
2. Lc = -0.008+0.51La,	donde p < 0.01 y R ² = 52.67
3. Pt = 0.07Lt ^{2.82} ,	donde p < 0.01 y R ² = 83.94
4. Pt = 0.31 La ^{2.69} ,	donde p < 0.01 y R ² = 80.39
5. Pa = 0.22La ^{2.47} ,	donde p < 0.01 y R ² = 79.28

Machos

1. Lt = 1.47+1.39La,	donde p < 0.01 y R ² = 88.30
2. Lc = 0.81+0.59La,	donde p < 0.01 y R ² = 56.58
3. Pt = 0.05Lt ^{2.93} ,	donde p < 0.01 y R ² = 84.79
4. Pt = 0.205La ^{2.82} ,	donde p < 0.01 y R ² = 80.39
5. Pa = 0.22La ^{2.5} ,	donde p < 0.01 y R ² = 76.54

Hembras

1. Lt = 2.42+1.34La,	donde p < 0.01 y R ² = 88.97
2. Lc = -0.06+0.45La,	donde p < 0.01 y R ² = 54.56
3. Pt = 0.062Lt ^{2.72} ,	donde p < 0.01 y R ² = 84.61
4. Pt = 0.28La ^{2.58} ,	donde p < 0.01 y R ² = 82.88
5. Pa = 0.22La ^{2.44} ,	donde p < 0.01 y R ² = 82.76

En las *tablas 3 a 5* se presentan los modelos de las diferentes relaciones, el cálculo de los coeficientes y su error estándar, así como el coeficiente de determinación para ambos sexos juntos y por separado. En las *figuras 1 a 5* se muestran los gráficos de dispersión de las relaciones, la línea de ajuste de los modelos y las bandas de confianza (95%) del cálculo.

El cálculo de la razón (r) para obtener el peso entero de las langostas a partir del peso de las colas fue: $r=2.59$, con varianza 0.131, y límite para el error de estimación de 0.723. El peso se puede calcular por:

$$C_{Pt} = r C_{Pa} \quad (3)$$

Donde:

C_{Pt} = Captura de langosta entera (peso vivo)

C_{Pa} = Captura en peso de colas,

y su varianza:

$$V(\hat{\tau}_{Pt}) = (\tau_{Pa})^2 V_{(r)} \quad (4)$$

Donde: $V_{(r)}$ = Varianza estimada de la razón r que se presentó en líneas anteriores.

Discusión

Las relaciones morfométricas presentadas en este trabajo son de gran utilidad para el estudio y manejo de la pesquería de langosta, ya que su aplicación facilita la comparación de resultados de investigación sobre crecimiento, talla de primera madurez sexual, talla de primera captura, etc., así como el muestreo, ya que, si el tiempo apremia, se puede tomar una sola medida y después realizar las transformaciones.

Los coeficientes de determinación obtenidos aquí son de menor magnitud que los reportados para el Mar Caribe por otros autores, lo cual puede deberse a que los datos utilizados en este estudio proceden de un área más amplia que, por ejemplo, los que se reportan para el Caribe mexicano (González-Cano, 1991; Briones *et al.*, 1994.) y las muestras son más pequeñas que las utilizadas en la República de Cuba (Cruz *et al.*, 1981). En algunas de las relaciones entre longitudes, como Lt-La y Lc-La, los resultados obtenidos en el Caribe mexicano parecen ser estadísticamente diferentes a los obtenidos en este trabajo. La comparación no es posible, ya que el cálculo de González-Cano (1991) es puntual. De cualquier manera los valores medios de pesos y longitudes estimados no son muy diferentes en un orden de centésimas de centímetro. El conjunto de relaciones morfométricas puede considerarse complementario; sin embargo, es recomendable que tengan un uso local y se actualicen.

De manera particular, la relación entre las longitudes cefalotorácica y abdominal dio un coeficiente de determinación bajo. Esto significa que al estimar la longitud cefalotorácica a partir de la longitud de la cola se tendrá poca pre-

cisión, por lo cual resulta conveniente incrementar el tamaño de la muestra para mejorar la estimación.

Referencias bibliográficas

- BRIONES, P.; E. Lozano, M.A. Cabrera y P. Arceo. 1994. Biología y ecología de las langostas del Golfo de México y Caribe. En: Flores-Hernández D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (Eds.) *Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. EPOMEX Serie Científica 4, 1994. Universidad Autónoma de Campeche.* (En prensa).
- COCHRAN G.W. 1980. Técnicas de muestreo. *Ed. Continental. México.* 513 pp.
- CRUZ, R.; R. Coyula y A.T. Ramírez. 1981. Crecimiento y mortalidad de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la plataforma suroccidental de Cuba. *Rev. Cub. Inv. Pesq.* 6(4):89-119.
- GONZALEZ-CANO J. M. 1991. Migration and refuge in the assesment and management of the spiny lobster *Panulirus argus* in the mexican Caribbean. *Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy and Diploma of Imperial College in the Faculty of Science of the University of London. Imperial College of Science, Technology and Medicine.*
- GULLAND, J.A. and A.A. Rosenberg. 1992. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper. No 323. Rome, FAO.* 1992 100p.
- HILBORN, R. and C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. *Chapman and Hall, Inc. USA.* 570p.
- HOLDEN, M. J. and D. F. S. Raitt 1974. Manual of fisheries science. Part 2. *FAO Fisheries Technical Paper No 115 Revisión 1.*
- MONTGOMERY, C. D. 1984. Design and analysis of experiments. *John Wiley & Sons. USA.* 480 pp.
- SCHEAFFER, R., W Mendez Hall & L. Ott. 1987. Elementos de muestreo. *Ed. Iberoamericana. México* 321 pp.
- SPARRE, P. y S.C. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Documento Técnico de Pesca, No 306.2, Rev. 2. Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar.* 1992. xxxp.
- STEEL, R. & J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. *Mc. Graw-Hill. México.* 622 pp.
- SOKAL, R.R. and F.J. Rohlf. 1981. Biometry *W.H. Freeman and Company. N.York,* 859 pp.
- STINE, R. 1990. An introduction to bootstrap methods. Examples and ideas. In Fox, J. and S. (eds.) *Long. Modern methods of data analysis. Sage publications California.* Pág. 325 -273.

Anexo

Tabla 1. Relaciones morfométricas de langosta (*Panulirus argus*) de varios autores. LA es longitud abdominal, LC y Lc son longitud cefalotorácica, LT y Lta son longitud total antenular, PT es peso otal y PA es peso abdominal. La longitud se da en centímetros y el peso en gramos.

Relación	R ²	Zona de pesca	Autor (año)
LA= 13.22+ 1.64 LC	>0.9	Caribe mexicano	Briones <i>et al.</i> (1994)
LT= 24.97+ 2.67 LC	>0.9	Caribe mexicano	"
Log(PT)= -2.0048+ 2.43 Log(LC)	>0.9	Caribe mexicano	"
Log(PA)= -2.69+ 2.55 Log(LC)	>0.9	Caribe mexicano	"
Lta= 36.35 + 2.54 Lc	>0.9	Costa cubana	Cruz <i>et al.</i> (1981)
Lc= -11.65 + 0.38 Lta	>0.9	Costa cubana	"

Tabla 2. Relaciones morfométricas de langosta (*Panulirus argus*) del Caribe mexicano según González-Cano (1991). LC = longitud cefalotorácica, LA = longitud abdominal, LT = longitud total. M y H son los coeficientes de machos y hembras, respectivamente. La última columna contiene el coeficiente de determinación.

Relación	Sexo	A	B	R ²
LC vs LA	M	-0.989	0.672	0.91
	H	0.013	0.568	0.88
LA vs LC	M	2.789	1.356	0.91
	H	1.986	1.554	0.88
LT vs LA	M	-0.878	1.643	0.96
	H	0.022	1.547	0.95
LA vs LT	M	1.081	0.587	0.96
	H	0.702	0.619	0.95
LC vs LT	M	-0.713	0.412	0.95
	H	-0.120	0.372	0.94
LT vs LC	M	2.722	2.326	0.95
	H	1.757	2.541	0.94

Tabla 3. Modelos, parámetros (a y b), su error estándar (E.S.), y coeficiente de determinación estimado en hembras y machos juntos por regresión en las relaciones: longitud total (Lt)-longitud abdominal (La), longitud del cefalotorax (Lc)-longitud abdominal (La), peso total (Pt)-longitud total (Lt), peso total (Pt)-longitud abdominal (La) y peso abdominal (Pa)-longitud abdominal (La). En la tercera columna se presentan los coeficientes estimados con *bootstrap* y entre paréntesis los cuartiles 5 y 95. Longitud en centímetros y peso en gramos.

Modelo	Parámetros	Parámetros calculados con <i>bootstrap</i>	Coefficiente de determinación (R ²)
Lt = a+ b La	a = 1.91 ± 0.38	a = 1.92 (1.29-2.61)	88.22
Lineal	b = 1.39 ± 0.02	b = 1.39 (1.33-1.44)	
Lc = a+ b La	a = -0.008 ± 0.48	a = 0.12 (- 0.5-0.75)	52.67
Lineal	b = 0.510 ± 0.03	b = 0.51 (0.46-0.56)	
Pt = a Lt ^b	a = 0.07 ± 0.008	a = 0.002 (0.004-0.001)	83.94
(Multiplicativo)	b = 2.82 ± 0.07	b = 2.82 (2.77-2.87)	
Pt = a La ^b	a = 0.31 ± 0.07	a = 1.12 (1.07-1.17)	80.39
(Multiplicativo)	b = 2.69 ± 0.17	b = 2.18 (2.11-2.25)	
Pa = a La ^b	a = 0.22 ± 0.01	a = 0.03 (0.029-0.031)	79.28
(Multiplicativo)	b = 2.47 ± 0.07	b = 2.65 (2.60-2.70)	

Tabla 4. Modelos, parámetros (a y b), su error estándar (E.S.), y coeficiente de determinación estimado en machos por regresión en las relaciones: longitud total (Lt)-longitud abdominal (La), longitud del cefalotorax (Lc)-longitud abdominal (La), peso total (Pt)-longitud total (Lt), peso total (Pt)-longitud abdominal (La) y peso abdominal (Pa)-longitud abdominal (La). Longitud en centímetros y peso en gramos.

Modelo	Parámetros	Coefficiente de determinación (R ²)
Lt = a+ b La	a = 1.47 ± 0.54	88.30
(Lineal)	b = 1.39 ± 0.02	
Lc = a+ b La	a = -0.81 ± 0.69	56.58
(Lineal)	b = 0.59 ± 0.05	
Pt = a Lt ^b	a = 0.05 ± 0.008	84.79
(Multiplicativo)	b = 2.93 ± 0.09	
Pt = a La ^b	a = 0.20 5± 0.07	80.39
(Multiplicativo)	b = 2.82 ± 0.11	
Pa = a La ^b	a = 0.22 ± 0.01	76.54
(Multiplicativo)	b = 2.50 ± 0.11	

Tabla 5. Modelos, parámetros (a y b), su error estándar (E.S.), y coeficiente de determinación estimado en hembras por regresión en las relaciones: longitud total (Lt)-longitud abdominal (La), longitud del cefalotorax (Lc)-longitud abdominal (La), peso total (Pt)-longitud total (Lt), peso total (Pt)-longitud abdominal (La) y peso abdominal (Pa)-longitud abdominal (La). Longitud en centímetros y peso en gramos.

Modelo	Parámetros	Coefficiente de determinación (r ²)
Lt = a+ b La	a = 2.42 ± 0.54	88.97
(Lineal)	b = 1.34 ± 0.04	
Lc = a+ b La	a = -0.06 ± 0.64	54.56
(Lineal)	b = 0.45 ± 0.04	
Pt = a Lt ^b	a = 0.062 ± 0.009	84.61
(Multiplicativo)	b = 2.72 ± 0.10	
Pt = a La ^b	a = 0.28 ± 0.25	82.88
(Multiplicativo)	b = 2.58 ± 0.10	
Pa = a La ^b	a = 0.22 ± 0.28	82.76
(Multiplicativo)	b = 2.44 ± 0.09	

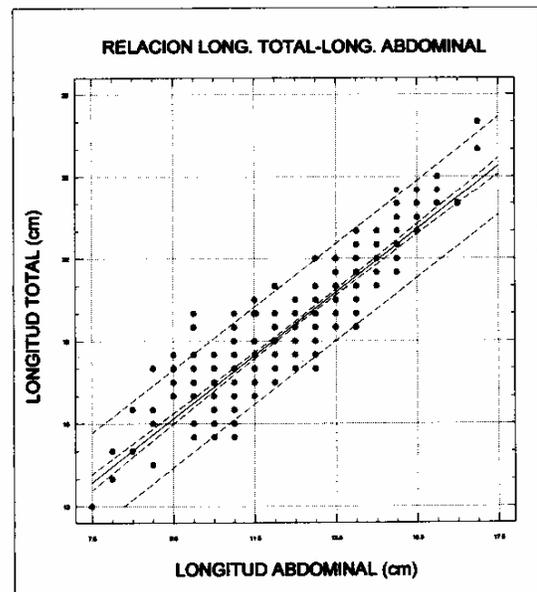


Fig. 1. Relación longitud total - longitud abdominal. Lt = 1.91+1.39 La, p<0.01 y R² = 88.22

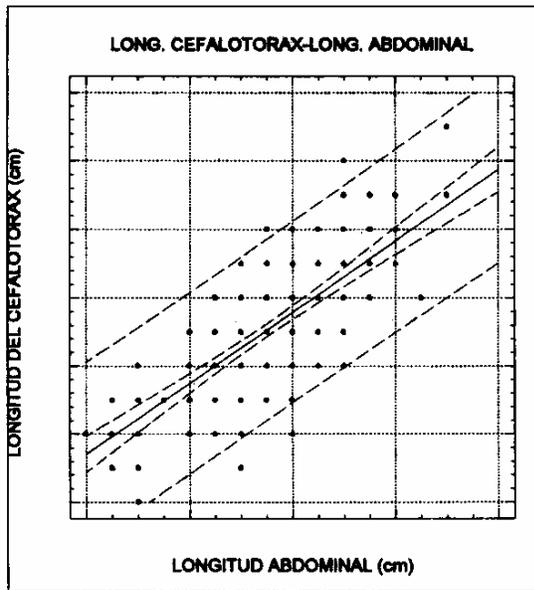


Fig. 2. Relación longitud del cefalotórax - longitud abdominal
 $Lt = -0.008 + 0.510 La$, $p < 0.01$ y $R^2 = 52.67$. En este caso el parámetro a (-0.008) no fue significativo

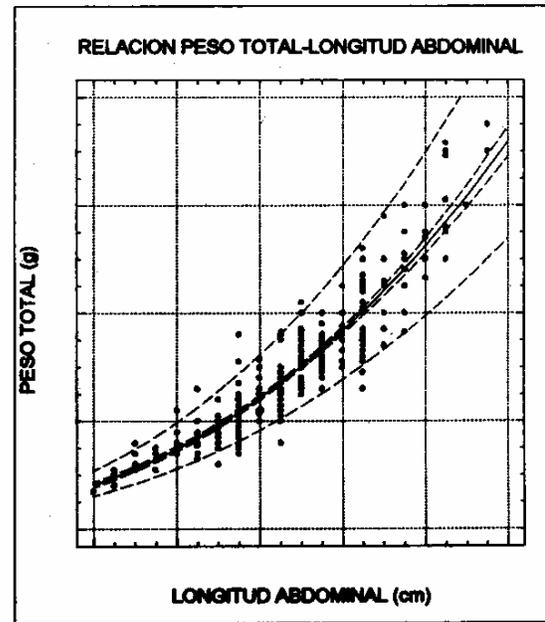


Fig. 4. Relación peso total - longitud abdominal
 $Pt = 0.331 La^{2.69}$ $p < 0.01$ y $R^2 = 80.39$

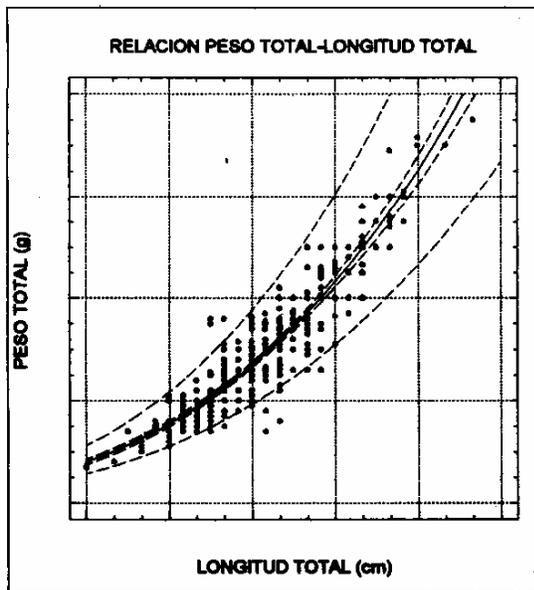


Fig. 3. Relación peso total - longitud total antenular.
 $Pt = 0.07 Lt^{2.82}$ $p > 0.01$ y $R^2 = 83.94$

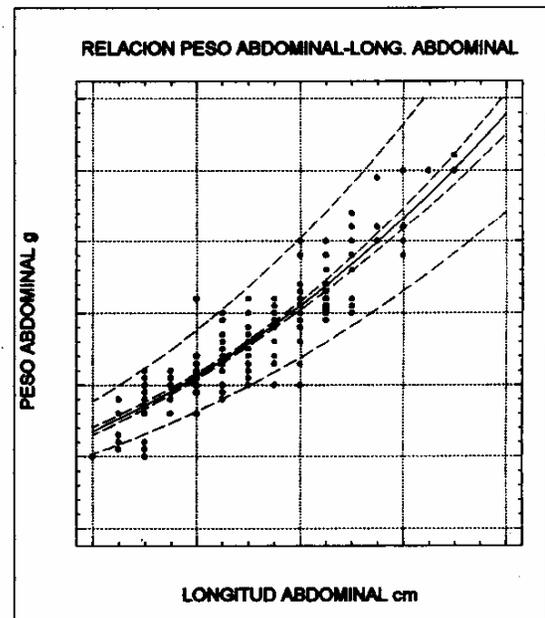


Fig. 5. Relación peso abdominal - longitud abdominal.
 $Pa = 0.22 La^{2.47}$ $p < 0.01$ y $R^2 = 79.28$