

Análisis prospectivo de las relaciones morfométricas de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (BIVALVIA: PINNIDAE) en Corralero-Alotengo, Oaxaca, México

Saúl Jaime Serrano-Guzmán*

Resumen

Análisis prospectivo de las relaciones morfométricas de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (BIVALVIA: PINNIDAE) en Corralero-Alotengo, Oaxaca, México. Treinta y cuatro ejemplares de *P. rugosa* recolectados del sistema lagunar Corralero-Alotengo, por buceo autónomo durante 1997, fueron reconocidos macroscópicamente (machos, hembras e indiferenciados), y medidos individualmente sobre su longitud anteroposterior (LAP), pesados íntegramente en fresco (PFT) distinguiendo el peso fresco del músculo abductor (PFM), para establecer las relaciones morfométricas LAP-PFT, LAP-PFM y PFT-PFM; e inferir el tipo de crecimiento (isométrico ó alométrico: positivo A+, o negativo A-) y la tasa intrínseca de crecimiento (TIC).

Cuando los individuos aún no se diferencian sexualmente, la relación LAP-PFT es potencial ($R^2 = 0.867$) e isométrica (TIC = 3.476); y va de exponencial ($R^2 = 0.949$) a potencial ($R^2 = 0.911$) A+ (TIC = 3.753) en las hembras, sin diferencias significativas entre los dos grupos. El crecimiento entre LAP-PFM, de indiferenciados y hembras es exponencial ($R^2 = 0.950-0.993$), análogo a un tipo de crecimiento potencial A+ (TIC = 5.292 en indiferenciados y TIC = 6.462 en hembras), con mayores TIC en las hembras. La relación PFT-PFM de indiferenciados es exponencial ($R^2 = 0.963$) y análoga a la

Abstract

Prospective analysis of the morphometric relationship of *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (BIVALVIA: PINNIDAE) in Corralero-Alotengo, Oaxaca, Mexico. Thirty four specimens of *Pen shell P. Rugosa* were collected from the Corralero- Alotengo lagoon system using SCUBA diving during the whole year of 1997. Sex of organisms was determined visually (males, females and undetermined) and the specimens were measured individually, antero-posterior distance (APD), wet weight (WW) and wet weight of the posterior adductor muscle (WWM) to establish the morphometric relationships APD-WW, APD-WWM and WW-WWM and to infer the type (isometric or allometric: positive A+ or negative A-) and the instant growth rate (IGR).

When the individuals do not differ sexually, the relationship APD - WW is potential ($R^2 = 0.867$) and isometric (IGR = 3.476). They are exponential ($R^2 = 0.949$) to potential ($R^2 = 0.911$) A+ (IGR = 3.753) in females, without significant differences among the two mentioned groups. Regarding APD-WWM relationship between the specimens of undetermined sex and females are is exponential: $R^2 = 0.950-0.993$. This is similar to a type of potential growth A+ (IGR = 5.292 in the specimens of undetermined sex and IGR = 6.462 in females) in which the females have higher IGR. The relationship WW - WWM among the specimens of undetermined is

Résumé

Analyse prospective des relations morphométriques de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (BIVALVIA: PINNIDAE) au Corralero-Alotengo, Oaxaca, Mexique. Trente quatre exemplaires de *P. rugosa* recueillie dans le système lagunaire Corralero-Alotengo, par plongée autonome, pendant 1997, ont été reconnu de manière macroscopique (mâle, femelle e indifférencié) et mesurés individuellement sur leur longueur antero-postérieure (LAP), pesées intégralement à l'état frais (PFT), en distinguant la pesée fraîche du muscle abducteur (PFM), pour établir les relations morphométriques LAP-PFT, LAP-PFM et PFT-PFM, et inférer sur le type de croissance (isométrique o halométrique: positive A+, ou négative A-) et le taux intrinsèque de croissance (TIC).

Quand les individus, ne sont pas encore différencié sexuellement, la relation LAP-PFT est potentielle ($R^2 = 0.867$) et isométrique (TIC = 3.476); et va de exponentielle ($R^2 = 0.949$) à potentielle ($R^2 = 0.911$) A+ (TIC = 3.753) pour les femelles, sans différences significatives entre les deux groupes. La croissance entre LAP-PFM, d'indifférencié et de femelles est exponentiel ($R^2 = 0.950-0.993$), analogue a une croissance potentielle A+ (TIC = 5.292 en indifférencié et TIC = 6.462 en femelles), avec de majors TIC pour les femelles. La relation PFT-PFM de indifférencié est exponentielle ($R^2 =$

*Instituto de Industrias, Universidad del Mar

tendencia exponencial isométrica (TIC = 1.292), sin que difiera significativamente de las hembras (TIC = 0.947). Un tamaño mínimo de muestra, que permita realizar correlaciones representativas deberá contener al menos, de 9 a 18 datos biovariantes de cada sexo presente en la población.

Palabras clave: Callo de hacha, *Pinna rugosa*, morfometrías, crecimiento, isométrico, alométrico.

exponential ($R^2 = 0.963$) and similar to the isometric exponential regression (IGR = 1.292), and it does not differ significantly among the females (IGR = 0.947). A minimum sample size that allowed us provide representative bivariate correlations was shown to be at least 9 to 18 specimens of each sex present in the population.

Key Words: Pen shell, *Pinna rugosa*, morphometry, growth, isometric, allometric.

0.963) et analogue a la tendance exponentielle isométrique (TIC=1.292), sans différence significative pour les femelles (TIC = 0.947). Une taille minimum d'échantillonnage, qui peut permettre de réaliser de corrélations représentatives devra contenir au moins de 9 a 18 de données bivariante de chaque sexe présente dans la population.

Mots clés: Mollusque du Pacifique, *Pinna rugosa*, morphométrie, croissance, isométrique, halométrique.

Introducción

En las costas de México, los moluscos bivalvos que se agrupan dentro de los géneros *Atrina* y *Pinna* se conocen como "callos de hacha", y han sido apreciados por el tamaño y delicado sabor de su músculo abductor posterior o "callo". El "callo de hacha china" *Atrina maura* (Sowerby, 1835), y el "callo de hacha riñón" *Atrina tuberculosa* (Sowerby, 1835) se distribuyen comunmente en la región tropical del Pacífico, mientras que el "callo de hacha larga" *Pinna rugosa* Sowerby, 1835, se encuentra desde la provincia de California pasando por la zona templada del Golfo de California, donde se explota artesanalmente desde hace tres décadas (Holguín, 1975; Basurto, 2001; Singh-Cabanillas y Michel-Guerrero, 2002).

En la Bahía de la Paz, B.C.S, el "hacha larga" (*P. rugosa*) constituía más del 90 % de la captura comercial de bivalvos (Holguín, 1975). En el período de 1990 al 2000 en Baja California Sur, el promedio anual fue de 45 t de "callo" (Singh-Cabanillas y Michel-Guerrero, *op. cit.*). En la actualidad, dentro del Canal del Infiernillo en Sonora, las comunidades de indígenas seris explotan preferentemente el "hacha china" e incidentalmente (5 a 6 %) las otras dos especies, dando muestra de un manejo tradicional sustentable (Basurto, *op. cit.*).

En las costas de Guerrero y Oaxaca la extracción de "callo de hacha" es esporádica y se orienta principalmente hacia *A. maura* (figura 1a),

especie que formó densos bancos dentro del canal que comunica al sistema lagunar Corralero-Alotengo con el mar adyacente (1794550 a 1793000 Norte, por 0585500 a 0588000 Este, de la zona 14 UTM) donde *P. rugosa* (figura 1b) se encontraba como especie acompañante incidental, cuya abundancia relativa era del 5% (Ahumada-Sempoal, 1998).

De *P. rugosa* se ha estudiado el ciclo reproductivo de las poblaciones establecidas en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Noguera y Gómez-Aguirre, 1972; Coronel, 1981) y Bahía Concepción, B.C.S. (Singh-Cabanillas y Michel-Guerrero, 2002; Arellano-Martínez *et al.*, inédito); así como la captación de juveniles sobre sustratos artificiales tanto en la Bahía de la Paz (Ruiz y Cáceres, 1990); como en la Bahía de Bacochibampo, Sonora, donde además se dió seguimiento al crecimiento bajo diferentes condiciones de cultivo (Cendejas *et al.*, 1985); al igual que al reclutamiento natural, mortalidad, crecimiento, producción somática y trasplante en cultivos tanto suspendidos como de fondo, en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Holguín, 1975; Arizpe y Félix, 1986; Arizpe, 1987a; 1987b; 1995).

En el sistema lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca (16° 10' y 16° 15' Norte, 98° 14' y 98° 13' Oeste), Hernández (2000) estudió la distribución y abundancia de larvas meroplanctónicas de *A. maura* y *P. rugosa*, y caracterizó la relación largo-alto para cada especie, mientras que Arizpe y Felix (1986) caracterizaron la relación largo-peso fresco de la carne de individuos bentónicos de *P.*



Figura 1. “Callos de hacha” del sistema lagunar Corralero Alotengo, Oaxaca, México. (de: Ahumada-Sempoal, 1998).
a) *Atrina maura*; **b)** *Pinna rugosa*

rugosa, en la Bahía de la Paz, B.C.S., sin que la literatura cite mayor información morfométrica.

Los ejemplares de *P. rugosa* se analizan de forma prospectiva, con el objeto de reconocer el tipo y proporción de crecimiento entre la longitud antero posterior (LAP) y el peso fresco total (PFT), así como con el peso fresco del músculo (PFM), buscando evidenciar si existe o no dimorfismo sexual, para proponer un estimador de la biomasa del músculo abductor y sugerir un tamaño mínimo de muestra que permita evaluar la talla de captura relacionada con el mejor rendimiento del músculo o “callo”.

El tipo de crecimiento permite reconocer si en un organismo predomina una tendencia *isométrica* (sin cambios en el tamaño relativo) o *alométrica* (con cambios, asociados a la *tasa intrínseca de crecimiento -TIC-*) (McMahon y Bonner, 1986). La *isometría* o *alometría*, es la relación que se establece entre dos dimensiones o variables somáticas (y_1 -largo, y_2 -peso) con un cierto margen de error (ϵ); la *TIC* define la proporción de crecimiento para los integrantes de la población en una especie particular, permitiendo establecer la talla óptima de cosecha (cuando se alcanza la mayor biomasa) y puede servir para evidenciar sutiles dimorfismos sexuales.

La relación se ha descrito a través de los métodos de regresión y correlación, buscando caracterizar el valor de la pendiente de tendencia, ó *tasa intrínseca de crecimiento* ($b = TIC$). La ecuación alométrica más utilizada ha sido la expresión potencial ($y_2 = a y_1^b + \epsilon$) y, con menor frecuencia, se han establecido relaciones exponenciales ($y_2 = a \cdot e^{y_1 \cdot b} + \epsilon$), e incluso logarítmicas ($y_2 = a + b \cdot \ln y_1 + \epsilon$), que si bien matemáticamente son apropiadas, porque proporcionan un mejor ajuste al describir la tendencia natural de los datos ($R^2 \rightarrow 1.0$), en algunos casos carecen de un sustento biológico para su correcta interpretación, o este no es claro o muchas veces es más difícil de interpretar (Sokal y Rohlf, 1979).

Un crecimiento alométrico positivo (**A +**) indica que la variable y_2 incrementa más rápido sus dimensiones que la variable y_1 , por lo tanto el valor de la *TIC* será mayor a 1.0 ó 3.0 en relaciones potenciales ($b > 1.0$ ó 3.0); mientras que un crecimiento alométrico negativo (**A -**) indica que la variable y_1 tendrá siempre una tasa de crecimiento o razón de cambio mayor que y_2 , situación por la que los valores de la *TIC* = b serán significativamente menores ($b < 1.0$ ó 3.0) que los obtenidos para la isometría ($b = 1$ ó 3) (McMahon y Bonner, 1986).

Material y métodos

Los individuos de *P. rugosa* junto con ejemplares de *A. maura*, fueron extraídos bimensualmente mediante buceo autónomo, del macrobentos del canal que comunica al sistema lagunar Corralero-Alotengo con el mar adyacente, siguiendo la misma metodología descrita por Ahumada-Sempoal *et al.* (2002). Después de sacrificar y observar macroscópicamente la coloración de las gónadas de cada animal en el campo (gónadas de color naranja a rojo-naranja = hembras; gónadas blanco-lechosas = machos; gónadas hialinas o inexistentes = indiferenciados), se obtuvo mediante una regla de 30 cm con divisiones de 0.1 cm, la longitud antero posterior (LAP o largo, en cm); el peso fresco total (PFT, en g), y el peso fresco del músculo abductor o "callo" (PFM, en g) se evaluaron con una balanza electrónica calibrada (OHAUS, con capacidad de 600 g \pm 0.1 g).

Con los datos morfométricos por sexo, se obtuvieron las estadísticas descriptivas de cada variable (media \bar{y} -, varianza s^2 -, desviación estándar o típica s - y el coeficiente de variación -C.V.-), seleccionando como primera variable aleatoria (y_1) la que tuviera menor variabilidad (< C.V.) y fuera más precisa (< error de estimación - $\epsilon_{\bar{y}}$ -), y como segunda variable aleatoria (y_2) cualquiera de las otras dos dimensiones.

A cada variación concomitante (y_1, y_2) se le efectuó una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), homogeneidad de varianzas (F y correlación por rangos de Sperman), independencia de residuales (Durbin-Watson), con nivel de significancia $\alpha = 0.05 / 2$, $\nu = n-2$ grados de libertad (g. l.), se reconocieron datos fuera de tendencia (residuales estandarizados y studentizados) y datos influyentes (Influencia, distancia de Cook y Mahalanobis), siguiendo los procedimientos descritos en el manual de SigmaStat (1997).

Los análisis descriptivos e inferenciales (análisis de varianza -ANdeVA-; regresión y correlación; así como los análisis de covarianza -ANdeCOVA-) siguen los métodos descritos por Sokal y Rohlf (1979) y Steel y Torrie (1985), mientras que la estimación del tamaño mínimo de muestra para la correlación consideró el procedi-

miento propuesto por Glantz (1997). Todos los análisis estadísticos se realizaron en una PC DELL® (OptiPlex GX1), utilizando los programas de EXCEL 2000 de Microsoft® y SigmaStat 2.03 de SPSS®, adquiridos por la UMAR bajo las licencias respectivas.

Satisfechos los requisitos previos al análisis de tendencias de crecimiento (regresión) y relaciones morfométricas (correlación), se procedió a ajustar el modelo II de regresión, con su análisis de varianza (ANdeVA) y pruebas de significancia y potencia, buscando describir y cuantificar la relación funcional de una variable aleatoria (y_1) sobre la otra (y_2).

Para establecer la ecuación de regresión que mejor determinara las tendencias de los datos bivariados (potencial: $y_2 = a \cdot y_1^b + \epsilon$; exponencial: $y_2 = a \cdot e^{b \cdot y_1} + \epsilon$; o logarítmica: $y_2 = a + b \cdot \ln y_1 + \epsilon$), se calculó el coeficiente de determinación (R^2), que indica la proporción de la varianza de y_2 atribuida a y_1 . Donde: a = valor de la variable y_2 cuando la variable $y_1 = 0$; b = pendiente de la línea de tendencia, o *tasa intrínseca de crecimiento* (TIC); e = base de los logaritmos naturales (2.3025...) y ϵ = error estándar o típico de la estimación.

Las pruebas de hipótesis consideran en principio que, y_2 e y_1 no están relacionadas ($\alpha = 0.05$, $\nu = n-2$ g. l.), es decir, son independientes, por lo tanto $H_0: b = 0$; contra $H_a: b \neq 0$, existe relación entre ambas variables. Usando la tendencia de crecimiento potencial, se contrastó si el crecimiento era isométrico ($H_0: b = 1$ ó 3) ó alométrico ($H_a: b \neq 1$ ó 3) ($\alpha = 0.05/2$, $\nu = n-2$), y también si las TIC entre los sexos eran iguales, ($H_0: b_{Ind.} = b_{Hem.}$) o diferente ($H_a: b_{Ind.} \neq b_{Hem.}$) ($\alpha = 0.05/2$, $\nu = n-2$). Las tendencias que no mostraron diferencias significativas (n. s.), se incorporaron a una sola ecuación general, para describir la variación concomitante particular.

Resultados

La muestra (n) estuvo constituida por el total de la captura incidental de *P. rugosa* durante todo 1997: 19 organismos indiferenciados (en el intervalo de longitud de 8.5 a 28.0 cm; de 5.5 a 461.0 g de PFT; con 0.3 a 17.5 g de PFM), 13 hem-

bras (de 13.0 a 27.5 cm de LAP; 38.0 a 760.0 g de peso fresco total y 0.5 a 20.0 g de peso fresco del músculo), sólo se capturaron dos machos (de 19.5 y 21.8 cm de LAP; con 252.5 y 282.0 g de PFT, con 9.5 y 10.5 g de PFM).

Relación: Longitud antero posterior (LAP) Peso fresco total (PFT). La variación concomitante para organismos aún no diferenciados es descrita por la ecuación potencial isométrica $PFT = 0.004 \text{ (g)} \cdot LAP^{3.476 \text{ (g/cm)}} (\epsilon = 50.162 \text{ g}; R^2 = 0.867; \text{Tabla I, figura 2a})$. La variación en LAP explica el 87 % de la variabilidad del PFT. Con menos resolución, una ecuación exponencial también describe esta tendencia como: $PFT = 6.051 \text{ (g)} \cdot e^{[0.157 \text{ (g/cm)} \cdot LAP]} (\epsilon = 51.617 \text{ g}; R^2 = 0.859)$, donde la variación en LAP explica 86 % de la variabilidad del PFT, que se sobreestima en individuos mayores a 25 cm de largo y 500 g de PFT (Tabla I, Fig. 2a). En las hembras, una ecuación exponencial describe mejor la relación LAP-PFT ($\epsilon = 52.215 \text{ g}; R^2 = 0.949$), donde la *TIC* es de $0.298 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Tabla I, Fig. 2a). La ecuación explica el 95 % de la variabilidad del PFT en función de la variación en la LAP. Por su parte, la ecuación potencial ($\epsilon = 57.408 \text{ g}; R^2 = 0.911$) tuvo una *TIC* de $3.75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$, subestimando el PFT de hembras mayores a 25 cm de largo (Tabla I, Fig. 2a).

Al contrastar las *TIC* de las ecuaciones potenciales entre organismos indiferenciados y hembras, se obtuvo que entre LAP y PFT ambos mantienen un crecimiento alométrico positivo (**A +**), sin diferencias significativas ($\epsilon = 0.05/2$; Tabla I, Fig. 2a). Razón por la que, la ecuación potencial **A +**, $PFT = 3.62 \times 10^{-3} \text{ (g)} \cdot LAP^{3.54 \text{ (g/cm)}} (\epsilon = 50.372 \text{ g}; R^2 = 0.909)$ describe la tendencia de la población en general (Tabla I, Fig. 2a).

Relación: Longitud antero posterior (LAP) Peso fresco del músculo (PFM). Organismos indiferenciados y hembras mantienen entre LAP y PFM una clara relación exponencial, los indiferenciados se describen con la fórmula, $PFM = 0.038 \text{ (g)} \cdot e^{[0.218 \text{ (g/cm)} \cdot LAP]} (\epsilon = 1.208 \text{ g}; R^2 = 0.950)$ y las hembras con la fórmula, $PFM = 0.013 \text{ (g)} \cdot e^{[0.265 \text{ (g/cm)} \cdot LAP]} (\epsilon = 0.555 \text{ g}; R^2 = 0.993)$. Las ecuaciones explican 95 % (indiferenciados) y 99 % (hembras) de la variabilidad del PFM en función de la variación

en la LAP (Tabla I, Figura 2b). Ambas ecuaciones describen fielmente la tendencia natural de los datos.

Alternativamente la ecuación potencial **A +**, $PFM = 4.0 \times 10^{-5} \text{ (g)} \cdot LAP^{5.292 \text{ (g/cm)}} (\epsilon = 1.41 \text{ g}; R^2 = 0.932)$ determina bien la variación conjunta LAP-PFM de organismos indiferenciados (Fig. 2b); del mismo modo que la ecuación potencial **A +**, $PFM = 2.0 \times 10^{-6} \text{ (g)} \cdot LAP^{6.462 \text{ (g/cm)}} (\epsilon = 0.713 \text{ g}; R^2 = 0.988)$ describe la relación concomitante para las hembras (Tabla I, Fig. 2b).

Al comparar las *TIC* se obtuvieron diferencias significativas, tanto para las ecuaciones exponenciales de indiferenciados y hembras ($b_{\text{Ind.}} = 0.218 < b_{\text{Hem.}} = 0.265; \epsilon = 0.05$); como para las ecuaciones potenciales ($b_{\text{Hem.}} = 6.462 > b_{\text{Ind.}} = 5.292; \epsilon = 0.05$) (Tabla I), denotando consistentemente *TIC* mayores en hembras que en organismos indiferenciados. Según las ecuaciones, las diferencias entre los grupos son evidentes a partir de 23 cm de LAP y 5 g de PFM (Fig. 2b).

Relación: Peso fresco total (PFT) Peso fresco del músculo (PFM). En organismos indiferenciados la relación PFT-PFM es bien descrita por la ecuación exponencial, $PFM = 1.649 \text{ (g)} \cdot e^{[10.005 \text{ (g/g)} \cdot PFT]} (\epsilon = 1.036 \text{ g}; R^2 = 0.963)$, y explica 96% de la variación del PFM en función de la variabilidad del PFT (Tabla I, Figura 2c). La fórmula potencial isométrica también describe apropiadamente esta relación como, $PFM = 0.006 \text{ (g)} \cdot PFT^{1.292 \text{ (g/g)}} (\epsilon = 1.132 \text{ g}; R^2 = 0.956)$ y explica ~ 96 % de la varianza del PFM por la variabilidad del PFT (Tabla I, Fig. 2c).

En las hembras, la ecuación potencial isométrica fue la que mejor describió la tendencia natural de los datos bivariantes, $PFT = 0.036 \text{ (g)} \cdot PFT^{0.947 \text{ (g/g)}} (\epsilon = 1.457 \text{ g}; R^2 = 0.950)$ (Tabla I, Fig. 2c), de forma que el 95 % de la variación del PFM se explica por la variabilidad del PFT. Una tendencia lineal **A -**, también se ajusta con buena determinación a la tendencia de los datos, según la ecuación, $PFM = 0.285 \text{ (g)} + 0.025 \text{ (g/g)} PFT (\epsilon = 1.464 \text{ g}; R^2 = 0.949)$, indicando una pequeña tasa de cambio o *TIC* entre el PFM y el PFT (Tabla I, Fig. 2c). 95 % de la varianza del PFM es explicada por la variación del PFT.

Las *TIC* de las ecuaciones potenciales

Tabla I. Tendencia, ecuación y tipo de crecimiento de *Pinna rugosa* (indiferenciados y hembras) provenientes del sistema lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca, México. En $b \pm (\epsilon_b)$ subíndices distintos indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Tendencia de crecimiento	$a \pm (\epsilon_a)$	$b \pm (\epsilon_b)$	$\epsilon_{y_2y_1}$	R^2	Tipo de crecimiento
Longitud antero posterior – Peso fresco total (LAP – PFT), Indiferenciados ($n = 19$)					
Potencial	0.0044 (0.006)	3.4759 _{d.n.s.} (0.452)	50.1623	0.8667	Isométrico
Exponencial	6.0512 (2.864)	0.1572 (0.019)	51.6165	0.8589	
Logarítmica	- 876.8331 (184.315)	355.6658 (64.603)	79.0562	0.6689	
Longitud antero posterior – Peso fresco total (LAP – PFT), Hembras ($n = 13$)					
Potencial	0.0018 (0.794)	3.7526 _{d.n.s.} (1.2×10^{-5})	57.4077	0.9110	Alométrico +
Exponencial	0.2087 (0.156)	0.2979 (0.028)	52.2155	0.9486	
Logarítmica	- 2203.363 (650.179)	800.322 (211.894)	151.9596	0.5646	
Longitud antero posterior – Peso fresco total (LAP – PFT), Población total ($n = 34$)					
Potencial	3.62×10^{-3} (4.99×10^{-4})	3.5405 (0.531)	50.3721	0.9088	Alométrico +
Longitud antero posterior – Peso fresco del músculo (LAP – PFM), Indiferenciados ($n = 19$)					
Potencial	4.0×10^{-5} (0.006)	5.2922 _g (0.571)	1.4107	0.9323	Alométrico +
Exponencial	0.0377 (0.023)	0.2183 _c (0.023)	1.2083	0.9500	
Logarítmica	- 44.8089 (15.589)	16.7151 (5.250)	3.4548	0.5915	
Longitud antero posterior – Peso fresco de la carne (LAP – PFM), Hembras ($n = 13$)					
Potencial	2.0×10^{-6} (0.003)	6.4617 _h (0.364)	0.7129	0.9879	Alométrico +
Exponencial	0.0135 (0.004)	0.2650 _d (0.011)	0.5546	0.9927	
Logarítmica	- 64.0558 (15.878)	23.2154 (5.202)	3.6253	0.6880	
Peso fresco total – Peso fresco del músculo (PFT–PFM), Indiferenciados ($n = 19$)					
Potencial	0.0062 (0.005)	1.2916 _{d.n.s.} (0.120)	1.1317	0.9561	Isométrico
Exponencial	1.6491 (0.274)	0.0051 (0.004)	1.0356	0.9633	
Logarítmica	- 22.7242 (6.740)	5.7244 (1.393)	2.9257	0.7071	
Peso fresco total – Peso fresco del músculo (PFT–PFM), Hembras ($n = 13$)					
Potencial	0.0360 (0.022)	0.9466 _{d.n.s.} (0.098)	1.4566	0.9497	Isométrico
Exponencial	2.7997 (0.575)	0.0027 (0.003)	2.0455	0.9009	
Logarítmica	- 25.4020 (4.213)	6.2271 (0.807)	2.3550	0.8687	
Lineal	0.2853 (0.032)	0.0254 (0.094)	1.4638	0.9489	
Peso fresco total – Peso fresco del músculo (PFT–PFM), Población total ($n = 34$)					
Potencial	0.0360 (0.019)	0.9555 (0.084)	1.7023	0.9135	Isométrico

$a \pm (\epsilon_a)$ = ordenada al origen \pm error estándar; $b \pm (\epsilon_b)$ = tasa intrínseca de crecimiento (TIC) \pm error típico; $\epsilon_{y_2y_1}$ = error de la estimación; R^2 = Coeficiente de determinación; n = tamaño de muestra (pares de datos); d.n.s. = diferencia no significativa.

entre indiferenciados y hembras, no proporcionaron diferencias significativas ($b_{\text{Ind.}} = 1.292 = b_{\text{Hem.}} = 0.947$; $\alpha = 0.05/2$). Razón por la que una sola

ecuación de regresión puede describir la variación concomitante general, donde el crecimiento conjunto es: $\text{PFM} = 0.036 \text{ (g)} \cdot \text{PFT}^{0.955 \text{ (g/g)}} \text{ (}\epsilon = 1.702$

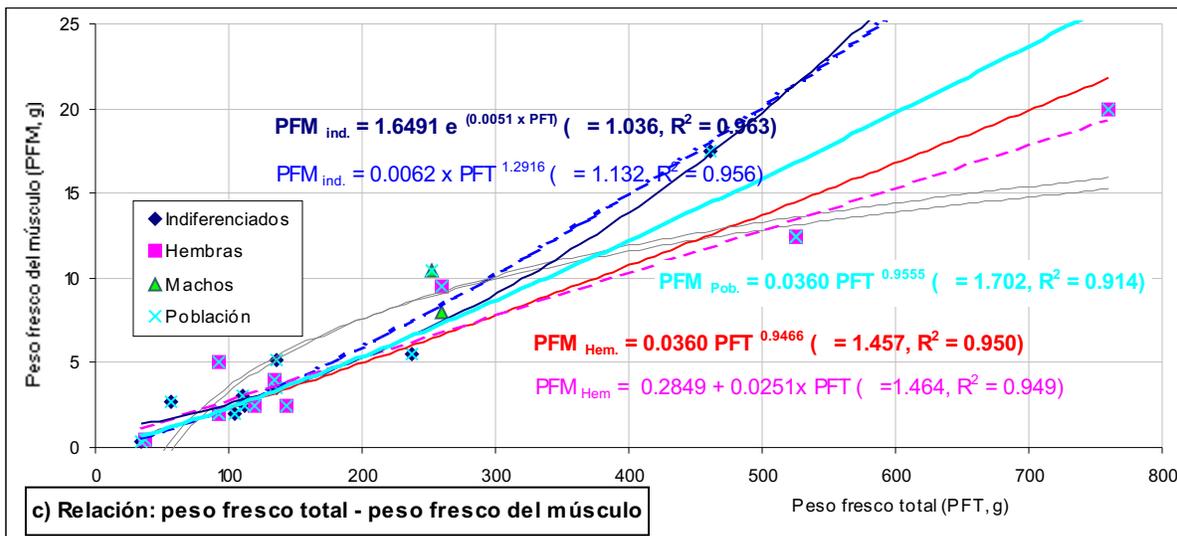
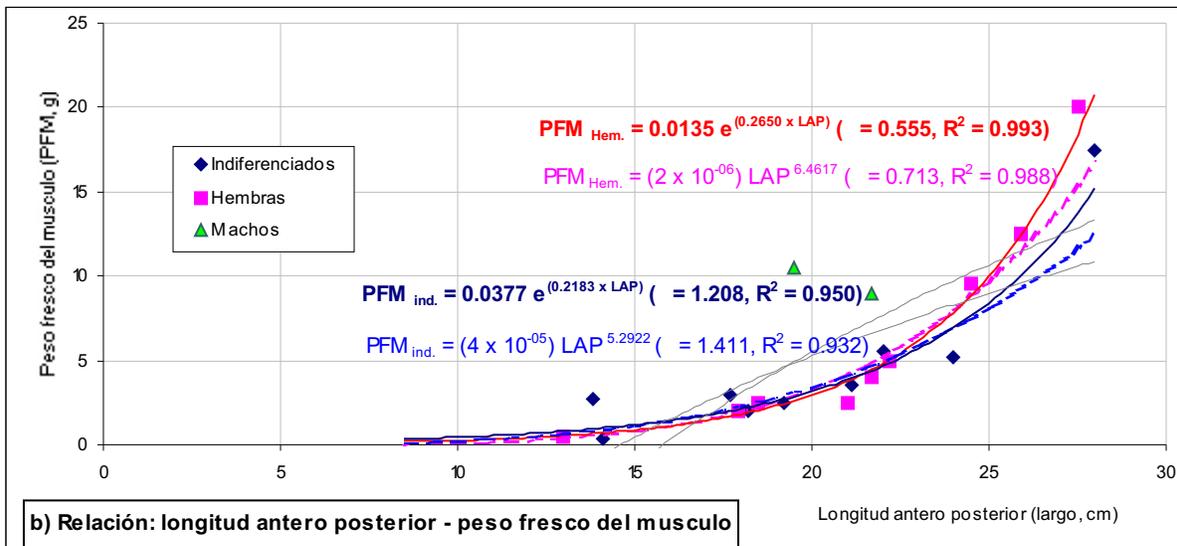
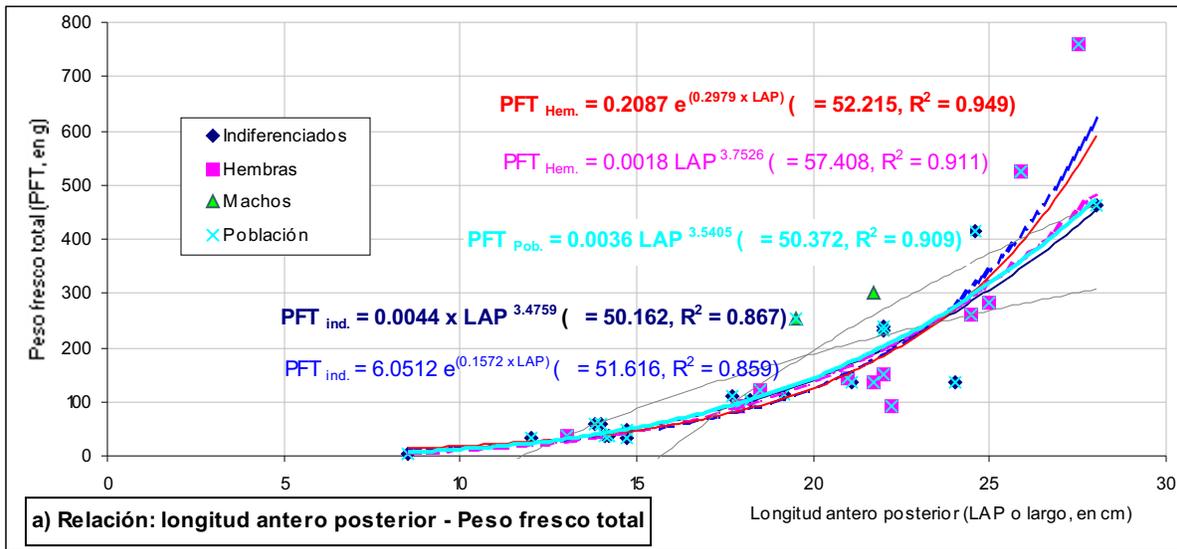


Figura 2. Tendencias y ecuaciones de crecimiento de *P. rugosa* en Corralero-Alotengo. Oaxaca, México.

g; $R^2 = 0.913$) (Tabla I, Fig. 2c).

Discusión y conclusiones

En las tres variaciones concomitantes analizadas, la aproximación logarítmica es la ecuación de crecimiento que menos representa la tendencia natural de los datos ($R^2 \leq 0.707$), incluso en la relación PFT-PFM, donde el coeficiente de determinación es $R^2 = 0.869$ (Tabla I).

Las TIC de la relación LAP-PFT indican tendencias de crecimiento potenciales isométricas en los organismos indiferenciados, ó exponenciales-potenciales con alometría positiva (A+) en las hembras ($b = 3.75$), lo que provoca una mayor ganancia de biomasa ó peso fresco total (PFT) por unidad de longitud (LAP) a partir de 25 cm de LAP (Tabla I, figura 2a), razón por la que la ecuación general propuesta no describe apropiadamente la tendencia observada en las hembras, a diferencia de los indiferenciados, donde la variabilidad del PFT en función de la LAP, está mejor determinada ($R^2 = 0.909$).

En la relación LAP-PFM, organismos indiferenciados y hembras mantienen tendencias de crecimiento exponencial muy bien definidas ($R^2 > 0.948$); que equivalen a un tipo de crecimiento alométrico positivo (A+) (Tabla I, figura 2b), favoreciendo el incremento de masa muscular. Tanto la aproximación exponencial como la potencial A+, indican mayores tasas de crecimiento (TIC) en hembras que en organismos aún no diferenciados, sobre todo a partir de los 23 cm de LAP y 5 gr de PFM (Fig. 2b).

Entre PFT y PFM de organismos indiferenciados, se determinó una tendencia de crecimiento exponencial ($R^2 = 0.963$), que es análoga a la ecuación potencial isométrica, misma que no difiere significativamente de la tendencia potencial isométrica de las hembras, razón por la que se propone una sola ecuación general, de tipo potencial isométrica para describir la variación conjunta PFT-PFM de toda la población, aunque el grado de determinación con que ésta ecuación describe la tendencia bivalente disminuye ($R^2 = 0.913$) (Tabla I, Fig. 2c).

Un tamaño mínimo de muestra, para calcular la correlación de datos bivariados, que

sea representativa de la población de organismos indiferenciados ó de hembras, deberá analizar de 9 a 18 individuos por sexo. Considerando los coeficientes de determinación (R^2) más bajos para cada una de las relaciones bivalente indicadas en la tabla I, y estableciendo dos niveles de confianza ($1 - \alpha = 0.95$ y 0.99), que corresponden a la probabilidad de no rechazar la hipótesis nula (H_0) cuando es verdadera; asignados dos niveles de significancia ($\alpha = 0.05$ y 0.01), que representan la probabilidad de cometer un error tipo I -rechazar H_0 cuando es cierta-; así como también dos niveles alternos de potencia de prueba ($1 - \beta = 0.05$ y 0.01).

Agradecimientos

Al Océán. Miguel Ángel Ahumada-Sempoal, por facilitarme la base de datos morfológicos de *P. rugosa*, generada dentro del proyecto "Dinámica poblacional del callo de hacha (Bivalvia: Pinnidae) en el sistema lagunar Corralero-Alotengo", desarrollado durante 1997-98 en la Universidad del Mar.

Bibliografía

- Ahumada-Sempoal, M. A., 1998. Una nota sobre la familia Pinnidae (callo de hacha) de Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. 2(6) 42-44.
- Arellano-Martínez, M., B. P. Cevallos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte y F. A. García-Domínguez. Inédito. Ciclo gametogénico de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (Mollusca: Bivalvia) en Bahía Concepción, Golfo de California, México, y su relación con parámetros ambientales.
- Arizpe-Covarrubias, O. y R. Félix-Uganda, 1986. Crecimiento de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en la Bahía de La Paz, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Autón. México*. 13 (2): 167-172.
- Arizpe-Covarrubias, O., 1987a. Reclutamiento y mortalidad de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en condiciones semicontroladas en Bahía de La Paz, México. *Nota Científica. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. 14 (2): 249-254.
- Arizpe-Covarrubias, O., 1987b. Curva de biomasa en un acuicultivo. *Mem. 5° Simposium de Biología Marina. La Paz, B.C.S. (México)*. 24 de Octubre de 1984. p. 161-166.
- Arizpe-Covarrubias, O., 1995. Mortality, growth and

somatic secondary production of the bivalve, *Pinna rugosa* (Sowerby), in suspended and bottom culture in Bahía de La Paz, Mexico. *Aquaculture Research*. 26: 843-853.

Basurto-Xavier, G., 2001. Community-based conservation of the "callo de hacha" fishery by the Comcaac Indians, Sonora, Mexico. M.S. Thesis. The University of Arizona. 187 p.

Cendejas, J. M., M. G. Carballo y L. M. Juárez, 1985. Experimental spat collection and early growth of the pen shell, *Pinna rugosa* (Pelecypoda: Pinnidae), from the Gulf of California. *Aquaculture*, 48 (3-4): 331-336.

Coronel, S., 1981. Estudio gonadal de *Pinna rugosa* en el período comprendido entre agosto de 1979 y diciembre de 1980, en Bahía de La Paz. Tesis de licenciatura en Biología Marina. UABCS, México.

Daniel, W. W., 2002. Bioestadística. Limusa Wiley. 4a. Edición. México. 755 + 148 p.

Glantz, S.A., 1997. Primer of Biostatistics. 4th. Ed. Mc Graw-Hill. USA. Chap. 8. p. 213-281.

Hernández-Hernández, O., 2000. Distribución y abundancia de larvas de callo de hacha (Bivalvia: Pinnidae) en el sistema lagunar Corralero-Alotengo, Oaxaca. Tesis de licenciatura en Biología Marina. Universidad del Mar. 41 p.

Holguín, D., 1975. El callo de hacha y su crecimiento. Bol. Inf. Estac. Invest. Pesqueras de La Paz, B.C.S. Instituto Nacional de la Pesca (México). 28: 1-8.

McMahon A. y J.T. Bonner, 1986. Tamaño y Vida. Capítulo 2. Proporciones y tamaño. Biblioteca Scientific American. Prensa Científica. Editorial Labor. España. 255 p.

Noguera de Gómez, D.F. y Gómez-Aguirre, S., 1972. Ciclo sexual de *Pinna rugosa*, Sowerby, 1835 (Lamellibranchia: Pinnidae) de La Paz, B.C.S. J. Carranza (Ed.). Mem. IV Congreso Nacional de Oceanografía, 17 a 19 de noviembre. México, D.F. p. 273-284.

Ruiz-Verdugo, C. A. y C. Cáceres Martínez, 1990. Estudio preliminar de captación de juveniles de moluscos bivalvos en la Bahía de La Paz, B.C.S. Revista de Investigaciones Marinas CICIMAR, 5 (1): 29-38.

Sigma Stat version 2.03 for Windows®. 1997. User's manual. SPSS Inc. Chicago. USA.

Singh-Cabanillas, J. y E. Michel-Guerrero, 2002. Aspectos biológicos del callo de hacha, *Pinna rugosa* Sowerby, 1835, en Bahía Concepción, B.C.S. Mem. I Foro Científico de Pesca Ribereña 17-18 de Octubre de 2002. INP -CRIP, Guaymas, Son. 2 p.

Sokal, R. R y F. J. Rohlf, 1979. Biometría. H. Blume Ed. Madrid, España. 832 p.

Steel, R. G. y J. H. Torrie, 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Mc. Graw-Hill Latinoamericana, S. A. Bogotá, Colombia. 622 p.

Recibido: 17 de julio de 2003

Aceptado: 26 de noviembre de 2003