

Crecimiento del caracol de tinte *Plicopurpura pansa* en Baja California Sur, MéxicoGrowth of the purple snail *Plicopurpura pansa* in Baja California Sur, Mexico

Mauricio Ramírez-Rodríguez*
Ludwig C.A. Naegel

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Instituto Politécnico Nacional
Apartado postal 592
La Paz, CP 23000, Baja California Sur, México
*E-mail: mramirr@ipn.mx

Recibido en marzo de 2002; aceptado en abril de 2003

Resumen

Para estimar el crecimiento del caracol de tinte *Plicopurpura pansa* en el límite norte de su distribución geográfica, de 1999 a 2001 se efectuaron muestreos mensuales en dos playas al sur de la Península de Baja California, una en el Golfo de California y otra en la costa oeste de la península. Además, se realizaron experimentos de marcado y recaptura, y mantenimiento de individuos bajo condiciones de laboratorio. Los valores de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, estimados a partir del análisis de frecuencias de tallas, fueron $K = 0.17$ y $L_{\infty} = 90$ mm, y concuerdan con los derivados de los experimentos de marcado, pero son menores a los calculados en lugares más al sur en la costa del Pacífico mexicano. En condiciones de laboratorio los caracoles presentaron tasas de crecimiento muy bajas. Estos resultados deberán ser considerados en la construcción de modelos para evaluar la posibilidad de explotar o cultivar el caracol de tinte.

Palabras clave: caracol de tinte, *Plicopurpura pansa*, crecimiento, México.

Abstract

To study the growth of the purple snail *Plicopurpura pansa* at the northern limit of its distribution, from 1999 to 2001 monthly random samples were obtained from two beaches in the southern part of the Baja California Peninsula (Mexico): one on the Gulf of California and the other on the west coast of the peninsula. Mark and recapture experiments, as well as laboratory rearing were also done. The von Bertalanffy growth equation parameters derived from length frequency data were $K = 0.17$ and $L_{\infty} = 90$ mm, and agree with those estimated from the mark and recapture data, but are lower than those reported in the literature for *P. pansa* from the central and southern Mexican Pacific. Snails maintained under laboratory conditions had low growth rates. These results could be used to implement models for the assessment of purple snail fisheries.

Key words: purple snail, *Plicopurpura pansa*, growth, Mexico.

Introducción

El caracol de tinte o púrpura de la familia Thaididae, *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853), habita en zonas rocosas intermareales del Pacífico Este, desde el sur de la Península de Baja California, México (Clench, 1947; Keen, 1971), hasta el norte de Perú (Peña, 1970; Paredes *et al.*, 1999) incluyendo las Islas Galápagos. Este caracol produce un tinte color púrpura que, desde tiempos históricos, se usa en Centro América y México para teñir algodón; la ropa elaborada tiene alto valor económico. La sobreexplotación de *P. pansa* entre 1529 y 1821 en América Central tuvo un impacto drástico en la disminución de la población. Algo similar sucedió varios siglos antes en el Mediterráneo, con caracoles del género *Murex* (Turok y Acevedo, 2000), y recientemente en el estado de Oaxaca, México (Turok *et al.*, 1988), por lo que desde 1988 el

Introduction

The purple snail of the family Thaididae, *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853), inhabits the rocky intertidal zones of the eastern Pacific, from the southern Baja California Peninsula, Mexico (Clench, 1947; Keen, 1971), to northern Peru (Peña, 1970; Paredes *et al.*, 1999), including the Galapagos Islands. This snail produces a purple dye that has been used for centuries in Central America and Mexico to dye cotton; the clothes made with this fabric have a high commercial value. The over-exploitation of *P. pansa* between 1529 and 1821 in Central America led to a drastic reduction in population. A similar situation occurred several centuries ago in the Mediterranean, with snails of the genus *Murex* (Turok and Acevedo, 2000), and more recently in the state of Oaxaca, Mexico (Turok *et al.*, 1988). As a result, the Mexican government banned the

gobierno de México prohibió la explotación comercial de *P. pansa* (Diario Oficial, 1988). Sin embargo, se han elaborado propuestas para reiniciar su explotación, manteniendo la tradición indígena bajo el concepto de manejo sustentable (Turok y Acevedo, 2000).

En este contexto, el estudio del crecimiento de *P. pansa* es importante para la definición de posibles estrategias de explotación. Al respecto hay varios estudios en la costa central y sur del Pacífico mexicano que señalan el lento crecimiento de la especie (Turok *et al.*, 1988; Acevedo *et al.* 1990; Fonseca-Madrigal, 1998; Michel-Morfin *et al.*, 2000). En el presente trabajo se analiza el crecimiento de *P. pansa* en las costas de Baja California Sur, México, en la frontera norte de su distribución geográfica, considerando dos localidades de estudio afectadas por condiciones ambientales diferentes.

Material y métodos

El estudio del crecimiento de *P. pansa* se basó en el análisis de frecuencias de longitudes, y en resultados de experimentos de captura marcado y recaptura, y del seguimiento de individuos mantenidos bajo condiciones de cultivo en laboratorio.

En el primer caso los datos se recolectaron de octubre de 1999 a diciembre de 2001, en muestreos mensuales en la playa de Cerritos, en la costa occidental de la Península de Baja California (23°19'54" N, 110°10'38" W) y en la de Punta Perico (24°01'54" N, 109°48'21" W), en la costa oriental de la península (fig. 1). Estas playas se caracterizan por presentar rocas con grietas y oquedades, cavernas, pozas y plegamientos escarpados, y piedras acumuladas que son embestidas por el oleaje. En ambas localidades la marea es mixta semidiurna, pero en Punta Perico las condiciones de oleaje y la diferencia entre marea alta y baja son menores.

Cada muestreo se efectuó bajo condiciones de marea baja, recolectando manualmente todos los individuos presentes en la franja mesolitoral y supralitoral, en zonas humedecidas por salpicaduras del oleaje pero protegidas y preferentemente sombreadas. El sistema de muestreo corresponde a uno simple al azar por transectos de 2 m de ancho por 50 m de largo. Dadas las características de la línea de costa, en Punta Perico se cubrió un área de 250 m² y en Cerritos una de 800 m². Cada individuo se midió con un calibrador vernier (precisión de 0.01 mm) desde el ápice hasta el extremo del canal sifonal. El análisis se basó en el método ELEFAN I (Pauly, 1984) incluido en el programa FiSAT (Gayanilo *et al.*, 1996), que facilita la estimación de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp(-K(t - t_0))]$$

donde L_∞ es la longitud asintótica, K el coeficiente de crecimiento y t_0 la edad a la que la longitud es cero. Para comparar el crecimiento en las dos localidades se calculó el índice de patrón de crecimiento ($\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$) (Pauly y Munro, 1984).

commercial exploitation of *P. pansa* in 1988 (Diario Oficial, 1988); however, to try to preserve this indigenous dye tradition, measures have now been proposed for the sustainable exploitation of this resource (Turok and Acevedo, 2000).

Thus, to be able to define possible exploitation strategies, it is important to study the growth of *P. pansa*. Several studies conducted along the central and southern coasts of the Mexican Pacific register the slow growth rate of this species (Turok *et al.*, 1988; Acevedo *et al.*, 1990; Fonseca-Madrigal, 1998; Michel-Morfin *et al.*, 2000). The objective of the present work is to analyze the growth of *P. pansa* on the coasts of Baja California Sur, Mexico, in the northern part of its geographic distribution, at two localities with different environmental conditions.

Material and methods

The growth of *P. pansa* was determined based on length frequency data, and on the results of mark and recapture experiments, as well as laboratory rearing.

Monthly samples were obtained between October 1999 and December 2001 from the beaches of Cerritos (23°19'54" N, 110°10'38" W), on the west coast of the Baja California Peninsula, and Punta Perico (24°01'54" N, 109°48'21" W), on the east coast of the peninsula (fig. 1). These beaches are characterized by rocks with fissures and cavities, caverns, pools, cliffs and accumulated rocks, which are exposed to the waves. At both sites the tide is mixed semi-diurnal, but at Punta Perico the wave action is less intense and the difference between high and low tide is smaller.

The snails were collected by hand from the mesolittoral and supralittoral zones of protected and shaded locations that are moistened by the spray of the waves. The samplings were carried out at random during low tide, using 2-m-wide

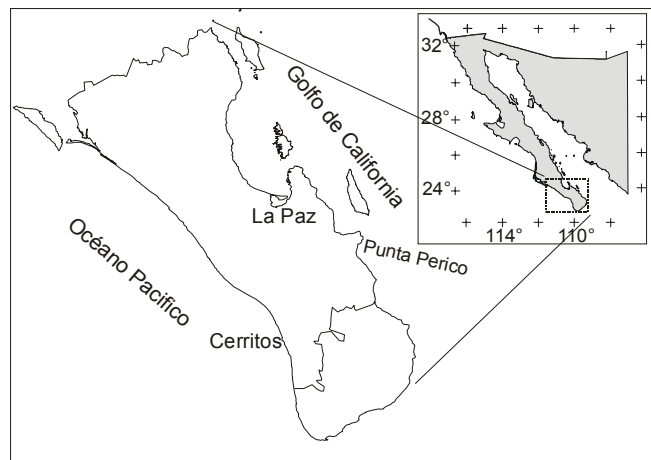


Figura 1. Localización de Cerritos y Punta Perico en las costas de la Península de Baja California, México.

Figure 1. Location of Cerritos and Punta Perico on the coasts of the Baja California Peninsula, Mexico.

Con el fin de estimar las constantes del modelo que relaciona el peso W y la longitud L ($W = aL^b$) (Sparre y Venema, 1995) de los individuos en cada muestra, de cada mes se eligieron al azar 30 ejemplares que se conservaron en formol al 10%. En el laboratorio, a cada uno se le determinó sexo, longitud total y peso, con concha y sin concha, con una balanza digital (precisión de 0.01 g). El sexo se determinó por la presencia o ausencia de pene.

Los experimentos de captura-marcado-recaptura se realizaron en las dos localidades. Los individuos se recolectaron siguiendo el procedimiento explicado antes. Cada caracol fue medido e identificado con un número en una marca plastificada, de las utilizadas en estudios de abejas, que se fijó en la parte inferior de la concha con pegamento de alta resistencia. Este procedimiento se probó marcando en febrero de 2001 a 193 caracoles en Cerritos; en abril se inició la recaptura y se observó que las marcas permanecían en los individuos, sin embargo el número recapturado fue bajo. En ese mes se marcaron 176 individuos más en Cerritos y 159 en la playa de Punta Perico. En agosto del 2001, aprovechando facilidades logísticas del momento, se marcaron otros 99 caracoles en Punta Perico y 86 en Cerritos. La recaptura continuó mensualmente desde mayo de 2001 hasta enero de 2002. En cada caso los individuos recapturados fueron medidos y devueltos a la playa.

El análisis de datos de captura y recaptura se efectuó con el método de Gulland y Holt (1959) que parte de suponer que la tasa de crecimiento se relaciona directamente con la longitud promedio:

$$\left(\frac{\Delta L}{\Delta t}\right) = a + b\bar{L}$$

donde $\Delta L = L_t - L_{t+\Delta t}$, siendo L_t la longitud al tiempo de marcado t , y $L_{t+\Delta t}$ la longitud al momento de recaptura ($t + 1$); $\Delta t = (t + 1) - t$; $\bar{L} = L_t + (\Delta L/2)$. De la regresión lineal se estiman $K = -b$ y $L_\infty = (-a/b)$.

Para los estudios en laboratorio, en noviembre de 1999 y febrero de 2000 se recolectaron cerca de 300 animales en las dos playas y se transportaron al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, en La Paz, Baja California Sur. Cada individuo fue medido, pesado y marcado con números de plástico. Para el cultivo se utilizaron 10 garrafones de vidrio, invertidos con base cortada, cada uno con 10 L de agua del mar (salinidad de 32–36‰, temperatura de 21–23°C y cambio diario del agua). Los animales se alimentaron diariamente con trozos de calamar, mejillón o corazón de vaca. El análisis del crecimiento se basó en el método de Gulland y Holt (1959).

Resultados

En los muestreos de frecuencias de longitudes en las playas de Punta Perico y Cerritos se recolectó información de 5053 y 3850 individuos, respectivamente. Las distribuciones de tallas presentan una sola moda (fig. 2); las longitudes medias respectivas, 32 y 27 mm, fueron significativamente diferentes

and 50-m-long transects. Given the characteristics of the coastline, an area of 250 m² was covered at Punta Perico and of 800 m² at Cerritos. Each specimen was measured with a vernier caliper (0.01-mm precision) from the apex to the end of the siphon channel. The analysis was based on the ELEFAN I method (Pauly, 1984) included in the FiSAT program (Gayaniño *et al.*, 1996), used to estimate the parameters of the von Bertalanffy growth equation:

$$L_t = L_\infty[1 - \exp(-K(t - t_0))]$$

where L_∞ is the asymptotic length, K the growth coefficient and t_0 the age at length zero. To compare the growth at both sites, the growth pattern index was calculated: $\varnothing' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$ (Pauly and Munro, 1984).

To estimate the constants that relate weight (W) and length (L), $W = aL^b$ (Sparre and Venema, 1995), 30 individuals were randomly selected from each monthly sample and preserved in 10% formol. In the laboratory, the total length and sex of each specimen was determined, the latter by the presence or absence of the penis; the weight with and without the shell was determined with a digital scale (0.01-g precision).

The mark and recapture experiments were done at both sites. The snails were collected as described above. Each specimen was measured and identified with a number on a plastic tag (as those used in bee studies), which was attached to the underside of the shell with high resistance glue. To test this procedure, 193 snails were marked at Cerritos in February 2001; recapture began in April and the tags were found to remain on the snails, even though only a few were recaptured. In April 2001, another 176 snails were marked at Cerritos and 159 at Punta Perico, and in August, 86 specimens were marked at Cerritos and 99 at Punta Perico. Recapture continued monthly from May 2001 to January 2002; the individuals recaptured were measured and returned to the beach.

The capture-recapture data were analyzed using Gulland and Holt's (1959) method, which assumes that the growth rate is directly related to the average length:

$$\left(\frac{\Delta L}{\Delta t}\right) = a + b\bar{L}$$

where $\Delta L = L_t - L_{t+\Delta t}$, L_t being the length at the time of marking and $L_{t+\Delta t}$ the length at the time of recapture ($t + 1$); $\Delta t = (t + 1) - t$; $\bar{L} = L_t + (\Delta L/2)$. $K = -b$ and $L_\infty = (-a/b)$ are estimated from the linear regression.

For the laboratory studies, around 300 snails were collected in November 1999 and February 2000 from both beaches, and transported to the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas at La Paz, in Baja California Sur. Each specimen was measured, weighed and marked with plastic numbers. Ten glass water bottles, turned upside down and with the bottom cut off, were used for the experiment, each containing 10 L of

(t de Student, $P < 0.5$). La proporción media de hembras a machos en los dos lugares de estudio fue de 1:0.8. En Cerritos las hembras midieron de 13 a 74 mm (L promedio = 30 mm), y los machos de 15 a 44 mm (L promedio = 26 mm). En Punta Perico las hembras midieron de 16 a 59 mm (L promedio = 35 mm), y los machos de 17 a 49 mm (L promedio = 30 mm). Las diferencias entre sexos en cada playa fueron significativas ($P < 0.5$). Los valores de a y b en la relación peso total vs longitud, para hembras y machos, no fueron significativamente diferentes ($a = 0.0005$ y 0.0008 ; $b = 2.9$ y 3.0 ; $P < 0.5$).

seawater (salinity of 32–36‰, temperature of 21–23°C) that was changed daily. The animals were fed daily with pieces of squid, mussel or cow heart. Growth was analyzed according to Gulland and Holt (1959).

Results

Length frequency data were obtained for 5053 and 3850 individuals from Punta Perico and Cerritos, respectively. Size distribution presented a single mode (fig. 2); the respective mean lengths, 32 and 27 mm, were significantly different (Student's t , $P < 0.5$). The mean female to male ratio at both sites was 1:0.8. At Cerritos, females measured from 13 to 74 mm (mean $L = 30$ mm) and males from 15 to 44 mm (mean $L = 26$ mm). At Punta Perico, females measured from 16 to 59 mm (mean $L = 35$ mm) and males from 17 to 49 mm (mean $L = 30$ mm). The differences between sexes at each beach were significant ($P < 0.5$). The values of a and b in the total weight vs length relation for females and males were not significantly different ($a = 0.0005$ and 0.0008 ; $b = 2.9$ and 3.0 ; $P < 0.5$).

The parameters of the von Bertalanffy equation, estimated for *P. pansa* at each site, were similar: $K = 0.17$ – 0.18 yr⁻¹ and $L_{\infty} = 85$ – 90 mm. The comparison of growth parameters based on the growth pattern index shows that there are no significant differences in the form of growth at both sites ($\phi' = 3.1$ and 3.2). The growth curve for the monthly total of individuals collected at both sites is presented in figure 3.

Regarding the mark and recapture experiments, the average percentage of first recapture was 22% at Punta Perico but only 1% at Cerritos. The values of monthly recapture at both sites were low throughout the experiment, probably because the marked snails, deposited among the rocks where they were found, do not adhere to them until they feel safe enough to remove the foot from the shell and, before this can happen, they are washed away by the waves to unsuitable areas. This makes it difficult to estimate the mortality rate, especially in areas of high wave action such as Cerritos.

The data obtained for 55 snails from Cerritos and 90 from Punta Perico were used for the growth analysis. The marked

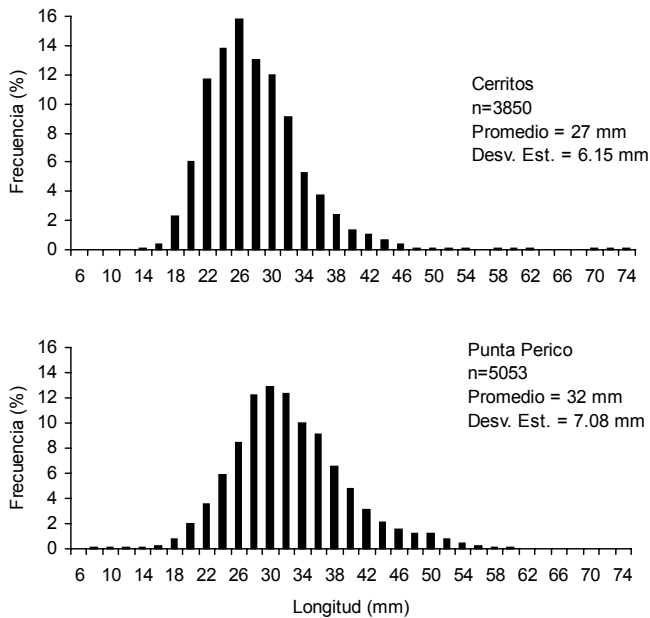


Figura 2. Distribución de frecuencias de longitudes del total de individuos de *Plicopurpura pansa* recolectados en las playas de Cerritos y Punta Perico, Baja California Sur, México.

Figure 2. Length frequency distribution of the total of individuals of *Plicopurpura pansa* collected from the beaches of Cerritos and Punta Perico, Baja California Sur, Mexico.

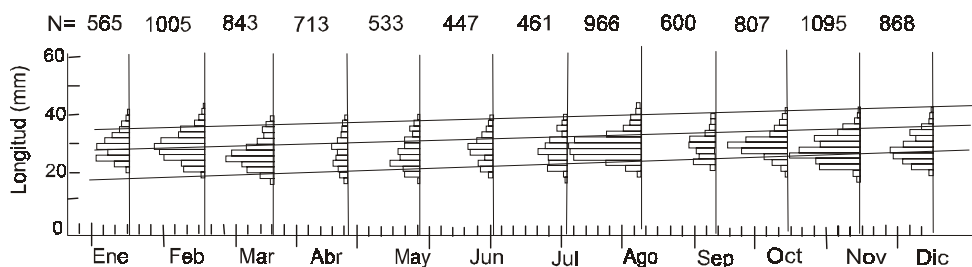


Figura 3. Distribuciones mensuales de frecuencias de tallas y curva de crecimiento ($K = 0.17$; $L_{\infty} = 90$ mm) de *Plicopurpura pansa* para el año promedio (1999–2001) en las playas de Cerritos y Punta Perico, en el sur de la península de Baja California, México.

Figure 3. Monthly distribution of size frequencies and growth curve ($K = 0.17$; $L_{\infty} = 90$ mm) of *Plicopurpura pansa* for the average year (1999–2001) at Cerritos and Punta Perico, Baja California Sur, Mexico.

Los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, estimados en cada localidad para *P. pansa*, fueron similares: $K = 0.17\text{--}0.18 \text{ año}^{-1}$ y $L_{\infty} = 85\text{--}90 \text{ mm}$. La comparación de los parámetros de crecimiento a través del índice de patrón de crecimiento sugiere que no existen diferencias significativas en la forma de crecimiento en las dos localidades ($\phi' = 3.1$ y 3.2). En la figura 3 se representa la curva de crecimiento utilizando el total de individuos por mes recolectados en las dos áreas.

Con referencia a los experimentos de marcado y recaptura, en Punta Perico el porcentaje promedio de primera recaptura fue de 22%, pero en Cerritos sólo fue del 1%. Hasta el final del experimento los valores de recaptura mensual en las dos localidades se mantuvieron bajos. Esto debe relacionarse con el hecho de que los caracoles marcados, depositados en las rocas en que fueron capturados, sólo se fijan a ellas hasta que se sienten seguros para sacar el pie de la concha, por lo que es probable que el oleaje los mueva a lugares no propicios antes de que esto suceda, lo que impide la estimación de tasas de mortalidad, especialmente en áreas con intenso oleaje como Cerritos.

Para el análisis de crecimiento se dispuso de información de 55 caracoles en Cerritos y de 90 en Punta Perico. El intervalo de tallas de los marcados varió entre 18 y 48 mm y, el máximo crecimiento en 161 días fue de 2.8 mm en Punta Perico y de 1.7 mm en 252 días en Cerritos (tabla 1). En general, la mayoría de los individuos presentaron tasas de crecimiento menores a 0.03 mm/día y, aunque se observó una amplia variación de la tasa de crecimiento para individuos de longitud similar, la tasa de crecimiento disminuye en individuos de mayor longitud (figs. 4, 5). Entre los individuos recapturados no estuvieron presentes los de tallas grandes y los datos corresponden sólo a tasas de crecimiento para caracoles entre 20 y 40 mm, lo que impide un buen análisis de regresión lineal. Por esto se utilizó la modificación de Pauly (1984) al método de Gulland y Holt (1959), suponiendo que, a una talla de 90 mm estimada a partir del análisis de frecuencias de tallas, la tasa de crecimiento es nula. De esta forma, el valor

Tabla 1. Resultados básicos de los experimentos de marcado y recaptura de *Plicopurpura pansa* en dos localidades al sur de la Península de Baja California, México: N , número de individuos; L_t , longitud (mm) al inicio t del experimento; ΔL (mm) = $L_{t+\Delta t} - L_t$; Δt (días) = $t_{t+\Delta t} - t_t$; K = crecimiento de von Bertalanffy (mín = mínimo; máx = máximo).

Table 1. Results of the mark and recapture experiments of *Plicopurpura pansa* at two sites in Baja California Sur, Mexico: N , number of individuals; L_t , length (mm) at the beginning t of the experiment; ΔL (mm) = $L_{t+\Delta t} - L_t$; Δt (days) = $t_{t+\Delta t} - t_t$; K = von Bertalanffy growth (min = minimum; max = maximum).

	Punta Perico	Playa Cerritos
N marcados	258	455
N recapturados	90	55
L_t mín	18.3	19.9
L_t máx	48.2	39.9
ΔL mín	0.1	0.1
ΔL máx	2.8	1.7
Δt mín	28	57
Δt máx	161	252
K (año ⁻¹)	0.18	0.18
L_{∞} (mm)	99	62

snails ranged in size from 18 to 48 mm, and maximum growth was 2.8 mm in 161 days at Punta Perico and 1.7 mm in 252 days at Cerritos (table 1). In general, most specimens had growth rates of less than 0.03 mm/day, and even though the growth rate varied widely for individuals of a similar length, it was lower for longer specimens (figs. 4, 5). The large-sized individuals were not among those recaptured and the data correspond only to the growth rates of snails between 20 and 40 mm in length, which impedes a good linear regression analysis. Therefore, Pauly's (1984) modification to Gulland and Holt's (1959) method was used, assuming a null growth

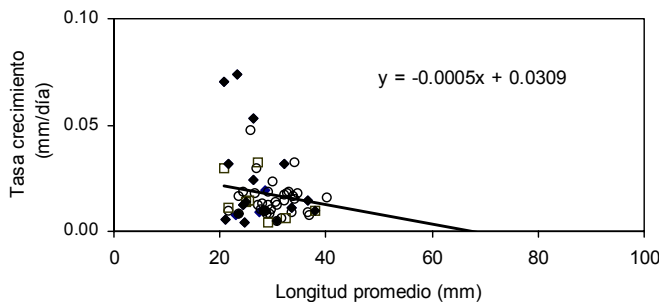


Figura 4. Tasa de crecimiento vs longitud promedio de individuos de *Plicopurpura pansa* marcados en playa Cerritos, Baja California Sur, México, en febrero (◆), abril (○) y agosto (□) de 2001, y recuperados de abril de 2001 a enero de 2002.

Figure 4. Growth rate vs mean length of individuals of *Plicopurpura pansa* marked at Cerritos, Baja California Sur, Mexico, in February (◆), April (○) and August (□), and recaptured from April 2001 to January 2002.

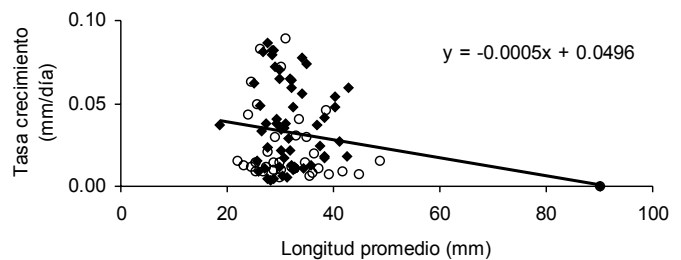


Figura 5. Tasa de crecimiento vs longitud promedio de individuos de *Plicopurpura pansa* marcados en playa Punta Perico, Baja California Sur, México, en abril (◆) y agosto (○) de 2001, y recuperados de mayo de 2001 a enero de 2002.

Figure 5. Growth rate vs mean length of individuals of *Plicopurpura pansa* marked at Punta Perico, Baja California Sur, Mexico, in April (◆) and August (○), and recaptured from May 2001 to January 2002.

aproximado de L_{∞} para *P. pansa* varió entre 62 y 99 mm, siendo menor en Cerritos; el valor de K en las dos playas fue de 0.18 año⁻¹.

En el caso del crecimiento de individuos en laboratorio, el análisis se basó en 78 caracoles de 21 a 51 mm de longitud, medidos después de 41 a 798 días de introducidos en los acuarios. El 69% de los caracoles presentaron incrementos de longitud menores a 0.01 mm/día. Los mayores incrementos en talla, de 3 a 5 mm, se registraron en 5 de los 12 individuos que sobrevivieron 798 días en cultivo. En general, las tasas de crecimiento, entre 0.0003 y 0.009 mm/día, fueron más bajas que las encontradas en condiciones naturales.

Discusión

Las estimaciones de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *P. pansa* en el Pacífico centro y sur de México presentan una variación muy amplia ($0.07 < K < 0.29$ año⁻¹; $63 < L_{\infty} < 110$ cm) que, aparentemente, se relaciona con el método utilizado para su análisis (tabla 2). Sin embargo, los valores de estos parámetros estimados en Cerritos y Punta Perico, en la zona norte de su distribución geográfica, son menores que los calculados con el mismo método en el Pacífico central mexicano por Michel-Morfin *et*

rate for a size of 90 mm, estimated from size frequency analysis. The approximate value of L_{∞} for *P. pansa* ranged from 62 to 99 mm and was lower at Cerritos; the value of K at both sites was 0.18 yr⁻¹.

Growth of the laboratory-reared snails was analyzed based on 78 individuals of 21 to 51 mm in length, measured 41 to 798 days after being introduced into the aquaria; 69% of the snails had growth rates of less than 0.01 mm/day. The largest increase in size, from 3 to 5 mm, occurred in 5 of the 12 individuals that survived 798 days of culture. In general, the growth rates of 0.0003 to 0.009 mm/day were lower than those found in natural conditions.

Discussion

The parameters of the von Bertalanffy growth equation estimated for *P. pansa* from the central and southern Mexican Pacific present a wide variation ($0.07 < K < 0.29$ yr⁻¹; $63 < L_{\infty} < 110$ cm), which seems to be related to the method of analysis used (table 2). However, the values estimated for this species at Cerritos and Punta Perico, in the northern part of its distribution, are lower than those obtained with the same method by Michel-Morfin *et al.* (2000) in the central Mexican

Tabla 2. Valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy de *Plicopurpura pansa* en diferentes localidades del Pacífico mexicano y método empleado para su estimación. K = coeficiente de crecimiento; L_{∞} = Longitud asintótica (mm). Sexo: M = machos, H = hembras, A = ambos.

Table 2. Values of the von Bertalanffy growth equation parameters of *Plicopurpura pansa* for different localities of the Mexican Pacific and method used to estimate them. K = growth coefficient; L_{∞} = asymptotic length (mm). Sex: M = males, H = females, A = both.

Localidad	Coordenadas geográficas	Sexo	K (año ⁻¹)	L_{∞} (mm)	Método	Autor
Punta Conejo, Oaxaca	16°7' N, 95°14' W	M	0.07	72	Petersen, Bhattacharya	Hernández y Acevedo (1987)
Punta Conejo, Oaxaca	16°7' N, 95°14' W	H	0.1	101	Petersen, Bhattacharya	Hernández y Acevedo (1987)
B. Navidad, Jalisco	19°13' N, 104°43' W	M	0.21	102	Elefan I	Michel-Morfin <i>et al.</i> (2000)
B. Navidad, Jalisco	19°13' N, 104°43' W	H	0.27	110	Elefan I	Michel-Morfin <i>et al.</i> (2000)
B. Banderas, Jalisco	20°29' N, 105°16' W	M	0.24	63	Cassie	Fonseca-Madrigal (1998)
B. Banderas, Jalisco	20°29' N, 105°16' W	H	0.29	104	Cassie	Fonseca-Madrigal (1998)
Nayarit	22°22' N, 105°41' W	M	0.14	90	Petersen, Bhattacharya	Acevedo <i>et al.</i> (1990)
Nayarit	22°22' N, 105°41' W	H	0.14	75	Petersen, Bhattacharya	Acevedo <i>et al.</i> (1990)
Playa Punta Perico, Baja California Sur	24°01' N, 109°48' W	A	0.17	85	Elefan I	Este estudio
Playa Cerritos, Baja California Sur	23°19' N, 110°10' W	A	0.18	90	Elefan I	Este estudio

al. (2000), lo que sugiere la presencia de un crecimiento diferencial según la latitud.

En general los valores estimados de K indican un lento crecimiento de la especie en el Pacífico mexicano. En el caso de Cerritos y Punta Perico, el valor de $K = 0.17 \text{ año}^{-1}$ resulta del análisis de frecuencias de tallas y coincide con el resultado de los experimentos de marcado y recaptura. Sin embargo, la baja proporción de individuos recapturados, especialmente de los de mayor tamaño, impone precaución en la interpretación de resultados, pero el lento crecimiento *P. pansa* se aprecia claramente en los resultados del marcado y del cultivo. Al respecto se debe anotar que en los acuarios algunos individuos depositaron cápsulas con huevos, lo que sugiere que las condiciones de mantenimiento eran adecuadas.

Los resultados de este estudio no muestran la existencia de diferencias en el crecimiento de *P. pansa* en dos localidades de Baja California Sur de latitud similar (Cerritos: $23^{\circ}19' \text{ N}$; Punta Perico: $24^{\circ}01' \text{ N}$) pero sujetas a las condiciones ambientales predominantes en las costas occidental y oriental de la Península de Baja California (fig. 1). Las diferencias en el tamaño de áreas de muestreo y su respectivo número de observaciones pudieran afectar las estimaciones de crecimiento si se presentaran fenómenos de denso-dependencia. Sin embargo, los resultados no ofrecieron evidencias para proponer una hipótesis al respecto.

Cuando se considera la información sobre tallas en diferentes localidades del Pacífico mexicano se observa que, aparentemente, la longitud máxima registrada tiende a disminuir con el incremento de la latitud. En las Islas Revillagigedo ($18^{\circ}45' \text{ N}$) Holguín-Quiñones (1993) registró 90 mm como talla máxima. En Oaxaca ($16^{\circ}10' \text{ N}$) fue de 88 mm (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987). En las costas de Jalisco ($19^{\circ}13' - 20^{\circ}29' \text{ N}$) de 77 mm (Fonseca-Madrigal, 1998; Michel-Morfin *et al.*, 2000). La talla máxima encontrada en Baja California Sur ($24^{\circ}01' \text{ N}$) fue de 74 mm.

Estas diferencias pudieran relacionarse con las condiciones ambientales extremas del hábitat intermareal en cada localidad, incluyendo factores ambientales aéreos, como la temperatura del aire y el tiempo de insolación, pero no se dispone de datos sobre estas variables para las localidades mencionadas. Según Koch y Wolff (1996), los caracoles de la familia Thaididae, a la que pertenece *P. pansa*, presentan un complejo juego de mecanismos fisiológicos que les permiten vivir en esas condiciones, *v.g.*, muestran zonación de tallas relacionada con alimentación, depredación, protección y desecación.

En la diferencia de tamaños también debe tomarse en cuenta el posible efecto de la explotación de *P. pansa* en cada localidad. Al respecto, el registro en bajas latitudes de individuos de 88 mm en Oaxaca, zona explotada por cientos de años, y de 90 mm en las Islas Revillagigedo donde no se efectúa la explotación del recurso, lleva a pensar que la diferencia de tallas se relaciona con las condiciones ambientales de cada zona. Esta idea se fortalece al considerar que en latitudes más altas los individuos registrados son más pequeños. Sin embargo, en términos de la explotación de *P. pansa* es

Pacific; this suggests a differential growth according to latitude.

In general, the K values obtained indicate the slow growth of *P. pansa* in the Mexican Pacific. In the case of Cerritos and Punta Perico, the value of $K = 0.17 \text{ yr}^{-1}$ derived in the size frequency analysis coincides with the value estimated from the mark and recapture data. However, because of the low number of individuals recaptured, especially the large size ones, the results should be interpreted with care, but the slow growth of this species can be clearly appreciated in the results of the culture and marking experiments. It is important to note that egg capsules were found in the aquaria, indicating that the snails were maintained under appropriate conditions.

The results obtained in this study do not show differences in the growth of *P. pansa* at the two sites in Baja California Sur of similar latitude (Cerritos: $23^{\circ}19' \text{ N}$; Punta Perico: $24^{\circ}01' \text{ N}$), but subject to the predominant environmental conditions of the east and west coasts of the peninsula (fig. 1). The differences in the size of the sampling areas and their respective number of observations may affect the growth estimates if denso-dependent phenomena occurred; however, the results do not present evidence to propose such a hypothesis.

When the size data for *P. pansa* from different sites of the Mexican Pacific are compared, the maximum length recorded tends to decrease as the latitude increases. For the Revillagigedo Islands ($18^{\circ}45' \text{ N}$), the maximum size recorded was 90 mm (Holguín-Quiñones, 1993); for Oaxaca ($16^{\circ}10' \text{ N}$), it was 88 mm (Hernández-Cortés and Acevedo-García, 1987); and for the coasts of Jalisco ($19^{\circ}13' - 20^{\circ}29' \text{ N}$), it was 77 mm (Fonseca-Madrigal, 1998; Michel-Morfin *et al.*, 2000). The maximum size recorded in Baja California Sur ($24^{\circ}01' \text{ N}$) was 74 mm.

These differences could be related to the extreme environmental conditions of the intertidal habitat at each locality, including factors such as air temperature and insolation time, but data for these variables are not available for the sites mentioned. According to Koch and Wolff (1996), snails of the family Thaididae, to which *P. pansa* belongs, present a complex set of physiological mechanisms that allow them to live in these conditions; for example, they show zonation of sizes related to feeding, depredation, protection and desiccation.

The size differences may also be associated with the exploitation of *P. pansa* at each locality. At the lower latitudes, specimens of 88 mm were recorded in Oaxaca, where this species has been exploited for centuries, while individuals of 90 mm were reported for the Revillagigedo Islands, where this species is not exploited; this indicates that the difference in size is related to the environmental conditions of each area. This idea is strengthened when one considers that smaller sizes have been reported for snails from higher latitudes. However, in terms of the exploitation of *P. pansa*, the slow growth of this species needs to be taken into account when designing management strategies.

necesario considerar el lento crecimiento de la especie como una de las bases en el diseño de medidas de manejo.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (COFAA y EDI) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. De forma especial a Jorge López (CICIMAR) por su colaboración en los experimentos de marcado y recaptura. También reconocemos la labor de tres revisores cuyos comentarios permitieron mejorar el trabajo.

Referencias

Acevedo, J., Escalante, M. y López, C. (1990). Aspectos poblacionales del caracol de tinte *Purpura pansa* Gould, 1853 en las costas de Nayarit. Rev. Interdis. Divulg. Cient. y Tecn., Univ. Autón. Sinaloa, 1(1): 18–22.

Clench, W.J. (1947). The genera *Purpura* and *Thais* on the western Atlantic. *Johnsonia*, 2(23): 61–91.

Diario Oficial (1988). Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Mexicanos. Secretaría de Pesca. Marzo 30, 1988, pp. 10–12.

Fonseca-Madrigal, J. (1998). Algunos aspectos de dinámica poblacional del caracol púrpura, *Plicopurpura patula pansa* (Gould, 1853), en una playa rocosa de Yelapa, Bahía de Banderas, Jalisco (febrero a julio de 1997). Tesis profesional, Universidad de Guadalajara, Div. Cienc. Biol. y Ambient., Guadalajara, Jal., México, 43 pp.

Gayanilo Jr., F.C., Sparre, P. and Pauly, D. (1996). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). User's Manual. FAO Computerized Information Ser. 8, 126 pp.

Gulland, J.A. and Holt, S.J. (1959). Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1): 47–49.

Hernández-Cortés, E. y Acevedo-García, J. (1987). Aspectos poblacionales y etnobiológicos del caracol *Púrpura pansa*, Gould, 1853 en la costa de Oaxaca. Tesis profesional, Univ. Nal. Autón. México, Facultad de Ciencias, 139 pp.

Holguín-Quñones, O. (1993). Distribución, abundancia y composición peso-talla de *Purpura pansa* (Mollusca-Gastropoda) en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. *Zoología Informa*, 25: 24–33.

Keen, A.M. (1971). Sea shells of tropical West America: Marine mollusks from Baja California to Peru. 2nd ed. Stanford Univ. Press, 1064 pp.

Acknowledgements

We thank the Instituto Politécnico Nacional (COFAA and EDI) and Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología for their support. Special thanks to Jorge López (CICIMAR) for his help in the mark and recapture experiments. The comments of three reviewers helped to improve this work.

English translation by Christine Harris.

Koch, V. and Wolff, M. (1996). The mangrove snail *Thais kiosquiformis* Duclos: A case of life history adaptation to an extreme environment. *J. Shellfish Res.*, 15(2): 421–432.

Michel-Morfin, J.E. (2000). Ecología y aprovechamiento del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en las costas del Pacífico mexicano. Tesis doctorado, CICIMAR-IPN, México, 128 pp.

Michel-Morfin, J.E., Chávez E.A. and Landa, V. (2000). Population parameters and dye yield of the purple snail *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) of West Central Mexico. *J. Shellfish Res.*, 19(2): 919–925.

Paredes, C., Huamán, P., Cordoso, F., Vivar R. y Vera, V. (1999). Estado actual del conocimiento de los moluscos acuáticos en el Perú. *Rev. Peruana Biol.*, 6(1): 5–47.

Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. *ICLARM Study Rev.*, 8, 325 pp.

Pauly, D. and Munro, J.L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2(1): 21.

Peña, G.G.M. (1970). Zonas de distribución de los gasterópodos marinos del Perú. *Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria*, 8: 153–170.

Sparre, P. y Venema, S.C. (1995). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Téc. Pesca 306/1 Rev 1: 420 pp.

Turok, M. and Acevedo, J. (2000). Protection of the colorful Mixteca and Nahoia indigenous dye traditions in Mexico: The saga of the *Plicopurpura pansa* snail. In: Use of Incentive Measures for Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity. United Nations Environmental Program (UNEP), The Hague, Netherlands, pp. 131–157.

Turok, M., Sigler, A.M., Hernández, E., Acevedo, J., Lara, R. y Turcott, V. (1988). El caracol *Purpura pansa* una tradición milenaria de Oaxaca. Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Culturas Populares, México, D.F., 166 pp.