

**DIFERENCIAS EN LA RELACIÓN TALLA-EDAD DEL CARACOL
PANOCHA *Astraea undosa* (WOOD, 1828) ENTRE DOS LOCALIDADES DE
BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**DIFFERENCES IN THE LENGTH-AGE RELATIONSHIP OF THE SNAIL
Astraea undosa (WOOD, 1828) BETWEEN TWO LOCALITIES OF
TORTUGAS BAY, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

María Georgina Gluyas-Millán^{1*}

Casimiro Quiñónez-Velázquez²⁺

José Antonio Massó-Rojas¹

Felipe Neri Melo-Barrera¹

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera, La Paz

INP, SEMARNAP

Carretera a Pichilingue Km 1 s/n

La Paz, Baja California Sur, México

* E-mail: gmillan@balandra.uabcs.mx

² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

Playa El Conchalito s/n

Apartado postal 592

La Paz, Baja California Sur, México

Recibido en marzo de 1998; aceptado en noviembre de 1998

RESUMEN

Se estudiaron las diferencias del diámetro basal (DB), edad y DB a la edad del caracol panocha *Astraea undosa* en dos zonas de Bahía Tortugas (México), de noviembre de 1996 a noviembre de 1997. La edad se determinó contando el número de marcas de crecimiento en el opérculo. Los grupos de edad determinados fueron anuales. El intervalo de tamaño fue de 49 a 118 mm DB en individuos de 2 a 12 años de edad. Las distribuciones de frecuencia mensual del DB y de edad entre zonas fueron significativamente diferentes, excepto para las distribuciones de edad en los meses de noviembre de 1996, y junio y noviembre de 1997. La talla mínima legal de captura (90 mm de DB) en una zona se alcanza, en promedio, a los 5 años, mientras que en la otra, a los 9 años, lo que indica un distinto patrón de crecimiento entre las zonas. La diferencia del DB a la edad entre zonas fue significativa a partir de los 4 años de edad. Para promover un rápido crecimiento en talla del caracol de la zona de lento crecimiento, se sugiere trasplantar individuos ≥ 63 mm DB a zonas de mayor crecimiento.

Palabras clave: *Astraea undosa*, Bahía Tortugas, edad, diferencias en crecimiento.

⁺ Miembro de COFAA-IPN.

ABSTRACT

The differences in basal diameter (DB), age and DB-age of the snail *Astraea undosa* in two zones of Tortugas Bay (Mexico) were studied from November 1996 to November 1997. Age was determined by counting the opercular growth marks. The age groups were annual. The interval size was of 49 to 118 mm DB in snails of 2 to 12 years of age. Monthly frequency distributions of the DB and of age between zones were significantly different, except for the age distributions of November 1996, and June and November 1997. The legal minimum catch size (90 mm DB) is reached in one zone at 5 years and in the other at 9 years, on average, indicating a different growth pattern between zones. The differences in DB-age between zones were significant at 4 years of age. To promote a rapid growth of the snails from the slow-growth zone, we suggest moving individuals of ≥ 63 mm DB to better growth zones.

Key words: *Astraea undosa*, Tortugas Bay, age, growth differences.

INTRODUCCIÓN

El caracol panocha *Astraea undosa* es un molusco gasterópodo sujeto a concesión para explotación comercial a sociedades cooperativas establecidas en la zona del Pacífico Norte de Baja California Sur. Actualmente, este recurso sostiene una importante pesquería (Singh-Cabanillas, 1996) y su producto se comercializa al mercado internacional cocido y enlatado. Las medidas de manejo y regulación son: concesión para aprovechamiento comercial a sociedades cooperativas de producción pesquera, determinación de cuotas anuales de captura por zona de pesca, un periodo de veda del 1 de noviembre al 28 de febrero y una talla mínima legal de captura de 90 mm de diámetro basal (Singh-Cabanillas, 1996).

En la costa occidental de la península de Baja California, se han observado zonas con caracol panocha de menor tamaño que en otras; tal es el caso en Bahía Tortugas, Baja California Sur. En la literatura no ha sido documentada esta situación para el género *Astraea*, pero sí para abulón del género *Haliotis* (Emmett y Jamieson, 1989; Wells y Mulvay, 1995). Este hecho tiene como consecuencia que en ciertas zonas, una fracción de la población no alcanza la talla mínima de captura, lo que implica no ser aprovechados por la pesca. En ausencia de información científica para el caracol panocha que explique esta situación y coadyuvar a fortalecer sus medidas de manejo y

INTRODUCTION

The snail *Astrea undosa* is a gastropod mollusk conceded to fishing cooperatives for commercial exploitation in the North Pacific off Baja California Sur. At present, this resource sustains an important fishery (Singh-Cabanillas, 1996) and is sold internationally, cooked and canned. The management and regulatory measures include: the concession to fishery cooperatives for commercial fishery, annual catch quotas per fishing area, a closed season from 1 November to 28 February and a legal minimum catch size of 90 mm basal diameter (Singh-Cabanillas, 1996).

Along the west coast of the peninsula of Baja California, there are certain areas where snails of a smaller size are found than in others, for example Tortugas Bay, Baja California Sur. This has not been reported in the literature for the genus *Astraea*, but it has been reported for abalone of the genus *Haliotis* (Emmett and Jamieson, 1989; Wells and Mulvay, 1995). Consequently, in these areas a portion of the population does not reach the minimum catch size and, therefore, cannot be exploited by the fishery. Since there is no scientific information on *A. undosa* that explains why this occurs, a study was conducted to determine some biological characteristics of this species. This information could lead to improved measures for the management and regulation of

regulación para esta especie, se desarrolló una investigación con el propósito de estudiar algunas características biológicas del caracol panocha *A. undosa*. Se eligieron dos zonas en Bahía Tortugas, una con caracol pequeño y otra con caracol grande, y mensualmente de noviembre de 1996 a noviembre de 1997 se tomaron muestras por zona. La hipótesis que se aborda es que las diferencias en talla del caracol en las zonas de estudio son a causa de un distinto patrón de crecimiento, esto es, que los individuos alcanzan una menor talla a una misma edad. Para probar esa hipótesis se compara, por mes, la talla (diámetro basal), la edad determinada a partir de las marcas de crecimiento en los opérculos, y la talla a la edad del caracol panocha entre las dos zonas de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las dos zonas de estudio se eligieron de acuerdo con observaciones previas de reconocimiento y considerando la opinión de los pescadores de la región: una zona, denominada A, con caracol chico y la otra, denominada B, con caracol grande. La primera zona se localizó en el interior de la bahía, frente al edificio de la Estación de Investigación Pesquera del Instituto Nacional de la Pesca, una área rocosa, protegida del oleaje y sin pesca comercial; la segunda se localizó en la entrada de la bahía y es una área rocosa, con un mayor grado de exposición al oleaje y con pesca comercial (fig. 1). Ambas zonas tienen una profundidad de 2 a 4 m. Mensualmente, en cada zona, de noviembre de 1996 a noviembre de 1997, se recolectaron al azar 50 organismos por medio de buceo semiautónomo tipo Hooka en un área de 10 a 20 m² aproximadamente. A cada organismo se le midió la altura máxima y el diámetro basal (DB) de la concha y diámetro mayor del opérculo (longitud del opérculo, LO) ± 1 mm (fig. 2). Se desconchó al organismo y se determinó el sexo por apreciación visual de la gónada; las hembras presentan una coloración café a verde olivo y los machos son de color café a marfil claro, según el estadio de madurez.

the fishery. Two sites of Tortugas Bay were selected, one with small snails and the other with large snails. Monthly samplings were conducted in each zone from November 1996 to November 1997. The proposed hypothesis is that the different sizes of the snails in the study areas are due to different growth patterns, that is, that individuals reach a smaller size at the same age. In order to test this hypothesis, monthly comparisons were made of size (basal diameter), age determined from the opercular growth marks and the relationship between basal diameter and age of *A. undosa* in both study zones.

MATERIALS AND METHODS

Two study sites were selected based on previous explorations and the opinion of fishermen of the area: zone A, with small snails, and zone B, with large snails. The first zone is located inside the bay, off the Fisheries Research Center of the Instituto Nacional de la Pesca, and is a rocky area, protected from waves and does not support commercial fishing; the second is located at the entrance to the bay and is a rocky area, with greater wave exposure, and does support commercial fishing (fig. 1). Both zones have a depth of 2 to 4 m. From November 1996 to November 1997, 50 organisms were randomly collected per month at each zone, in an area of approximately 10 to 20 m², by means of Hooka diving. Measurements were taken of each organism, recording the maximum height and basal diameter (DB) of the shell, as well as the greatest diameter of the operculum (operculum length, LO) ± 1 mm (fig. 2). The organisms were shelled and their sex was determined from the gonad. The females were brown to olive green in color and the males, brown to clear ivory, depending on the stage of maturity.

The operculum has been reported to be an appropriate structure for determining the age of some gastropods (Sire and Bonnet, 1984) and *A. undosa* (Guanes-Mercado and Torres-Moye, 1991; Cupul-Magaña and Torres-Moye, 1996). In order to observe the growth marks, the opercula

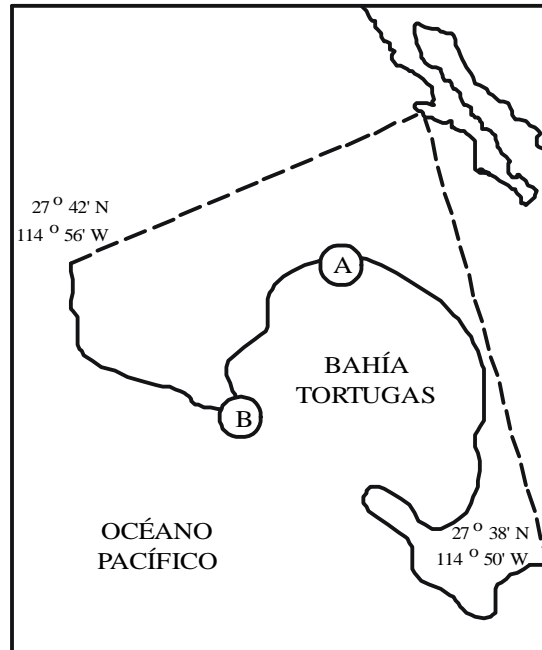


Figura 1. Ubicación de las dos zonas de estudio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.
Figure 1. Location of the two study zones in Tortugas Bay, Baja California Sur, Mexico.

La utilización del opérculo es recomendada como una estructura adecuada para determinar la edad en algunos gasterópodos (Sire y Bonnet, 1984) y para el caracol panocha (Guanes-Mercado y Torres-Moye, 1991; Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996). Para la observación y lectura de las marcas de crecimiento, los opérculos se sumergieron en una solución de cloro al 10% durante 12 h para retirar el periostraco. Una vez limpios los opérculos, las marcas de crecimiento fueron evidentes y se observaron con luz transmitida. Nosotros definimos una marca de crecimiento aquella formada por una amplia banda opaca alternada por una delgada banda hialina, que presumiblemente corresponden a un periodo de rápido y lento crecimiento, respectivamente. Los grupos de edad se definieron de la siguiente

were submerged in a 10% chlorine solution for 12 h to remove the periostracum. Once the opercula were clean, the growth marks could be seen with transmitted light. We define the growth mark as that formed by a wide opaque band and a thin hyaline band, which presumably correspond to a quick and a slow growth period, respectively. The age groups were established as follows: age group zero for the first opaque and hyaline bands (fig. 2), age group 1 for the second opaque and hyaline bands, and so on. The reference used to determine each age group was the upper limit of each hyaline band, starting at the spire of the operculum. In order to determine the periodicity of the formation of one growth mark, the border width of the recently deposited hyaline band was measured and the values were plotted monthly.

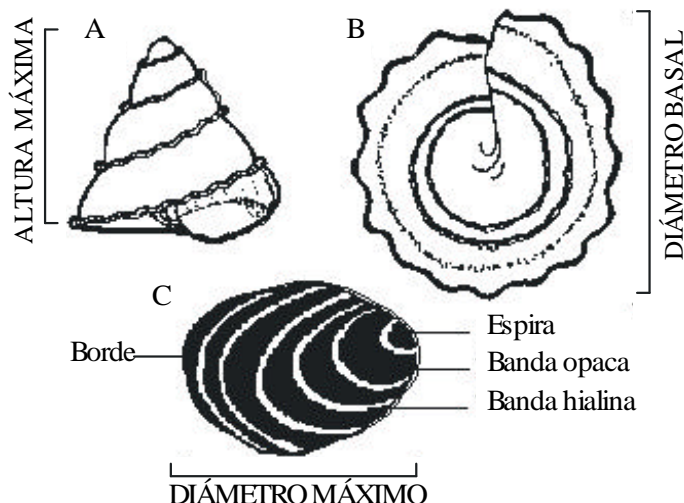


Figura 2. Caracol panocha *Astraea undosa*: (A) altura máxima; (B) diámetro basal; y (C) diámetro máximo del opérculo, bandas opacas e hialinas, y espira.

Figure 2. Snail *Astraea undosa*: (A) maximum height; (B) basal diameter; and (C) maximum opercular diameter, opaque and hyaline bands, and spire.

manera: el grupo de edad cero por la primera banda opaca e hialina (fig. 2), el grupo de edad 1 por la segunda banda opaca e hialina, y así sucesivamente. La referencia utilizada para determinar cada grupo de edad fue el límite superior de cada banda hialina a partir de la espira del opérculo. Para conocer la periodicidad de formación de una marca de crecimiento, en cada opérculo, se midió el ancho del borde a partir de la banda hialina recientemente depositada y los valores fueron graficados mensualmente. Se eligió el DB para expresar el cambio de la talla con respecto al tiempo, por ser la medida utilizada en las estimaciones de biomasa para la asignación de las cuotas de captura. Para cada zona de estudio se ajustó una regresión funcional (Ricker, 1973) a los valores de LO y DB, con el objeto de conocer la relación entre el crecimiento de ambas variables y justificar la utilización del opérculo como estructura adecuada para determinar la edad. Por medio de un análisis de covarianza (ANCOVA), se compararon las regresiones

The DB was used to express the change in size with respect to time, since it is the measurement used in the biomass estimates for the catch quotas. For each study zone, the LO and DB values were fitted with a functional regression (Ricker, 1973), in order to determine the relationship between the increase of both variables and to justify the use of the operculum to determine age. An analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare the functional regressions of zones A and B, using LO as the covariable.

The monthly frequency distributions of DB and of age were compared between zones with the Kolmogorov-Smirnov test (Sokal and Rohlf, 1969). The monthly age-DB data were then grouped and their relationship between the zones was compared with an ANCOVA, with age as the covariable. To identify the ages at which the sizes were different, the *a posteriori* Tukey HSD test for different sample sizes was used. The Statistica program for Windows was used (StatSoft, 1995).

funcionales de la zona A y la B, utilizando LO como la covariable.

Las distribuciones de frecuencia por mes del DB y de la edad se compararon entre zonas con una prueba Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1969). Posteriormente, los datos mensuales de edad-DB se agruparon y su relación se comparó entre zonas mediante un ANCOVA, con la edad como la covariable. Para identificar las edades en las cuales las tallas fueron diferentes, se utilizó la prueba *a posteriori* de Tukey HSD para muestras de diferentes tamaños. Se usó el programa estadístico para computadora Statistica para Windows (StatSoft, 1995).

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio se midió el DB de la concha de un total de 900 caracoles. El número de opérculos fue menor que 900 debido a que algunos se quebraron durante su preparación para la lectura de marcas de crecimiento. El intervalo del DB fue de 49 a 109 mm en la zona A y de 59 a 118 mm en la zona B. No hubo diferencia significativa del DB entre sexos en las zonas de estudio (zona A: ANOVA $F = 0.06$, $P = 0.81$; zona B: ANOVA $F = 0.51$, $P = 0.48$).

La relación entre LO y DB por zona se muestra en la figura 3. El crecimiento de ambas variables fue proporcional, lo que justifica la utilización del opérculo para determinar la edad en *A. undosa*. Al comparar las relaciones anteriores, éstas fueron significativamente diferentes (ANCOVA $F = 52.8$, $P < 0.001$), evidenciando diferencias morfométricas respecto a la relación LO-DB de los individuos entre las zonas.

Las distribuciones de frecuencia mensual del DB de las zonas de estudio (fig. 4) muestran individuos de mayor talla en la zona B que en la zona A. Tomando como referencia la talla mínima de captura legal (90 mm de DB), observamos que en la zona B, el 21.5% de los individuos son <90 mm DB, mientras que en la zona A, el 94.3% son <90 mm. Las distribuciones de frecuencia mensual del DB entre zonas fueron significativamente diferentes (tabla 1). Esto indica que el

RESULTS

During the study, the DB of 900 snail shells was measured. The number of opercula was less than 900 since some broke during preparation for reading the growth marks. The DB ranged from 49 to 109 mm in zone A, and from 59 to 118 mm in zone B. There was no significant difference in DB between sexes in the study zones (zone A: ANOVA $F = 0.06$, $P = 0.81$; zone B: ANOVA $F = 0.51$, $P = 0.48$).

The relationship between LO and DB per zone is shown in figure 3. The increase in both variables was proportional and justifies the use of the operculum to determine the age of *A. undosa*. The comparison of the above relationships yields significant differences (ANCOVA $F = 52.8$, $P < 0.001$), indicating morphometric differences with respect to the LO-DB relationship of the individuals between zones.

The monthly frequency distributions of DB (fig. 4) show individuals of greater size in zone B than in zone A. Using the legal minimum catch size (90 mm DB) as reference, it is observed that 21.5% of the individuals are <90 mm DB in zone B and 94.3% are <90 mm in zone A. The monthly frequency distributions of DB between zones were significantly different (table 1). This indicates that the potential snail catch is lower in zone A than in zone B.

With regard to the opercular growth marks, the opaque bands are wider than the hyaline bands, suggesting seasonal changes in the deposition of calcium carbonate and in growth. The periodicity of the formation of a growth mark (an opaque and a hyaline band) was determined by calculating the monthly average of the border width of the opercula for each zone (fig. 5). These values indicate a similar annual pattern in both zones: maximum from August to January and minimum from February to July; they are also significantly different (zone A: ANOVA $F = 49.3$, $P < 0.001$; zone B: ANOVA $F = 59.4$, $P < 0.001$). This suggests that the formation of a growth mark occurs annually. Once the periodicity of the formation of the growth marks was defined, the age

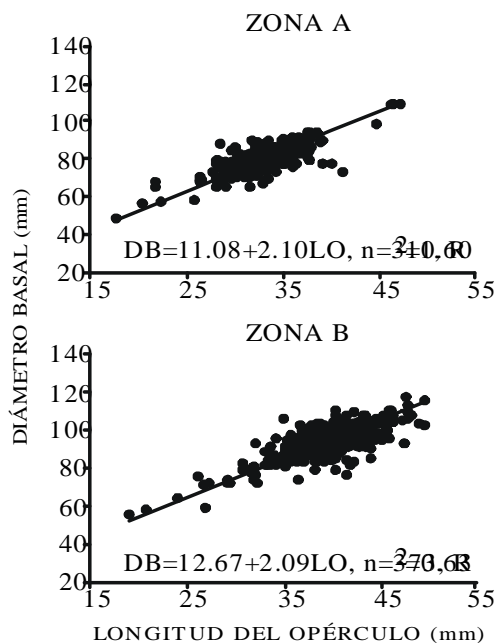


Figura 3. Relación de la longitud del opérculo y diámetro basal del caracol panocha *Astraea undosa* en las dos zonas de estudio.

Figure 3. Relationship between opercular length and basal diameter of the snail *Astraea undosa* in the two study zones.

aprovechamiento potencial del caracol es menor en la zona A que en la zona B.

Con respecto a las bandas de crecimiento en los opérculos, se observó que las opacas son más anchas que las hialinas, sugiriendo cambios estacionales en la deposición de carbonato de calcio y en el crecimiento. La periodicidad de la formación de una marca de crecimiento (una banda opaca y una hialina) se determinó calculando el promedio mensual del ancho del margen de los opérculos en cada zona (fig. 5). Los valores del ancho de margen presentaron un patrón anual similar en ambas zonas, los máximos de agosto a enero y los mínimos de febrero a julio, los cuales fueron significativamente diferentes (zona A: ANOVA $F = 49.3$, $P < 0.001$; zona B: ANOVA $F = 59.4$, $P < 0.001$); esto sugiere que la formación de una marca de crecimiento es anual. Una

in years of each individual was determined by counting the hyaline bands. In zone A the individuals were 3 to 11 years old, and in zone B, 2 to 12 years old (fig. 6), indicating that groups of snails of similar age intervals occur in both zones. The youngest snails were recorded in November and August at both sites (fig. 6, table 2). The age frequency distributions per month between zones were, for the most part, significantly different, except for November 1996, and June and November 1997 (table 2).

The overall comparison of the DB-age distribution between zones, considering only snails of 3 to 10 years of age, yielded significant differences (ANCOVA $F = 868$, $P = 0.0$) (fig. 7). The differences were significant starting at 4 years of age (table 3). This means that 3-year-old snails from zone B grow approximately 4 mm

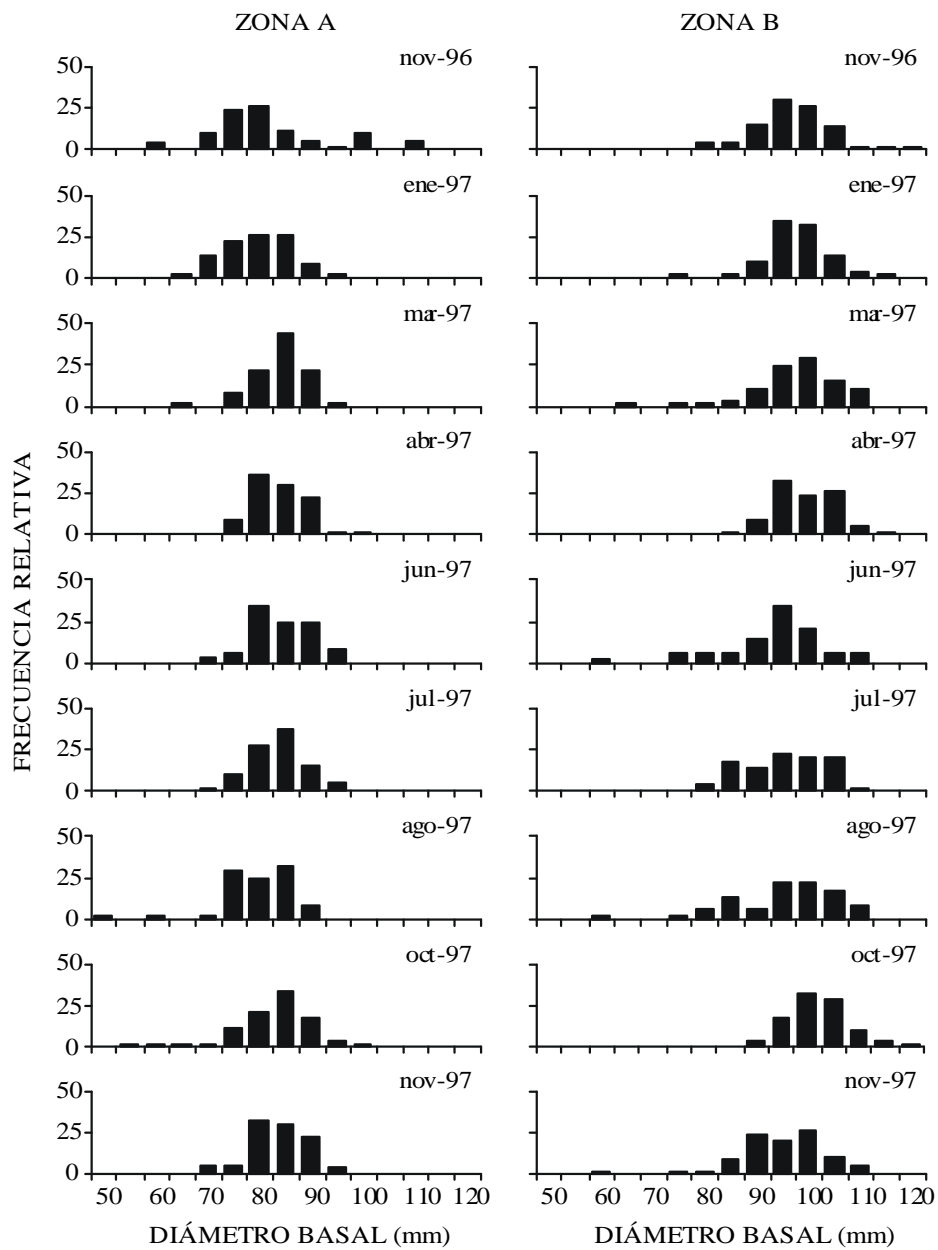


Figura 4. Distribución de frecuencias relativas del diámetro basal del caracol panocha *Astraea undosa* por mes y zona de estudio.

Figure 4. Relative frequency distribution of the basal diameter of the snail *Astraea undosa* per month and study zone.

Tabla 1. Comparación entre zonas de la distribución mensual del diámetro basal (DB) del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Kolmogorov-Smirnov. DE = desviación estándar. **Table 1.** Comparison between zones of the monthly distribution of the basal diameter (DB) of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Kolmogorov-Smirnov test. DE = standard deviation.

Mes	Zona A			Zona B			Prob.
	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	
Nov. 96	80.30	11.45	50	95.34	7.83	50	$P < 0.001$
Ene. 97	77.80	6.22	50	96.42	6.48	50	$P < 0.001$
Mar. 97	81.98	5.16	50	95.70	8.61	50	$P < 0.001$
Abr. 97	82.18	5.21	50	97.62	5.83	50	$P < 0.001$
Jun. 97	82.28	6.12	50	91.24	9.40	50	$P < 0.001$
Jul. 97	81.54	5.22	50	93.50	7.50	50	$P < 0.001$
Ago. 97	77.22	6.91	50	93.26	9.96	50	$P < 0.001$
Oct. 97	80.92	7.90	50	100.36	6.00	50	$P < 0.001$
Nov. 97	81.92	5.61	50	92.92	9.49	50	$P < 0.001$

vez definida la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento, se asignó la edad en años a cada individuo contando las bandas hialinas. En la zona A se observaron individuos de 3 a 11 años y en la zona B, de 2 a 12 años (fig. 6), lo cual indica que ocurren agregaciones de caracol con intervalos de edades semejantes en ambas zonas. Los caracoles más jóvenes se registraron en noviembre y agosto en ambas zonas (fig. 6, tabla 2). Las distribuciones de frecuencias de edades por mes entre zonas fueron, en su mayoría, significativamente diferentes, con excepción de noviembre de 1996, y junio y noviembre de 1997 (tabla 2).

La comparación global de la distribución del DB a la edad entre zonas, considerando únicamente los caracoles de 3 a 10 años, fue significativamente diferente (ANCOVA $F = 868$; $P = 0.0$) (fig. 7). Estas diferencias fueron significativas a partir de los 4 años de vida (tabla 3). Esto muestra que el caracol de la zona B a la edad de 3 años

more than snails from zone A, and 4-year-old snails, 17 mm.

DISCUSSION

The annual periodicity determined from the opercular growth marks of *A. undosa* from Tortugas Bay coincides with that reported by Cupul-Magaña and Torres-Moye (1996) for this same species from Todos Santos Bay. The average marginal increase for *A. undosa* was greater at Tortugas Bay (2.5 mm) than at Todos Santos Bay (1.5 mm), and the age interval reported for both sites, 2 to 12 years, was similar. This indicates that the growth of *A. undosa* in Tortugas Bay is greater than in Todos Santos Bay, and that the cryptic phase of the snail occurs during the first 2 years of life, corresponding to individuals of <49 mm DB, on average.

The simultaneous occurrence of individuals with similar age intervals at both study sites

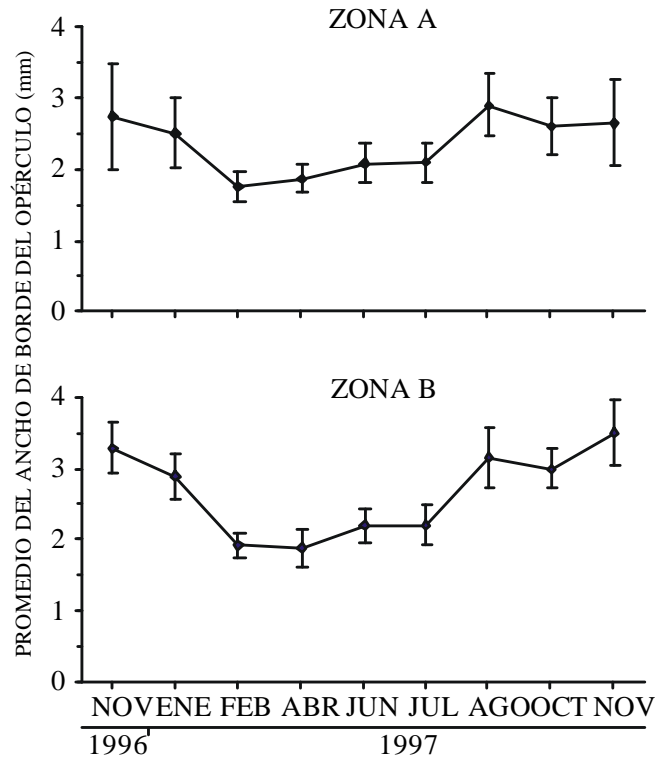


Figura 5. Promedio mensual e intervalos de confianza del ancho de borde de los opérculos del caracol panocha *Astraea undosa* de Bahía Tortugas.

Figure 5. Monthly average and confidence intervals of the opercular border width of the snail *Astraea undosa* at Tortugas Bay.

crece aproximadamente 4 mm más que el caracol de la zona A, y a la edad de 4 años, 17 mm.

DISCUSIÓN

La determinación de la periodicidad anual de las marcas de crecimiento en los opérculos de *A. undosa* en Bahía Tortugas coincide con lo reportado por Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) para la misma especie en Bahía de Todos Santos. Los valores promedio del incremento marginal fueron mayores en *A. undosa* de Bahía Tortugas (2.5 mm) que de Bahía de Todos Santos (1.5 mm), y el intervalo de edad reportado para

indicates that there is no spatial segregation by age of *A. undosa*, at least at 2 to 4 m depth, but rather that they are groups that are isolated by discontinuous sandy substrates. This has been reported in quantitative evaluations of the resource, conducted annually by the Centro Regional de Investigación Pesquera at La Paz. Furthermore, if we consider the 38- to 130-mm DB interval of snails studied by Belmar-Pérez *et al.* (1991), collected from 6 to 18 m depth, the mode (81–90 mm DB) of the size distribution in their table 1 is similar to that found in zone B. Thus, we infer that the groups of *A. undosa* are not related to age but more to other factors, such

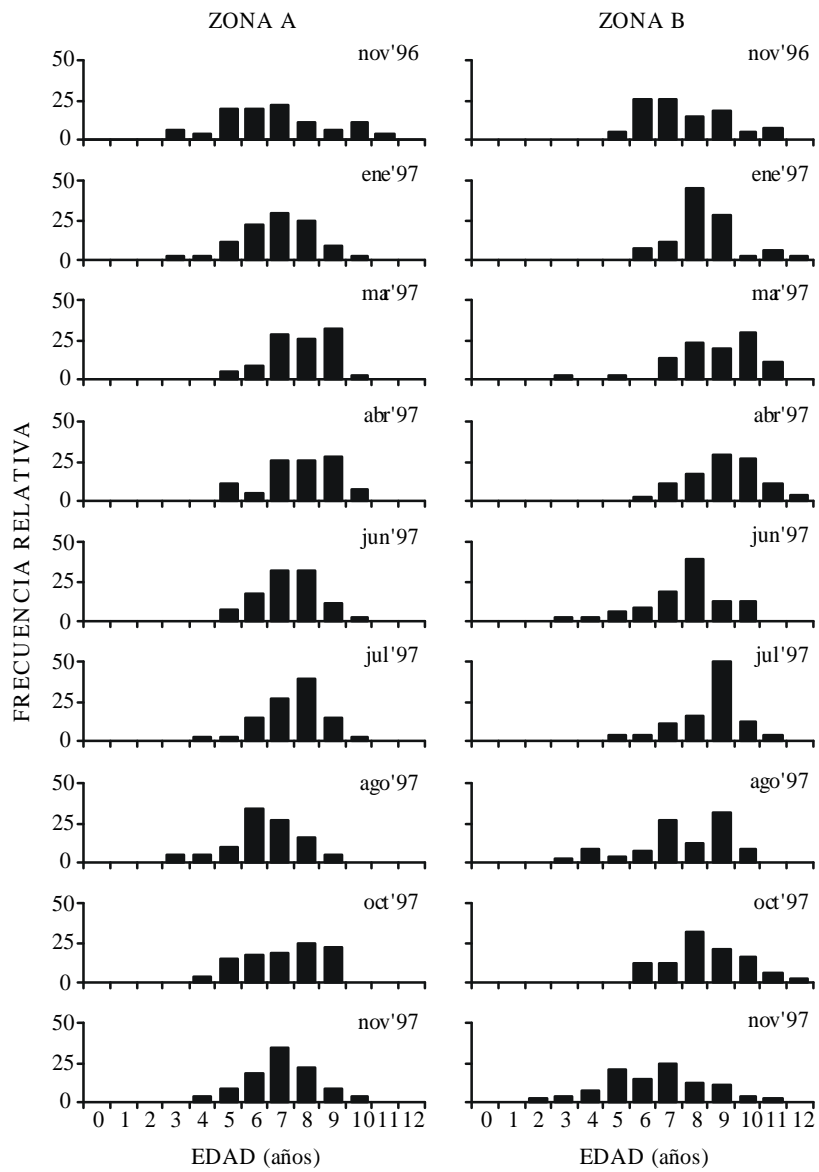


Figura 6. Distribución de frecuencias relativas de edad del caracol panocha *Astraea undosa* por mes y zona de estudio.

Figure 6. Relative frequency distribution of the age of the snail *Astraea undosa* per month and study zone.

Tabla 2. Comparación entre zonas de la distribución mensual de edad del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Kolmogorov-Smirnov. DE = desviación estándar.

Table 2. Comparison between zones of the monthly distribution of age of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Kolmogorov-Smirnov test. DE = standard deviation.

Mes	Zona A			Zona B			Prob.
	Promedio edad (años)	DE edad (años)	N	Promedio edad (años)	DE edad (años)	N	
Nov. 96	6.8	2.0	36	7.6	1.6	43	$P = \text{n.s.}$
Ene. 97	6.9	1.4	48	8.3	1.2	50	$P < 0.001$
Mar. 97	7.8	1.2	47	8.8	1.6	47	$P < 0.01$
Abr. 97	7.7	1.4	47	9.2	1.4	48	$P < 0.01$
Jun. 97	7.3	1.1	49	7.7	1.5	50	$P = \text{n.s.}$
Jul. 97	7.5	1.2	49	8.6	1.3	50	$P < 0.001$
Ago. 97	6.4	1.4	44	7.6	1.8	49	$P < 0.01$
Oct. 97	7.1	1.5	48	8.4	1.5	50	$P < 0.05$
Nov. 97	7.0	1.4	49	6.5	1.9	49	$P = \text{n.s.}$

ambos sitios, de 2 a 12 años, fue similar. Esto sugiere que el crecimiento de *A. undosa* en Bahía Tortugas es mayor que el reportado para Bahía de Todos Santos, y que la fase críptica del caracol es durante los primeros 2 años de vida, correspondiendo a individuos <49 mm DB en promedio.

La presencia simultánea de individuos con un intervalo de edad semejante en las zonas estudiadas indica que no hay segregación espacial por edad del caracol panocha *A. undosa*, al menos en la franja de 2 a 4 m de profundidad, y que se trata de agregaciones aisladas por sustratos discontinuos de tipo arenoso, los cuales han sido reconocidos durante los trabajos de evaluación cuantitativa del recurso que anualmente realiza el Centro Regional de Investigación Pesquera en La Paz. Además, si consideramos el intervalo de 38 a 130 mm DB de los caracoles estudiados por Belmar-Pérez *et al.* (1991), recolectados de 6 a 18 m de profundidad, observamos que la moda

as abundance and availability of food, sedimentation, substrate type and/or currents, among others. For the abalone *Haliotis fulgens* in Tortugas Bay, Turrubiates-Morales and Castro-Ortiz (1992) suggest that the variations in growth are associated with food availability and substrate type.

The results obtained support the hypothesis that the differences in size of *A. undosa* at the study sites are due to different growth patterns. This fact indicates the need to determine the areas of slow growth and define a strategy that permits the catch of snails in these areas, since one of the management measures is to catch a minimum legal size to assure certain egg production (Prince and Shepard, 1992).

The differences in size are significant at 4 years of age, corresponding to 66 mm DB in zone A (table 3). Therefore, the snails of this zone cannot be exploited until 9.5 years of age, when they reach the catch size of 90 mm DB. This is

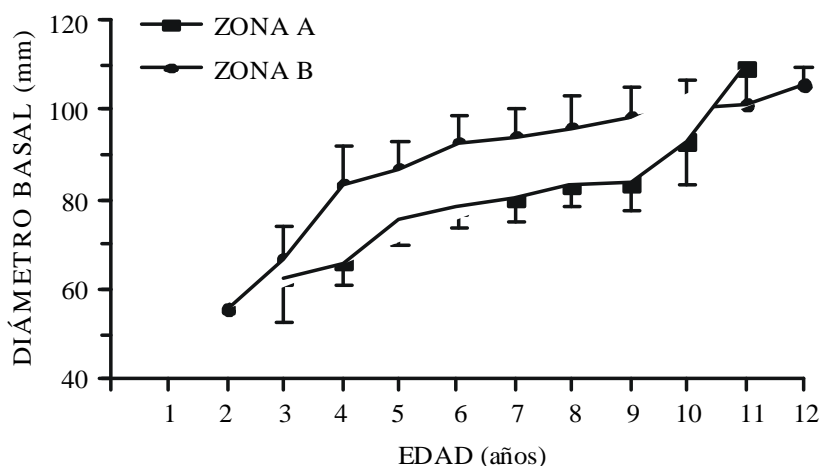


Figura 7. Promedio del diámetro basal y desviación estándar por edad del caracol panocha *Astraea undosa* por zona de estudio. Para evitar sobrelape entre las barras verticales que representan la desviación estándar, sólo se presentan su porción negativa en la zona A y su porción positiva en la zona B.

Figure 7. Average basal diameter and standard deviation per age of the snail *Astraea undosa* per study zone. To avoid the overlapping of the vertical bars that represent the standard deviation, only the negative portion in zone A and the positive portion in zone B are presented.

(81–90 mm DB) de la distribución de tallas en su tabla 1 es semejante a la que encontramos en la zona B. Por lo tanto, inferimos que las agregaciones de *A. undosa* son independientes de la edad y podrían estar más relacionadas con otros factores como la abundancia y disponibilidad de alimento, sedimentación, tipo de sustrato y/o corrientes, entre otros. Para el caso de otro gasterópodo, el abulón *Haliotis fulgens* en Bahía Tortugas, Turrubiates-Morales y Castro-Ortiz (1992) sugieren que las variaciones en crecimiento están asociadas con la disponibilidad de alimento y con las características del sustrato.

Los resultados obtenidos soportan la hipótesis que las diferencias en talla de *A. undosa* en las zonas estudiadas son a causa de un distinto patrón de crecimiento. Este hecho sugiere la necesidad de determinar las áreas de lento crecimiento y definir una estrategia que permita aprovechar los caracoles en esas zonas, ya que una de las medidas de manejo es capturar un tamaño mínimo

apparently because the environmental conditions are not appropriate for the snails to reach the minimum catch size at an earlier age (5.5 years), as occurs in zone B. This difference makes the snails of zone A vulnerable to diseases and natural predators for a longer period of time than the individuals of zone B, resulting in an increase in natural mortality. An alternative for the exploitation of these snails is that they reach the minimum catch size in less time. This could be achieved by transferring them to areas of better growth, for example zone B. It is suggested that they be moved at a minimum size of 62 mm DB. At this size, an average increase of 24 mm DB is expected in 2 years instead of 13 mm if they are not transferred (table 3). From the moment the snails are transferred, they are expected to reach the catch size of 90 mm DB before 3 years. The transfer of individuals <62 mm DB is not recommended, because the differences in DB-age between sites are significant up to 4 years of age,

Tabla 3. Comparación entre zonas del diámetro basal (DB) por edad del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Tukey HSD para muestras desiguales. DE = desviación estándar.

Table 3. Comparison between zones of the basal diameter (DB) per age of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Tukey HSD test for different sample sizes. DE = standard deviation.

Edad (años)	Zona A			Zona B			Difer. DB (A-B) (mm)	Prob.
	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N		
1							-	-
2	-	-	-	56.0	-	1	-	-
3	62.8	9.9	5	66.6	7.6	5	-3.8	0.999
4	66.4	5.6	9	83.1	8.7	8	-16.7	<0.0001
5	75.4	5.4	37	86.6	6.0	20	-11.2	<0.0001
6	78.4	4.7	67	92.3	5.9	38	-13.9	<0.0001
7	80.5	5.2	111	93.8	5.9	68	-13.3	<0.0001
8	83.1	4.9	104	95.4	7.3	97	-12.3	<0.0001
9	83.6	6.3	62	97.8	6.9	105	-14.1	<0.0001
10	92.6	9.5	11	99.7	6.5	56	-7.0	0.476
11	109.0	-	1	100.9	6.3	21	8.1	-
12				105.0	4.1	4	-	-

legal para asegurar una cierta producción de huevos (Prince y Shepherd, 1992).

Las diferencias en tamaño son significativas a partir de los 4 años de edad, que corresponden a 66 mm DB en la zona A (tabla 3). Eso significa que los caracoles en esta zona serán susceptibles de ser aprovechados hasta los 9.5 años de edad, cuando alcancen la talla de captura de 90 mm DB, ya que las condiciones ambientales parecen no ser las adecuadas para un buen crecimiento y para alcanzar la talla de captura a una edad temprana (5.5 años) como sucede en la zona B. Esta diferencia hace vulnerables a los caracoles de la zona A a enfermedades y depredadores naturales por un periodo más prolongado que los individuos en la zona B y, en consecuencia, se incrementa la

with an average size of 66 mm; furthermore, the individuals are younger (Belmar-Pérez *et al.*, 1991) and they would be more susceptible to the effects produced by the transfer, and mortality could increase.

In order to know if the transfer of individuals is indeed an alternative for their catch and to increase individual yields, we recommend the periodic monitoring of the snails transferred and of the banks exploited in order to determine the effect of fishing on size structure, which is an essential part of the precautionary measures in research and fishery management (FAO, 1995). This would determine fishing impact and areas of appropriate growth for the snail, among other objectives. For this, small "reference areas" must

mortalidad natural. Una alternativa para que estos individuos sean aprovechados por la pesca es que alcancen la talla de captura en menor tiempo. Esto se podría lograr trasplantándolos a zonas de mejor crecimiento como, por ejemplo, la zona B. Se sugiere hacer el trasplante a una talla mínima de 62 mm DB. A partir de ese tamaño se esperaría que en 2 años incrementen 24 mm DB en promedio, en lugar de 13 mm si no se trasplantan (tabla 3). A partir del momento de ser trasplantados, se espera que alcancen la talla de captura de 90 mm DB antes de 3 años. El trasplante de individuos <62 mm DB no sería recomendable, porque las diferencias en talla a la edad entre zonas son significativas hasta la edad de 4 años, con una talla promedio de 66 mm; además, los individuos son juveniles (Belmar-Pérez *et al.*, 1991) y serían más sensibles al impacto producido por el trasplante, pudiendo resultar un aumento en mortalidad.

Para probar si efectivamente el trasplante de los individuos es una alternativa para su aprovechamiento e incrementar los rendimientos individuales, se sugiere monitorear periódicamente los caracoles trasplantados y extender el monitoreo a los bancos explotados para conocer el efecto de pesca en la estructura de tallas. Esto último como parte esencial de la conducta precautoria en la investigación y manejo pesquero (FAO, 1995). Esto permitirá reconocer, además de los impactos de la pesca, zonas de buen crecimiento para el caracol, entre otros objetivos. Para ello se requiere el establecimiento de pequeñas "áreas de referencia" donde no se capture caracol por un tiempo determinado.

CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis de que el caracol *A. undosa* en las zonas de estudio en Bahía Tortugas presenta un distinto patrón de crecimiento. En la zona B los caracoles alcanzan la talla de captura (90 mm DB) a los 5.5 años y en la zona A, a los 9.5 años de edad.

Se recomienda realizar un experimento de trasplante de caracol a partir de 62 mm DB de una

zona de lento crecimiento a otra de rápido crecimiento, con el objeto de evaluar si efectivamente el caracol crece hasta 90 mm DB en menor tiempo.

CONCLUSIONS

The hypothesis that *A. undosa* has distinct growth patterns at the study sites of Tortugas Bay is confirmed. In zone B, the snails reach catch size (90 mm DB) at 5.5 years and in zone A, at 9.5 years of age.

We recommend that an experiment be conducted in which snails of 62 mm DB are moved from a slow-growth area to one of rapid growth, in order to evaluate if indeed the snails grow to 90 mm DB in less time.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Agustín del Valle and Ramón Ayala, of the Estación de Investigación Pesquera of Tortugas Bay, and Nicolás Ceceña, of CRIP-La Paz, for their help; the technicians and members of SCCP Bahía Tortugas for their participation and logistic support during the samplings; Armando Hernández, of CRIP-La Paz, for his help with the preparation of the opercula; and three anonymous reviewers for their comments on the manuscript.

English translation by Jennifer Davis.

zona de lento crecimiento a otra de rápido crecimiento, con el objeto de evaluar si efectivamente el caracol crece hasta 90 mm DB en menor tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Agustín del Valle y Ramón Ayala, de la Estación de Investigación Pesquera de Bahía Tortugas, y de Nicolás Ceceña, del CRIP-La Paz. Así mismo, agradecen a los técnicos y socios de la SCCP Bahía Tortugas su participación y apoyo logístico en la recolección del material biológico; a

Armando Hernández, del CRIP-La Paz, su colaboración en la preparación de los opérculos; y a tres revisores anónimos, cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la calidad del manuscrito.

REFERENCIAS

- Belmar-Pérez, J., Guzmán del Prío, S. y Martínez-Morales, I. (1991). Madurez gonádica y ciclo reproductor del caracol panocha (*Astraea undosa* Wood, 1828; Gasterópodo: Turbinidae) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 18(2): 169–187.
- Cupul-Magaña, F.G. and Torres-Moye, G. (1996). Age and growth of *Astraea undosa* Wood (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, Mexico. Bull. Mar. Sci., 59(3): 490–497.
- Emmett, B. and Jamieson, G.S. (1989). An experimental transplant of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, in Barklay Sound, British Columbia. Fish. Bull. (US), 87: 95–104.
- FAO (1995). Precautary approach to fisheries. Part I. Guidelines on the precautary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350, 47 pp.
- Guanes-Mercado, R.J. y Torres-Moye, G. (1991). Estudio de crecimiento del caracol *Astraea turbanica* Dall (Mollusca: Gastropoda) en Bahía de Todos Santos, BC, México. Rev. Inv. Cient., 2(1): 73–81.
- Prince, J.D. and Shepherd, S.A. (1992). Australian abalone fisheries and their management. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán del Prío (eds.), Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Blackwell, Oxford, pp. 407–426.
- Ricker, W.E. (1973). Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Board Canada, 30: 409–434.
- Singh-Cabanillas, J. (1996). Pesquería de caracol panocha. En: M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.), Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur, Vol. 1, pp. 43–58.
- Sire, J.Y. et Bonnet, P. (1984). Croissance et structure de l'opercule calcifié du gasteropode polynésien *Turbo setoseus* (Prosobranchia: Turbinidae): détermination de l'âge individuel. Mar. Biol., 79: 75–87.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1969). Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. W.H. Freeman, 776 pp.
- StatSoft (1995). STATISTICA for Windows [computer program manual]. StatSoft, Tulsa, Oklahoma, 1000 pp.
- Turrubiates-Morales, R. and Castro-Ortiz, J.L. (1992). Growth of *Haliotis fulgens* in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico. In: S. Guzmán del Prío, M.J. Tegner and S.A. Shepherd (eds.), Abalone of the World: Fisheries and Culture (supplementary papers). Fisheries Research Papers, Dept. of Fisheries, South Australia, No. 24, pp. 10–15.
- Wells, F.E. and Mulvay, P. (1995). Good and bad fishing areas for *Haliotis laevigata*: A comparison of population parameters. In: S.A. Shepherd, E.W. Day and A.J. Butler (eds.), Progress in Abalone Fisheries Research. Reprints from Mar. Freshwater Res., 46(3): 591–598.

**DIFERENCIAS EN LA RELACIÓN TALLA-EDAD DEL CARACOL
PANOCHA *Astraea undosa* (WOOD, 1828) ENTRE DOS LOCALIDADES DE
BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**DIFFERENCES IN THE LENGTH-AGE RELATIONSHIP OF THE SNAIL
Astraea undosa (WOOD, 1828) BETWEEN TWO LOCALITIES OF
TORTUGAS BAY, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

María Georgina Gluyas-Millán^{1*}

Casimiro Quiñónez-Velázquez²⁺

José Antonio Massó-Rojas¹

Felipe Neri Melo-Barrera¹

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera, La Paz

INP, SEMARNAP

Carretera a Pichilingue Km 1 s/n

La Paz, Baja California Sur, México

* E-mail: gmillan@balandra.uabcs.mx

² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN

Playa El Conchalito s/n

Apartado postal 592

La Paz, Baja California Sur, México

Recibido en marzo de 1998; aceptado en noviembre de 1998

RESUMEN

Se estudiaron las diferencias del diámetro basal (DB), edad y DB a la edad del caracol panocha *Astraea undosa* en dos zonas de Bahía Tortugas (México), de noviembre de 1996 a noviembre de 1997. La edad se determinó contando el número de marcas de crecimiento en el opérculo. Los grupos de edad determinados fueron anuales. El intervalo de tamaño fue de 49 a 118 mm DB en individuos de 2 a 12 años de edad. Las distribuciones de frecuencia mensual del DB y de edad entre zonas fueron significativamente diferentes, excepto para las distribuciones de edad en los meses de noviembre de 1996, y junio y noviembre de 1997. La talla mínima legal de captura (90 mm de DB) en una zona se alcanza, en promedio, a los 5 años, mientras que en la otra, a los 9 años, lo que indica un distinto patrón de crecimiento entre las zonas. La diferencia del DB a la edad entre zonas fue significativa a partir de los 4 años de edad. Para promover un rápido crecimiento en talla del caracol de la zona de lento crecimiento, se sugiere trasplantar individuos ≥ 63 mm DB a zonas de mayor crecimiento.

Palabras clave: *Astraea undosa*, Bahía Tortugas, edad, diferencias en crecimiento.

⁺ Miembro de COFAA-IPN.

ABSTRACT

The differences in basal diameter (DB), age and DB-age of the snail *Astraea undosa* in two zones of Tortugas Bay (Mexico) were studied from November 1996 to November 1997. Age was determined by counting the opercular growth marks. The age groups were annual. The interval size was of 49 to 118 mm DB in snails of 2 to 12 years of age. Monthly frequency distributions of the DB and of age between zones were significantly different, except for the age distributions of November 1996, and June and November 1997. The legal minimum catch size (90 mm DB) is reached in one zone at 5 years and in the other at 9 years, on average, indicating a different growth pattern between zones. The differences in DB-age between zones were significant at 4 years of age. To promote a rapid growth of the snails from the slow-growth zone, we suggest moving individuals of ≥ 63 mm DB to better growth zones.

Key words: *Astraea undosa*, Tortugas Bay, age, growth differences.

INTRODUCCIÓN

El caracol panocha *Astraea undosa* es un molusco gasterópodo sujeto a concesión para explotación comercial a sociedades cooperativas establecidas en la zona del Pacífico Norte de Baja California Sur. Actualmente, este recurso sostiene una importante pesquería (Singh-Cabanillas, 1996) y su producto se comercializa al mercado internacional cocido y enlatado. Las medidas de manejo y regulación son: concesión para aprovechamiento comercial a sociedades cooperativas de producción pesquera, determinación de cuotas anuales de captura por zona de pesca, un periodo de veda del 1 de noviembre al 28 de febrero y una talla mínima legal de captura de 90 mm de diámetro basal (Singh-Cabanillas, 1996).

En la costa occidental de la península de Baja California, se han observado zonas con caracol panocha de menor tamaño que en otras; tal es el caso en Bahía Tortugas, Baja California Sur. En la literatura no ha sido documentada esta situación para el género *Astraea*, pero sí para abulón del género *Haliotis* (Emmett y Jamieson, 1989; Wells y Mulvay, 1995). Este hecho tiene como consecuencia que en ciertas zonas, una fracción de la población no alcanza la talla mínima de captura, lo que implica no ser aprovechados por la pesca. En ausencia de información científica para el caracol panocha que explique esta situación y coadyuvar a fortalecer sus medidas de manejo y

INTRODUCTION

The snail *Astrea undosa* is a gastropod mollusk conceded to fishing cooperatives for commercial exploitation in the North Pacific off Baja California Sur. At present, this resource sustains an important fishery (Singh-Cabanillas, 1996) and is sold internationally, cooked and canned. The management and regulatory measures include: the concession to fishery cooperatives for commercial fishery, annual catch quotas per fishing area, a closed season from 1 November to 28 February and a legal minimum catch size of 90 mm basal diameter (Singh-Cabanillas, 1996).

Along the west coast of the peninsula of Baja California, there are certain areas where snails of a smaller size are found than in others, for example Tortugas Bay, Baja California Sur. This has not been reported in the literature for the genus *Astraea*, but it has been reported for abalone of the genus *Haliotis* (Emmett and Jamieson, 1989; Wells and Mulvay, 1995). Consequently, in these areas a portion of the population does not reach the minimum catch size and, therefore, cannot be exploited by the fishery. Since there is no scientific information on *A. undosa* that explains why this occurs, a study was conducted to determine some biological characteristics of this species. This information could lead to improved measures for the management and regulation of

regulación para esta especie, se desarrolló una investigación con el propósito de estudiar algunas características biológicas del caracol panocha *A. undosa*. Se eligieron dos zonas en Bahía Tortugas, una con caracol pequeño y otra con caracol grande, y mensualmente de noviembre de 1996 a noviembre de 1997 se tomaron muestras por zona. La hipótesis que se aborda es que las diferencias en talla del caracol en las zonas de estudio son a causa de un distinto patrón de crecimiento, esto es, que los individuos alcanzan una menor talla a una misma edad. Para probar esa hipótesis se compara, por mes, la talla (diámetro basal), la edad determinada a partir de las marcas de crecimiento en los opérculos, y la talla a la edad del caracol panocha entre las dos zonas de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las dos zonas de estudio se eligieron de acuerdo con observaciones previas de reconocimiento y considerando la opinión de los pescadores de la región: una zona, denominada A, con caracol chico y la otra, denominada B, con caracol grande. La primera zona se localizó en el interior de la bahía, frente al edificio de la Estación de Investigación Pesquera del Instituto Nacional de la Pesca, una área rocosa, protegida del oleaje y sin pesca comercial; la segunda se localizó en la entrada de la bahía y es una área rocosa, con un mayor grado de exposición al oleaje y con pesca comercial (fig. 1). Ambas zonas tienen una profundidad de 2 a 4 m. Mensualmente, en cada zona, de noviembre de 1996 a noviembre de 1997, se recolectaron al azar 50 organismos por medio de buceo semiautónomo tipo Hooka en un área de 10 a 20 m² aproximadamente. A cada organismo se le midió la altura máxima y el diámetro basal (DB) de la concha y diámetro mayor del opérculo (longitud del opérculo, LO) ± 1 mm (fig. 2). Se desconchó al organismo y se determinó el sexo por apreciación visual de la gónada; las hembras presentan una coloración café a verde olivo y los machos son de color café a marfil claro, según el estadio de madurez.

the fishery. Two sites of Tortugas Bay were selected, one with small snails and the other with large snails. Monthly samplings were conducted in each zone from November 1996 to November 1997. The proposed hypothesis is that the different sizes of the snails in the study areas are due to different growth patterns, that is, that individuals reach a smaller size at the same age. In order to test this hypothesis, monthly comparisons were made of size (basal diameter), age determined from the opercular growth marks and the relationship between basal diameter and age of *A. undosa* in both study zones.

MATERIALS AND METHODS

Two study sites were selected based on previous explorations and the opinion of fishermen of the area: zone A, with small snails, and zone B, with large snails. The first zone is located inside the bay, off the Fisheries Research Center of the Instituto Nacional de la Pesca, and is a rocky area, protected from waves and does not support commercial fishing; the second is located at the entrance to the bay and is a rocky area, with greater wave exposure, and does support commercial fishing (fig. 1). Both zones have a depth of 2 to 4 m. From November 1996 to November 1997, 50 organisms were randomly collected per month at each zone, in an area of approximately 10 to 20 m², by means of Hooka diving. Measurements were taken of each organism, recording the maximum height and basal diameter (DB) of the shell, as well as the greatest diameter of the operculum (operculum length, LO) ± 1 mm (fig. 2). The organisms were shelled and their sex was determined from the gonad. The females were brown to olive green in color and the males, brown to clear ivory, depending on the stage of maturity.

The operculum has been reported to be an appropriate structure for determining the age of some gastropods (Sire and Bonnet, 1984) and *A. undosa* (Guanes-Mercado and Torres-Moye, 1991; Cupul-Magaña and Torres-Moye, 1996). In order to observe the growth marks, the opercula

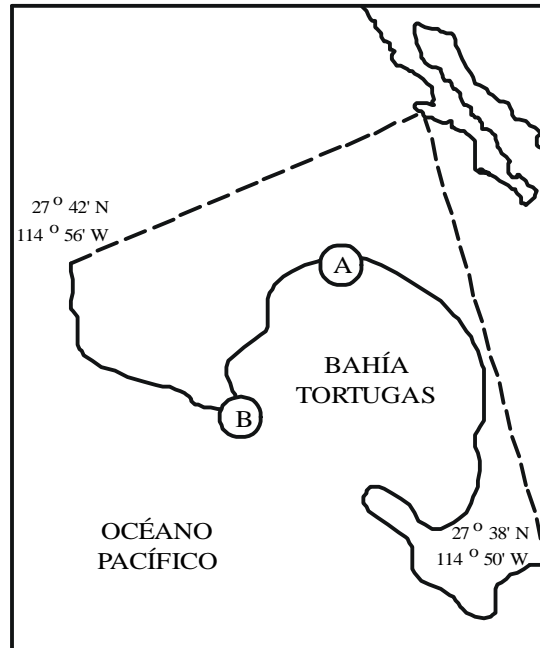


Figura 1. Ubicación de las dos zonas de estudio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.
Figure 1. Location of the two study zones in Tortugas Bay, Baja California Sur, Mexico.

La utilización del opérculo es recomendada como una estructura adecuada para determinar la edad en algunos gasterópodos (Sire y Bonnet, 1984) y para el caracol panocha (Guanes-Mercado y Torres-Moye, 1991; Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996). Para la observación y lectura de las marcas de crecimiento, los opérculos se sumergieron en una solución de cloro al 10% durante 12 h para retirar el periostraco. Una vez limpios los opérculos, las marcas de crecimiento fueron evidentes y se observaron con luz transmitida. Nosotros definimos una marca de crecimiento aquella formada por una amplia banda opaca alternada por una delgada banda hialina, que presumiblemente corresponden a un periodo de rápido y lento crecimiento, respectivamente. Los grupos de edad se definieron de la siguiente

were submerged in a 10% chlorine solution for 12 h to remove the periostracum. Once the opercula were clean, the growth marks could be seen with transmitted light. We define the growth mark as that formed by a wide opaque band and a thin hyaline band, which presumably correspond to a quick and a slow growth period, respectively. The age groups were established as follows: age group zero for the first opaque and hyaline bands (fig. 2), age group 1 for the second opaque and hyaline bands, and so on. The reference used to determine each age group was the upper limit of each hyaline band, starting at the spire of the operculum. In order to determine the periodicity of the formation of one growth mark, the border width of the recently deposited hyaline band was measured and the values were plotted monthly.

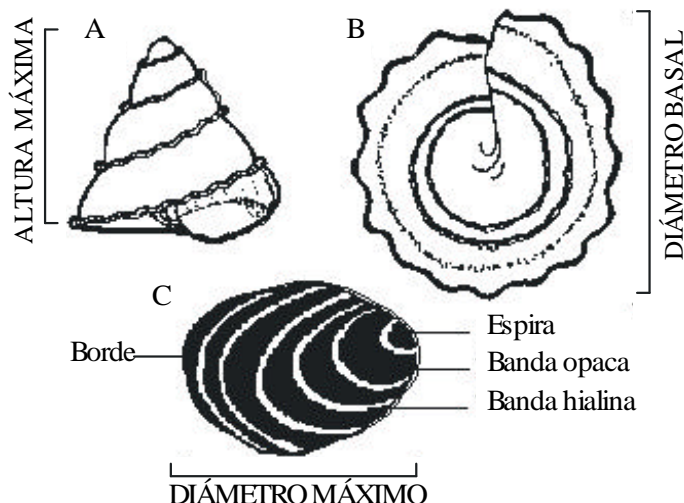


Figura 2. Caracol panocha *Astraea undosa*: (A) altura máxima; (B) diámetro basal; y (C) diámetro máximo del opérculo, bandas opacas e hialinas, y espira.

Figure 2. Snail *Astraea undosa*: (A) maximum height; (B) basal diameter; and (C) maximum opercular diameter, opaque and hyaline bands, and spire.

manera: el grupo de edad cero por la primera banda opaca e hialina (fig. 2), el grupo de edad 1 por la segunda banda opaca e hialina, y así sucesivamente. La referencia utilizada para determinar cada grupo de edad fue el límite superior de cada banda hialina a partir de la espira del opérculo. Para conocer la periodicidad de formación de una marca de crecimiento, en cada opérculo, se midió el ancho del borde a partir de la banda hialina recientemente depositada y los valores fueron graficados mensualmente. Se eligió el DB para expresar el cambio de la talla con respecto al tiempo, por ser la medida utilizada en las estimaciones de biomasa para la asignación de las cuotas de captura. Para cada zona de estudio se ajustó una regresión funcional (Ricker, 1973) a los valores de LO y DB, con el objeto de conocer la relación entre el crecimiento de ambas variables y justificar la utilización del opérculo como estructura adecuada para determinar la edad. Por medio de un análisis de covarianza (ANCOVA), se compararon las regresiones

The DB was used to express the change in size with respect to time, since it is the measurement used in the biomass estimates for the catch quotas. For each study zone, the LO and DB values were fitted with a functional regression (Ricker, 1973), in order to determine the relationship between the increase of both variables and to justify the use of the operculum to determine age. An analysis of covariance (ANCOVA) was used to compare the functional regressions of zones A and B, using LO as the covariable.

The monthly frequency distributions of DB and of age were compared between zones with the Kolmogorov-Smirnov test (Sokal and Rohlf, 1969). The monthly age-DB data were then grouped and their relationship between the zones was compared with an ANCOVA, with age as the covariable. To identify the ages at which the sizes were different, the *a posteriori* Tukey HSD test for different sample sizes was used. The Statistica program for Windows was used (StatSoft, 1995).

funcionales de la zona A y la B, utilizando LO como la covariable.

Las distribuciones de frecuencia por mes del DB y de la edad se compararon entre zonas con una prueba Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1969). Posteriormente, los datos mensuales de edad-DB se agruparon y su relación se comparó entre zonas mediante un ANCOVA, con la edad como la covariable. Para identificar las edades en las cuales las tallas fueron diferentes, se utilizó la prueba *a posteriori* de Tukey HSD para muestras de diferentes tamaños. Se usó el programa estadístico para computadora Statistica para Windows (StatSoft, 1995).

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio se midió el DB de la concha de un total de 900 caracoles. El número de opérculos fue menor que 900 debido a que algunos se quebraron durante su preparación para la lectura de marcas de crecimiento. El intervalo del DB fue de 49 a 109 mm en la zona A y de 59 a 118 mm en la zona B. No hubo diferencia significativa del DB entre sexos en las zonas de estudio (zona A: ANOVA $F = 0.06$, $P = 0.81$; zona B: ANOVA $F = 0.51$, $P = 0.48$).

La relación entre LO y DB por zona se muestra en la figura 3. El crecimiento de ambas variables fue proporcional, lo que justifica la utilización del opérculo para determinar la edad en *A. undosa*. Al comparar las relaciones anteriores, éstas fueron significativamente diferentes (ANCOVA $F = 52.8$, $P < 0.001$), evidenciando diferencias morfométricas respecto a la relación LO-DB de los individuos entre las zonas.

Las distribuciones de frecuencia mensual del DB de las zonas de estudio (fig. 4) muestran individuos de mayor talla en la zona B que en la zona A. Tomando como referencia la talla mínima de captura legal (90 mm de DB), observamos que en la zona B, el 21.5% de los individuos son <90 mm DB, mientras que en la zona A, el 94.3% son <90 mm. Las distribuciones de frecuencia mensual del DB entre zonas fueron significativamente diferentes (tabla 1). Esto indica que el

RESULTS

During the study, the DB of 900 snail shells was measured. The number of opercula was less than 900 since some broke during preparation for reading the growth marks. The DB ranged from 49 to 109 mm in zone A, and from 59 to 118 mm in zone B. There was no significant difference in DB between sexes in the study zones (zone A: ANOVA $F = 0.06$, $P = 0.81$; zone B: ANOVA $F = 0.51$, $P = 0.48$).

The relationship between LO and DB per zone is shown in figure 3. The increase in both variables was proportional and justifies the use of the operculum to determine the age of *A. undosa*. The comparison of the above relationships yields significant differences (ANCOVA $F = 52.8$, $P < 0.001$), indicating morphometric differences with respect to the LO-DB relationship of the individuals between zones.

The monthly frequency distributions of DB (fig. 4) show individuals of greater size in zone B than in zone A. Using the legal minimum catch size (90 mm DB) as reference, it is observed that 21.5% of the individuals are <90 mm DB in zone B and 94.3% are <90 mm in zone A. The monthly frequency distributions of DB between zones were significantly different (table 1). This indicates that the potential snail catch is lower in zone A than in zone B.

With regard to the opercular growth marks, the opaque bands are wider than the hyaline bands, suggesting seasonal changes in the deposition of calcium carbonate and in growth. The periodicity of the formation of a growth mark (an opaque and a hyaline band) was determined by calculating the monthly average of the border width of the opercula for each zone (fig. 5). These values indicate a similar annual pattern in both zones: maximum from August to January and minimum from February to July; they are also significantly different (zone A: ANOVA $F = 49.3$, $P < 0.001$; zone B: ANOVA $F = 59.4$, $P < 0.001$). This suggests that the formation of a growth mark occurs annually. Once the periodicity of the formation of the growth marks was defined, the age

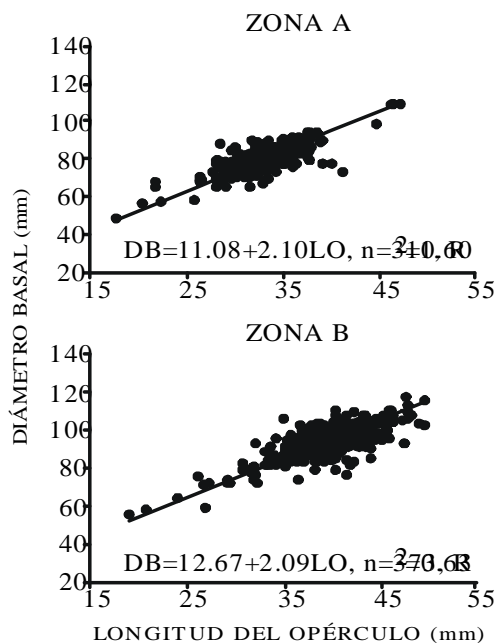


Figura 3. Relación de la longitud del opérculo y diámetro basal del caracol panocha *Astraea undosa* en las dos zonas de estudio.

Figure 3. Relationship between opercular length and basal diameter of the snail *Astraea undosa* in the two study zones.

aprovechamiento potencial del caracol es menor en la zona A que en la zona B.

Con respecto a las bandas de crecimiento en los opérculos, se observó que las opacas son más anchas que las hialinas, sugiriendo cambios estacionales en la deposición de carbonato de calcio y en el crecimiento. La periodicidad de la formación de una marca de crecimiento (una banda opaca y una hialina) se determinó calculando el promedio mensual del ancho del margen de los opérculos en cada zona (fig. 5). Los valores del ancho de margen presentaron un patrón anual similar en ambas zonas, los máximos de agosto a enero y los mínimos de febrero a julio, los cuales fueron significativamente diferentes (zona A: ANOVA $F = 49.3$, $P < 0.001$; zona B: ANOVA $F = 59.4$, $P < 0.001$); esto sugiere que la formación de una marca de crecimiento es anual. Una

in years of each individual was determined by counting the hyaline bands. In zone A the individuals were 3 to 11 years old, and in zone B, 2 to 12 years old (fig. 6), indicating that groups of snails of similar age intervals occur in both zones. The youngest snails were recorded in November and August at both sites (fig. 6, table 2). The age frequency distributions per month between zones were, for the most part, significantly different, except for November 1996, and June and November 1997 (table 2).

The overall comparison of the DB-age distribution between zones, considering only snails of 3 to 10 years of age, yielded significant differences (ANCOVA $F = 868$, $P = 0.0$) (fig. 7). The differences were significant starting at 4 years of age (table 3). This means that 3-year-old snails from zone B grow approximately 4 mm

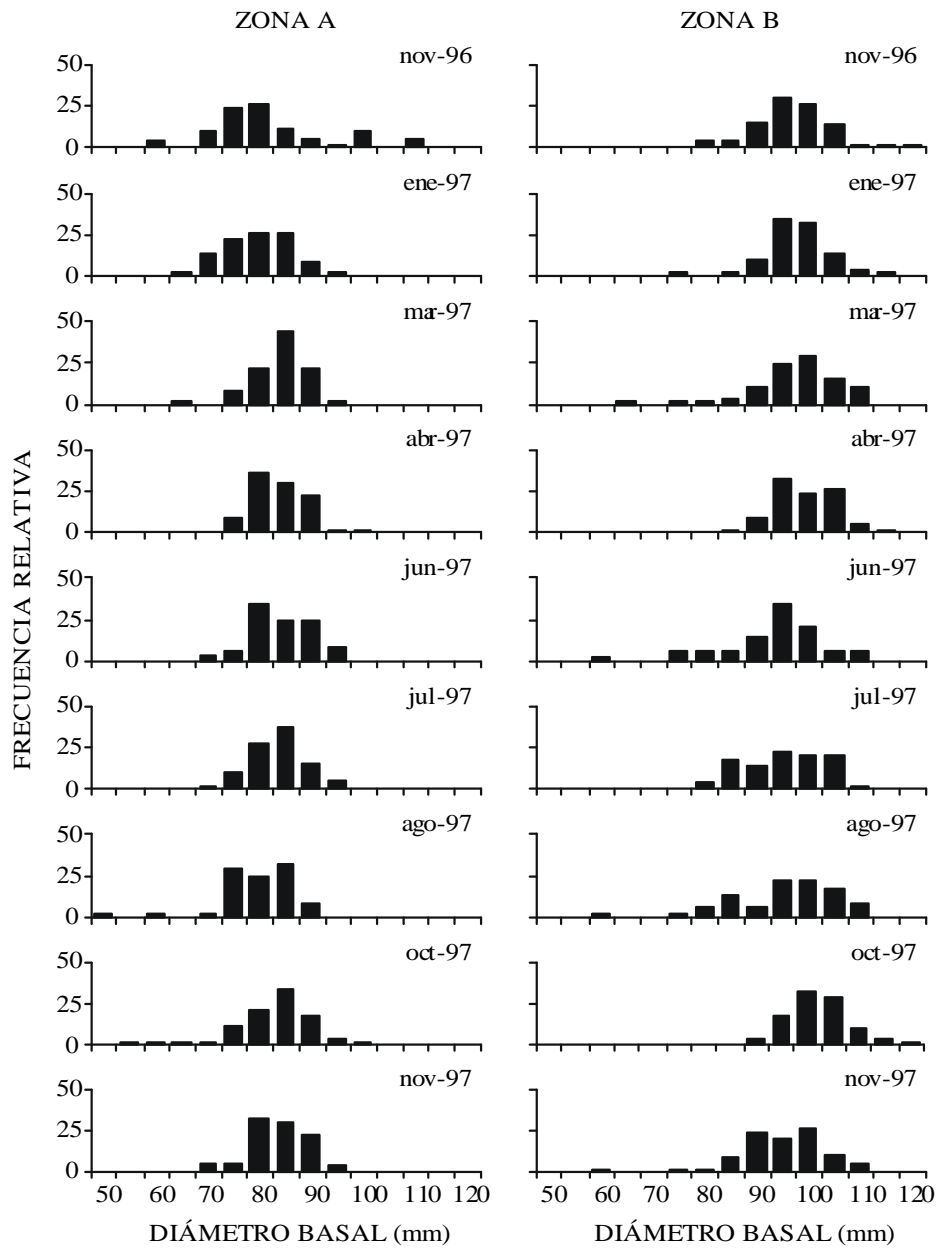


Figura 4. Distribución de frecuencias relativas del diámetro basal del caracol panocha *Astraea undosa* por mes y zona de estudio.

Figure 4. Relative frequency distribution of the basal diameter of the snail *Astraea undosa* per month and study zone.

Tabla 1. Comparación entre zonas de la distribución mensual del diámetro basal (DB) del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Kolmogorov-Smirnov. DE = desviación estándar. **Table 1.** Comparison between zones of the monthly distribution of the basal diameter (DB) of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Kolmogorov-Smirnov test. DE = standard deviation.

Mes	Zona A			Zona B			Prob.
	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	
Nov. 96	80.30	11.45	50	95.34	7.83	50	$P < 0.001$
Ene. 97	77.80	6.22	50	96.42	6.48	50	$P < 0.001$
Mar. 97	81.98	5.16	50	95.70	8.61	50	$P < 0.001$
Abr. 97	82.18	5.21	50	97.62	5.83	50	$P < 0.001$
Jun. 97	82.28	6.12	50	91.24	9.40	50	$P < 0.001$
Jul. 97	81.54	5.22	50	93.50	7.50	50	$P < 0.001$
Ago. 97	77.22	6.91	50	93.26	9.96	50	$P < 0.001$
Oct. 97	80.92	7.90	50	100.36	6.00	50	$P < 0.001$
Nov. 97	81.92	5.61	50	92.92	9.49	50	$P < 0.001$

vez definida la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento, se asignó la edad en años a cada individuo contando las bandas hialinas. En la zona A se observaron individuos de 3 a 11 años y en la zona B, de 2 a 12 años (fig. 6), lo cual indica que ocurren agregaciones de caracol con intervalos de edades semejantes en ambas zonas. Los caracoles más jóvenes se registraron en noviembre y agosto en ambas zonas (fig. 6, tabla 2). Las distribuciones de frecuencias de edades por mes entre zonas fueron, en su mayoría, significativamente diferentes, con excepción de noviembre de 1996, y junio y noviembre de 1997 (tabla 2).

La comparación global de la distribución del DB a la edad entre zonas, considerando únicamente los caracoles de 3 a 10 años, fue significativamente diferente (ANCOVA $F = 868$; $P = 0.0$) (fig. 7). Estas diferencias fueron significativas a partir de los 4 años de vida (tabla 3). Esto muestra que el caracol de la zona B a la edad de 3 años

more than snails from zone A, and 4-year-old snails, 17 mm.

DISCUSSION

The annual periodicity determined from the opercular growth marks of *A. undosa* from Tortugas Bay coincides with that reported by Cupul-Magaña and Torres-Moye (1996) for this same species from Todos Santos Bay. The average marginal increase for *A. undosa* was greater at Tortugas Bay (2.5 mm) than at Todos Santos Bay (1.5 mm), and the age interval reported for both sites, 2 to 12 years, was similar. This indicates that the growth of *A. undosa* in Tortugas Bay is greater than in Todos Santos Bay, and that the cryptic phase of the snail occurs during the first 2 years of life, corresponding to individuals of <49 mm DB, on average.

The simultaneous occurrence of individuals with similar age intervals at both study sites

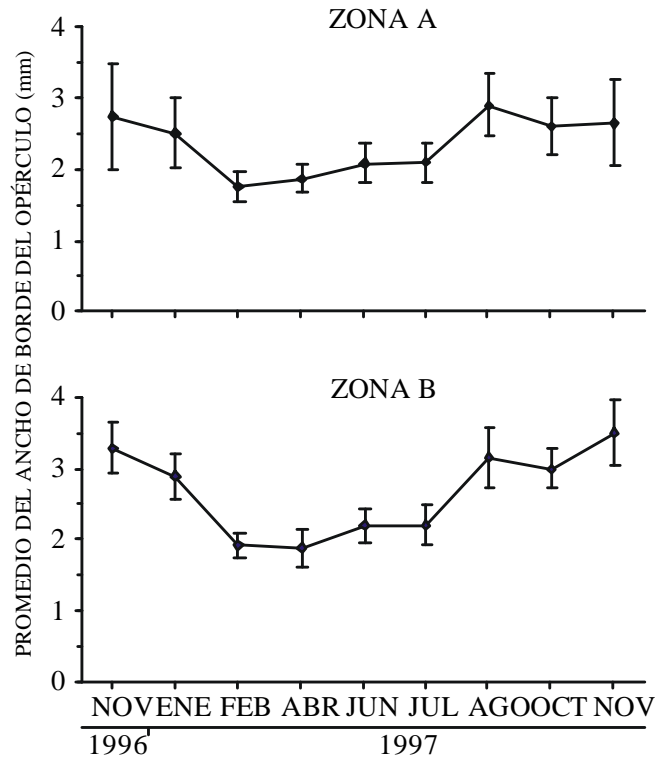


Figura 5. Promedio mensual e intervalos de confianza del ancho de borde de los opérculos del caracol panocha *Astraea undosa* de Bahía Tortugas.

Figure 5. Monthly average and confidence intervals of the opercular border width of the snail *Astraea undosa* at Tortugas Bay.

crece aproximadamente 4 mm más que el caracol de la zona A, y a la edad de 4 años, 17 mm.

DISCUSIÓN

La determinación de la periodicidad anual de las marcas de crecimiento en los opérculos de *A. undosa* en Bahía Tortugas coincide con lo reportado por Cupul-Magaña y Torres-Moye (1996) para la misma especie en Bahía de Todos Santos. Los valores promedio del incremento marginal fueron mayores en *A. undosa* de Bahía Tortugas (2.5 mm) que de Bahía de Todos Santos (1.5 mm), y el intervalo de edad reportado para

indicates that there is no spatial segregation by age of *A. undosa*, at least at 2 to 4 m depth, but rather that they are groups that are isolated by discontinuous sandy substrates. This has been reported in quantitative evaluations of the resource, conducted annually by the Centro Regional de Investigación Pesquera at La Paz. Furthermore, if we consider the 38- to 130-mm DB interval of snails studied by Belmar-Pérez *et al.* (1991), collected from 6 to 18 m depth, the mode (81–90 mm DB) of the size distribution in their table 1 is similar to that found in zone B. Thus, we infer that the groups of *A. undosa* are not related to age but more to other factors, such

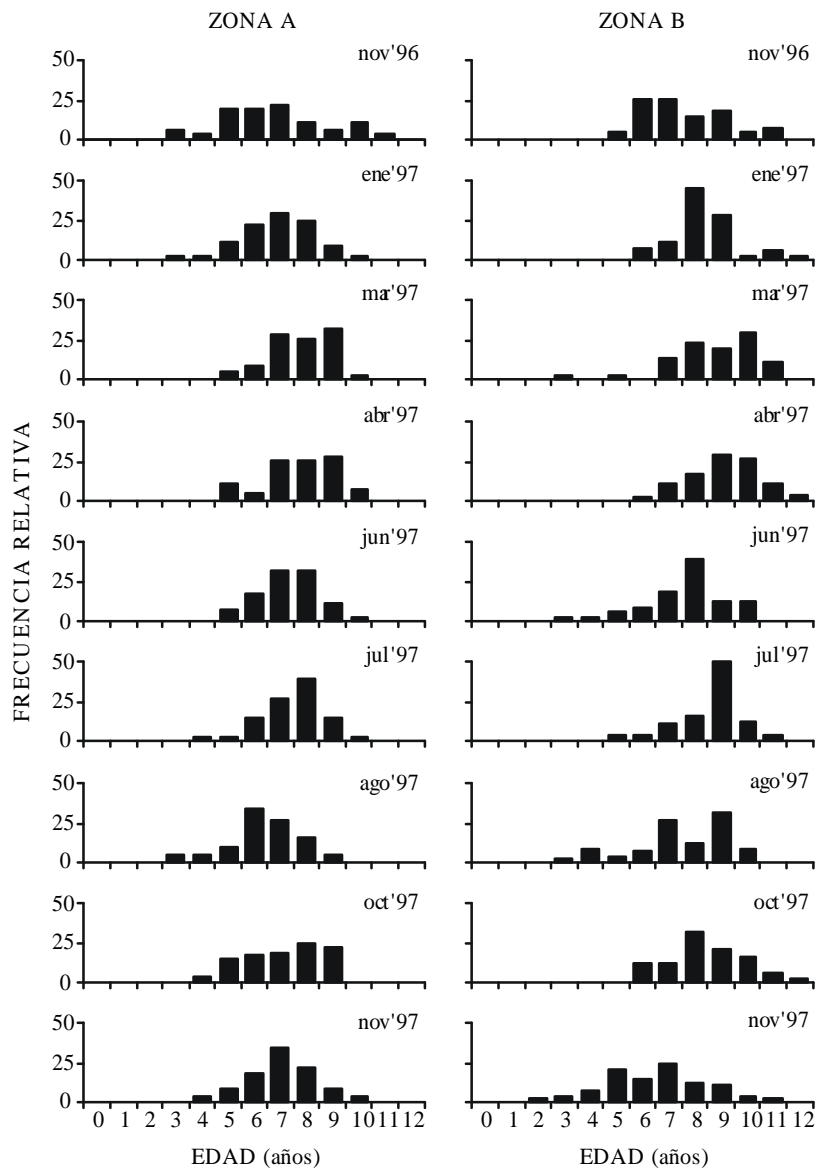


Figura 6. Distribución de frecuencias relativas de edad del caracol panocha *Astraea undosa* por mes y zona de estudio.

Figure 6. Relative frequency distribution of the age of the snail *Astraea undosa* per month and study zone.

Tabla 2. Comparación entre zonas de la distribución mensual de edad del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Kolmogorov-Smirnov. DE = desviación estándar.

Table 2. Comparison between zones of the monthly distribution of age of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Kolmogorov-Smirnov test. DE = standard deviation.

Mes	Zona A			Zona B			Prob.
	Promedio edad (años)	DE edad (años)	N	Promedio edad (años)	DE edad (años)	N	
Nov. 96	6.8	2.0	36	7.6	1.6	43	$P = \text{n.s.}$
Ene. 97	6.9	1.4	48	8.3	1.2	50	$P < 0.001$
Mar. 97	7.8	1.2	47	8.8	1.6	47	$P < 0.01$
Abr. 97	7.7	1.4	47	9.2	1.4	48	$P < 0.01$
Jun. 97	7.3	1.1	49	7.7	1.5	50	$P = \text{n.s.}$
Jul. 97	7.5	1.2	49	8.6	1.3	50	$P < 0.001$
Ago. 97	6.4	1.4	44	7.6	1.8	49	$P < 0.01$
Oct. 97	7.1	1.5	48	8.4	1.5	50	$P < 0.05$
Nov. 97	7.0	1.4	49	6.5	1.9	49	$P = \text{n.s.}$

ambos sitios, de 2 a 12 años, fue similar. Esto sugiere que el crecimiento de *A. undosa* en Bahía Tortugas es mayor que el reportado para Bahía de Todos Santos, y que la fase críptica del caracol es durante los primeros 2 años de vida, correspondiendo a individuos <49 mm DB en promedio.

La presencia simultánea de individuos con un intervalo de edad semejante en las zonas estudiadas indica que no hay segregación espacial por edad del caracol panocha *A. undosa*, al menos en la franja de 2 a 4 m de profundidad, y que se trata de agregaciones aisladas por sustratos discontinuos de tipo arenoso, los cuales han sido reconocidos durante los trabajos de evaluación cuantitativa del recurso que anualmente realiza el Centro Regional de Investigación Pesquera en La Paz. Además, si consideramos el intervalo de 38 a 130 mm DB de los caracoles estudiados por Belmar-Pérez *et al.* (1991), recolectados de 6 a 18 m de profundidad, observamos que la moda

as abundance and availability of food, sedimentation, substrate type and/or currents, among others. For the abalone *Haliotis fulgens* in Tortugas Bay, Turrubiates-Morales and Castro-Ortiz (1992) suggest that the variations in growth are associated with food availability and substrate type.

The results obtained support the hypothesis that the differences in size of *A. undosa* at the study sites are due to different growth patterns. This fact indicates the need to determine the areas of slow growth and define a strategy that permits the catch of snails in these areas, since one of the management measures is to catch a minimum legal size to assure certain egg production (Prince and Shepard, 1992).

The differences in size are significant at 4 years of age, corresponding to 66 mm DB in zone A (table 3). Therefore, the snails of this zone cannot be exploited until 9.5 years of age, when they reach the catch size of 90 mm DB. This is

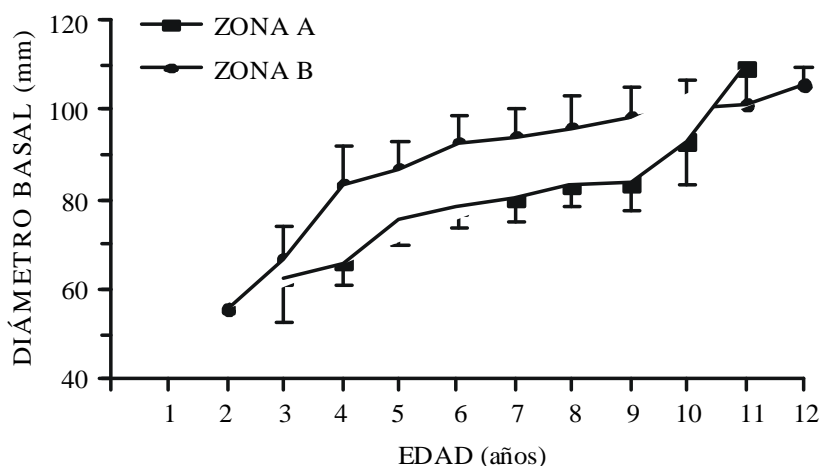


Figura 7. Promedio del diámetro basal y desviación estándar por edad del caracol panocha *Astraea undosa* por zona de estudio. Para evitar sobrelape entre las barras verticales que representan la desviación estándar, sólo se presentan su porción negativa en la zona A y su porción positiva en la zona B.

Figure 7. Average basal diameter and standard deviation per age of the snail *Astraea undosa* per study zone. To avoid the overlapping of the vertical bars that represent the standard deviation, only the negative portion in zone A and the positive portion in zone B are presented.

(81–90 mm DB) de la distribución de tallas en su tabla 1 es semejante a la que encontramos en la zona B. Por lo tanto, inferimos que las agregaciones de *A. undosa* son independientes de la edad y podrían estar más relacionadas con otros factores como la abundancia y disponibilidad de alimento, sedimentación, tipo de sustrato y/o corrientes, entre otros. Para el caso de otro gasterópodo, el abulón *Haliotis fulgens* en Bahía Tortugas, Turrubiates-Morales y Castro-Ortiz (1992) sugieren que las variaciones en crecimiento están asociadas con la disponibilidad de alimento y con las características del sustrato.

Los resultados obtenidos soportan la hipótesis que las diferencias en talla de *A. undosa* en las zonas estudiadas son a causa de un distinto patrón de crecimiento. Este hecho sugiere la necesidad de determinar las áreas de lento crecimiento y definir una estrategia que permita aprovechar los caracoles en esas zonas, ya que una de las medidas de manejo es capturar un tamaño mínimo

apparently because the environmental conditions are not appropriate for the snails to reach the minimum catch size at an earlier age (5.5 years), as occurs in zone B. This difference makes the snails of zone A vulnerable to diseases and natural predators for a longer period of time than the individuals of zone B, resulting in an increase in natural mortality. An alternative for the exploitation of these snails is that they reach the minimum catch size in less time. This could be achieved by transferring them to areas of better growth, for example zone B. It is suggested that they be moved at a minimum size of 62 mm DB. At this size, an average increase of 24 mm DB is expected in 2 years instead of 13 mm if they are not transferred (table 3). From the moment the snails are transferred, they are expected to reach the catch size of 90 mm DB before 3 years. The transfer of individuals <62 mm DB is not recommended, because the differences in DB-age between sites are significant up to 4 years of age,

Tabla 3. Comparación entre zonas del diámetro basal (DB) por edad del caracol panocha *Astraea undosa* en Bahía Tortugas. Prueba de Tukey HSD para muestras desiguales. DE = desviación estándar.

Table 3. Comparison between zones of the basal diameter (DB) per age of the snail *Astraea undosa* in Tortugas Bay. Tukey HSD test for different sample sizes. DE = standard deviation.

Edad (años)	Zona A			Zona B			Difer. DB (A-B) (mm)	Prob.
	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N	Promedio DB (mm)	DE DB (mm)	N		
1							-	-
2	-	-	-	56.0	-	1	-	-
3	62.8	9.9	5	66.6	7.6	5	-3.8	0.999
4	66.4	5.6	9	83.1	8.7	8	-16.7	<0.0001
5	75.4	5.4	37	86.6	6.0	20	-11.2	<0.0001
6	78.4	4.7	67	92.3	5.9	38	-13.9	<0.0001
7	80.5	5.2	111	93.8	5.9	68	-13.3	<0.0001
8	83.1	4.9	104	95.4	7.3	97	-12.3	<0.0001
9	83.6	6.3	62	97.8	6.9	105	-14.1	<0.0001
10	92.6	9.5	11	99.7	6.5	56	-7.0	0.476
11	109.0	-	1	100.9	6.3	21	8.1	-
12				105.0	4.1	4	-	-

legal para asegurar una cierta producción de huevos (Prince y Shepherd, 1992).

Las diferencias en tamaño son significativas a partir de los 4 años de edad, que corresponden a 66 mm DB en la zona A (tabla 3). Eso significa que los caracoles en esta zona serán susceptibles de ser aprovechados hasta los 9.5 años de edad, cuando alcancen la talla de captura de 90 mm DB, ya que las condiciones ambientales parecen no ser las adecuadas para un buen crecimiento y para alcanzar la talla de captura a una edad temprana (5.5 años) como sucede en la zona B. Esta diferencia hace vulnerables a los caracoles de la zona A a enfermedades y depredadores naturales por un periodo más prolongado que los individuos en la zona B y, en consecuencia, se incrementa la

with an average size of 66 mm; furthermore, the individuals are younger (Belmar-Pérez *et al.*, 1991) and they would be more susceptible to the effects produced by the transfer, and mortality could increase.

In order to know if the transfer of individuals is indeed an alternative for their catch and to increase individual yields, we recommend the periodic monitoring of the snails transferred and of the banks exploited in order to determine the effect of fishing on size structure, which is an essential part of the precautionary measures in research and fishery management (FAO, 1995). This would determine fishing impact and areas of appropriate growth for the snail, among other objectives. For this, small "reference areas" must

mortalidad natural. Una alternativa para que estos individuos sean aprovechados por la pesca es que alcancen la talla de captura en menor tiempo. Esto se podría lograr trasplantándolos a zonas de mejor crecimiento como, por ejemplo, la zona B. Se sugiere hacer el trasplante a una talla mínima de 62 mm DB. A partir de ese tamaño se esperaría que en 2 años incrementen 24 mm DB en promedio, en lugar de 13 mm si no se trasplantan (tabla 3). A partir del momento de ser trasplantados, se espera que alcancen la talla de captura de 90 mm DB antes de 3 años. El trasplante de individuos <62 mm DB no sería recomendable, porque las diferencias en talla a la edad entre zonas son significativas hasta la edad de 4 años, con una talla promedio de 66 mm; además, los individuos son juveniles (Belmar-Pérez *et al.*, 1991) y serían más sensibles al impacto producido por el trasplante, pudiendo resultar un aumento en mortalidad.

Para probar si efectivamente el trasplante de los individuos es una alternativa para su aprovechamiento e incrementar los rendimientos individuales, se sugiere monitorear periódicamente los caracoles trasplantados y extender el monitoreo a los bancos explotados para conocer el efecto de pesca en la estructura de tallas. Esto último como parte esencial de la conducta precautoria en la investigación y manejo pesquero (FAO, 1995). Esto permitirá reconocer, además de los impactos de la pesca, zonas de buen crecimiento para el caracol, entre otros objetivos. Para ello se requiere el establecimiento de pequeñas "áreas de referencia" donde no se capture caracol por un tiempo determinado.

CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis de que el caracol *A. undosa* en las zonas de estudio en Bahía Tortugas presenta un distinto patrón de crecimiento. En la zona B los caracoles alcanzan la talla de captura (90 mm DB) a los 5.5 años y en la zona A, a los 9.5 años de edad.

Se recomienda realizar un experimento de trasplante de caracol a partir de 62 mm DB de una

zona de lento crecimiento a otra de rápido crecimiento, con el objeto de evaluar si efectivamente el caracol crece hasta 90 mm DB en menor tiempo.

CONCLUSIONS

The hypothesis that *A. undosa* has distinct growth patterns at the study sites of Tortugas Bay is confirmed. In zone B, the snails reach catch size (90 mm DB) at 5.5 years and in zone A, at 9.5 years of age.

We recommend that an experiment be conducted in which snails of 62 mm DB are moved from a slow-growth area to one of rapid growth, in order to evaluate if indeed the snails grow to 90 mm DB in less time.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Agustín del Valle and Ramón Ayala, of the Estación de Investigación Pesquera of Tortugas Bay, and Nicolás Ceceña, of CRIP-La Paz, for their help; the technicians and members of SCCP Bahía Tortugas for their participation and logistic support during the samplings; Armando Hernández, of CRIP-La Paz, for his help with the preparation of the opercula; and three anonymous reviewers for their comments on the manuscript.

English translation by Jennifer Davis.

zona de lento crecimiento a otra de rápido crecimiento, con el objeto de evaluar si efectivamente el caracol crece hasta 90 mm DB en menor tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Agustín del Valle y Ramón Ayala, de la Estación de Investigación Pesquera de Bahía Tortugas, y de Nicolás Ceceña, del CRIP-La Paz. Así mismo, agradecen a los técnicos y socios de la SCCP Bahía Tortugas su participación y apoyo logístico en la recolección del material biológico; a

Armando Hernández, del CRIP-La Paz, su colaboración en la preparación de los opérculos; y a tres revisores anónimos, cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la calidad del manuscrito.

REFERENCIAS

- Belmar-Pérez, J., Guzmán del Prío, S. y Martínez-Morales, I. (1991). Madurez gonádica y ciclo reproductor del caracol panocha (*Astraea undosa* Wood, 1828; Gasterópodo: Turbinidae) en Bahía Tortugas, Baja California Sur. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 18(2): 169–187.
- Cupul-Magaña, F.G. and Torres-Moye, G. (1996). Age and growth of *Astraea undosa* Wood (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, Mexico. Bull. Mar. Sci., 59(3): 490–497.
- Emmett, B. and Jamieson, G.S. (1989). An experimental transplant of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, in Barklay Sound, British Columbia. Fish. Bull. (US), 87: 95–104.
- FAO (1995). Precautary approach to fisheries. Part I. Guidelines on the precautary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350, 47 pp.
- Guanes-Mercado, R.J. y Torres-Moye, G. (1991). Estudio de crecimiento del caracol *Astraea turbanica* Dall (Mollusca: Gastropoda) en Bahía de Todos Santos, BC, México. Rev. Inv. Cient., 2(1): 73–81.
- Prince, J.D. and Shepherd, S.A. (1992). Australian abalone fisheries and their management. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán del Prío (eds.), Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Blackwell, Oxford, pp. 407–426.
- Ricker, W.E. (1973). Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Board Canada, 30: 409–434.
- Singh-Cabanillas, J. (1996). Pesquería de caracol panocha. En: M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.), Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur, Vol. 1, pp. 43–58.
- Sire, J.Y. et Bonnet, P. (1984). Croissance et structure de l'opercule calcifié du gasteropode polynésien *Turbo setoseus* (Prosobranchia: Turbinidae): détermination de l'âge individuel. Mar. Biol., 79: 75–87.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1969). Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. W.H. Freeman, 776 pp.
- StatSoft (1995). STATISTICA for Windows [computer program manual]. StatSoft, Tulsa, Oklahoma, 1000 pp.
- Turrubiates-Morales, R. and Castro-Ortiz, J.L. (1992). Growth of *Haliotis fulgens* in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico. In: S. Guzmán del Prío, M.J. Tegner and S.A. Shepherd (eds.), Abalone of the World: Fisheries and Culture (supplementary papers). Fisheries Research Papers, Dept. of Fisheries, South Australia, No. 24, pp. 10–15.
- Wells, F.E. and Mulvay, P. (1995). Good and bad fishing areas for *Haliotis laevigata*: A comparison of population parameters. In: S.A. Shepherd, E.W. Day and A.J. Butler (eds.), Progress in Abalone Fisheries Research. Reprints from Mar. Freshwater Res., 46(3): 591–598.