

**PERIODICIDAD DE DEPOSITACION DE ANILLOS INTERNOS
DE CRECIMIENTO EN LA ALMEJA PISMO (*Tivela stultorum*)
DE PLAYA SAN RAMON, B.C., MEXICO**

**PERIODICITY OF INTERNAL GROWTH RING DEPOSITION
IN THE PISMO CLAM (*Tivela stultorum*) FROM
PLAYA SAN RAMON, B.C., MEXICO**

Ricardo Searcy Bernal
F. Javier Lugo Yurjar
Carlos Beltrán Herrera

Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

Searcy Bernal, R., Lugo Yurjar, F.J. y Beltrán Herrera, C. Periodicidad de depositación de anillos internos de crecimiento en la almeja pismo (*Tivela stultorum*) de Playa San Ramón, B.C., México. Periodicity of internal growth ring deposition in the pismo clam (*Tivela stultorum*) from Playa San Ramón, B.C., Mexico. *Ciencias Marinas*, 15(3): 45-56, 1989.

RESUMEN

Se estudia la época y periodicidad de la depositación de anillos de crecimiento en este bivalvo, mediante el análisis de cortes de conchas de 135 organismos marcados individualmente entre diciembre de 1978 y noviembre de 1979, introducidos de nuevo a la playa y recapturados uno o dos años después.

Los anillos se formaron principalmente entre agosto y octubre de 1979, asociándose aparentemente con una etapa del ciclo reproductivo anterior al desove masivo de esa temporada.

En el 91% de las conchas analizadas se depositó el número esperado de anillos, de acuerdo a la hipótesis de periodicidad anual.

De las 90 marcas anuales observadas, el 87% correspondió a anillos típicos (sencillos y bien definidos), un 10% a marcas múltiples y un 3% a anillos sencillos pero poco definidos.

Se discute la aplicabilidad del método para determinar edad en programas de biología pesquera, recomendándose la combinación de lecturas de marcas internas y externas.

ABSTRACT

The season and periodicity of growth ring deposition in this bivalve is studied by the analysis of shell sections of 135 organisms that were individually marked from December 1978 to November 1979, reintroduced into their natural environment and recaptured after one or two years.

Growth rings were formed mainly between August and October 1979, in apparent association with a stage of the reproductive cycle preceding the massive spawning of that season.

In 91% of the analysed shells, the number of growth rings deposited were consistent with the hypothesis of annual periodicity.

Approximately 87% of the 90 biochecks observed were of the typical type (single and well-defined), 10% were multiple rings and 3% consisted of single but poorly defined marks.

The usefulness of this method for age determination in fisheries biology programs is discussed, and the combined analysis of external and internal rings is recommended.

INTRODUCCION

La determinación de la edad individual es una de las más poderosas herramientas en biología pesquera, ya que permite el cálculo de curvas de crecimiento, el análisis de distribuciones de clases de edad que a su vez puede servir en el estudio de tasas de mortalidad, así como la determinación de relaciones entre este parámetro poblacional y diversas características biológicas (Rhoads y Lutz, 1980).

En bivalvos, la estimación de edad en base a líneas concéntricas conspicuas en las conchas, ha sido un método ampliamente utilizado no sólo en aplicaciones ecológicas, sino también paleobiológicas. Sin embargo, frecuentemente se ha supuesto que dichas líneas corresponden a anillos de crecimiento depositados anualmente, antes de probar rigurosamente esta hipótesis (Clark, 1974; Peterson *et al.*, 1985).

La almeja pismo (*Tivela stultorum*) fue uno de los primeros bivalvos en los que se estudió la periodicidad de formación de los anillos de crecimiento, que aparecen como bandas púrpuras fácilmente contrastables. Weymouth (1923) en su estudio clásico, siguió la aparición del anillo en muestras mensuales de almejas jóvenes de hasta tres años en Pismo Beach, California, EUA, demostrando que su formación ocurre a fines de otoño y principios de invierno, aparentemente en asociación con temperaturas bajas. Sin embargo, este tipo de prueba no se practicó rigurosamente en organismos adultos (que frecuentemente exceden los 15 años de edad), en los cuales los anillos están menos espaciados y definidos, dificultando su lectura. Adicionalmente, tanto ese autor como Herrington (1930), advirtieron la posibilidad de que existan marcas falsas no anuales. Sin embargo, el método de lectura de anillos para

INTRODUCTION

The determination of individual age is one of the most important tools in fisheries biology. Once known, it is possible to calculate growth curves, to analyse age class distributions, which in turn can be used in the study of mortality rates, and to determine relationships between this population parameter and other biological characteristics (Rhoads and Lutz, 1980).

The method of age determination based on conspicuous concentric lines in shells of bivalves, has been widely used not only in ecological but also paleobiological applications. However, it has often been assumed that these lines correspond to growth rings deposited annually, without first rigorously testing this hypothesis (Clark, 1974; Peterson *et al.*, 1985).

The pismo clam (*Tivela stultorum*) was one of the first bivalves in which the periodicity of formation of the growth rings, which appear as well-defined purple bands, was studied. Weymouth (1923), in his classic work, followed the appearance of the ring in monthly samples of young clams of up to three years of age in Pismo Beach, California, USA, showing that its formation occurs at the end of autumn and beginning of winter, apparently associated with low temperatures. However, this kind of test was not rigorously carried out on adult animals (which frequently exceed 15 years of age), in which the rings are less spaced and poorly defined, making their analysis more difficult. Moreover, both Weymouth (1923) and Herrington (1930) indicated the possible existence of non-annual false rings. However, the analysis of growth rings for age determination in *T. stultorum* was adopted in subsequent studies both in California and in Baja California (Fitch, 1950; Granados-Gallegos, 1970).

determinar edad en *T. stultorum* fue adoptado en estudios posteriores tanto en California como en Baja California (Fitch, 1950; Granados-Gallegos, 1970).

Recientemente se ha estado reexaminando la validez del método de lectura de anillos en varios bivalvos, utilizando estrategias que permiten evaluar la periodicidad de depositación de las estructuras de crecimiento en organismos de distintas edades. Posiblemente, el método más común consiste en el marcado y siembra de éstos, para su posterior recaptura a distintos intervalos de tiempo, de tal forma que el número de anillos observado se pueda contrastar con el número esperado si se supone la hipótesis de anualidad del evento (Jones *et al.*, 1978; Ropes *et al.*, 1984; Peterson y Ambrose, 1985). Algunos de estos trabajos han demostrado que el patrón de formación de estructuras puede diferir radicalmente en una misma especie en función de la latitud o el habitat (Peterson *et al.*, 1985), lo cual justifica más aún la necesidad de continuar con esta línea de investigación.

Por otro lado, existe la tendencia a sustituir el uso de anillos externos, por la lectura de las marcas internas, que pueden observarse y cuantificarse en cortes de conchas con menor ambigüedad, especialmente en el caso de organismos viejos (Jones *et al.*, 1978; McDonald y Thomas, 1980).

En esta contribución, se estudia la época y periodicidad de formación de anillos internos en la almeja pismo en una localidad de Baja California, utilizando el método de marcado-recaptura. Se persigue, por un lado, el objetivo de probar la hipótesis de anualidad en organismos de mayor edad respecto a los estudiados por Weymouth (1923), y por otro, de determinar si existen diferencias en este aspecto en relación a las poblaciones californianas estudiadas previamente.

MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio es una playa arenosa de 16km de longitud, con pendiente suave (3%) y desprotegida de la acción del oleaje durante todo el año (Fig. 1).

Entre diciembre de 1978 y noviembre de 1979, se marcaron 3,598 almejas, con un

The validity of the method of ring analysis in several bivalves has recently been reexamined using strategies which allow the evaluation of deposition periodicity of the growth structures in animals of different ages. Perhaps the most common method consists in the marking and replanting of the animals, which are then recaptured at different intervals of time, so that the number of rings observed can be compared with the number expected, assuming the hypothesis of annual periodicity (Jones *et al.*, 1978; Ropes *et al.*, 1984; Peterson and Ambrose, 1985). Some of these studies have shown that the pattern of structure formation can differ radically in the same species as a function of latitude and habitat (Peterson *et al.*, 1985), which further justifies the need of continuing this line of research.

On the other hand, there is a tendency to substitute the use of external rings with the analysis of internal lines, which can be observed and quantified in shell sections with less uncertainty, especially in the case of old animals (Jones *et al.*, 1978; McDonald and Thomas, 1980).

In this contribution, the season and periodicity of the formation of internal rings in the pismo clam at a site in Baja California is studied, using the mark-recapture method. The general objectives are to test the hypothesis of annual periodicity in older animals in relation to those studied by Weymouth (1923) and to determine whether differences exist in this respect in relation to previously studied California populations.

MATERIALS AND METHODS

The study area is a sandy beach, 16km long, with a slight slope (3%) and exposed to wave action throughout the year (Fig. 1).

Between December 1978 and November 1979, 3,598 clams were marked, with sizes ranging from 7 to 13cm and estimated ages between 4 and 20 years.

The clams were collected from the intertidal zone along the beach using conventional methods, during the lowest tides of each month. They were kept with frequent

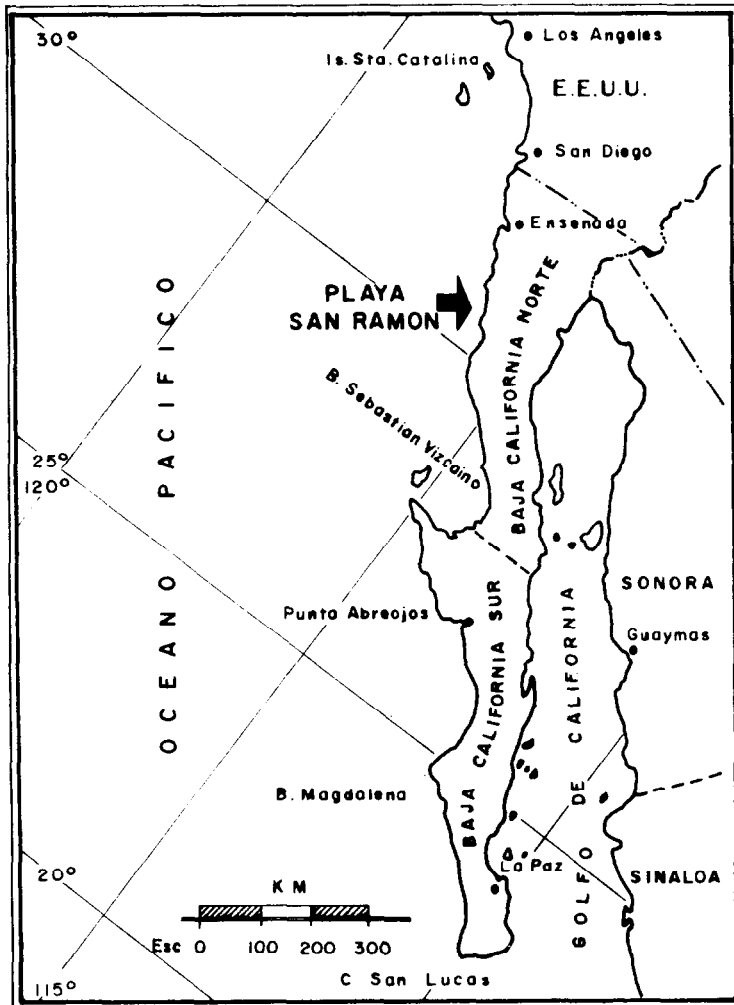


Figura 1. Localización de la zona de estudio.
Figure 1. Location of the study area.

intervalo de tallas de 7 a 13cm y edades estimadas entre 4 y más de 20 años.

Las almejas eran colectadas en la zona intermareal con métodos convencionales a lo largo de toda la playa, durante las mareas más bajas de cada mes, mantenidas con cambios de agua frecuentes durante la operación de marcado, y sembradas en una estación pre-determinada. La longitud de cada organismo se determinó con precisión de 0.1cm.

changes of water during the marking operation and then replanted in a predetermined site. The length of each animal was determined with an accuracy of 0.1cm.

The markings were done with an electric drill (Moto-Tool Dremel 270) and consisted of a number in each valve which identified the marking date and the individual code of the animal, as well as a groove 1cm from the margin. These markings were covered with epoxy resin in order to reduce erosion.

El marcado se realizó con un taladro eléctrico (Moto-Tool Dremel 270) y consistió típicamente de un número en cada valva que identificaban la fecha de marcado y la clave individual del organismo, así como una ranura a 1cm del margen. Estas marcas eran cubiertas con resina epóxica para reducir la erosión.

En 17 operaciones de recaptura, comprendidas entre junio de 1979 y octubre de 1981, se obtuvieron 2,492 organismos y se colectó una muestra de aquellos que hubieran sido marcados por lo menos seis meses antes, para el análisis de estructuras de crecimiento en las conchas.

Una de las valvas de cada almeja, se embebió parcialmente en un bloque de yeso, para cortarse sobre su eje dorso-ventral con una sierra eléctrica con disco de diamante (HP10TSB) y pulirse con abrasivos de 120 a 600 G. Las observaciones sobre anillos se hicieron con un microscopio estereoscópico, con luz reflejada y/o transmitida.

Se estudió la época de formación del anillo de crecimiento siguiendo dos enfoques complementarios. Por un lado, en 135 secciones se determinó el porcentaje de almejas con anillo en el margen inicial (correspondiente a la fecha de marcado) (%A), el cual generalmente era señalado por una fina marca a 1cm de la ranura, posiblemente asociada al estrés por manejo (Fig. 2). Posteriormente, en 113 cortes se midió la distancia del margen inicial al anillo anterior más próximo (D_a) y entre los dos anillos a los lados del margen inicial (D_t), calculando el cociente $D_r = D_a/D_t$ (Fig. 2). Esta variable mide el grado de avance relativo en la formación del siguiente anillo después del marcado y puede tomar valores entre 0 y 1.

Con el objeto de tratar de explicar la formación de los anillos, se calcularon coeficientes de correlación no paramétricos de Spearman (Sokal y Rohlf, 1981) entre las dos variables mencionadas (%A y D_r) y un índice de condición del bivalvo calculado a partir de longitudes y pesos húmedos en muestras de captura comercial (Searcy-Bernal, 1983); así como con la temperatura superficial mensual promedio en Playa San Ramón, en base a registros diarios en la zona entre mareas (Lugo, 1981).

In 17 recapture operations, carried out between June 1979 and October 1981, 2,492 animals were obtained. A sample was collected of those which had been marked at least six months before, for the analysis of growth structures in the shells.

One of the valves of each clam was partly embedded in plaster so that it could be sectioned on its dorso-ventral axis with an electric saw with a diamond disc (HP10TSB) and polished with 120 to 600 G abrasives. The ring observations were made with a stereoscopic microscope, with reflected and/or transmitted light.

The season of formation of the growth ring was studied in two complementary ways. Firstly, in 135 sections, the percentage of clams with a ring in the initial margin (corresponding to the marking date) (%A) was determined; this was generally indicated by a fine mark 1cm from the groove, possibly associated with handling stress (Fig. 2). Secondly, in 113 sections, the distance from the initial margin to the nearest anterior ring was measured (D_a) as well as the distance between the two rings on the sides of the initial margin (D_t). The ratio $D_r = D_a/D_t$ was then calculated (Fig. 2). This variable measures the degree of relative advance in the formation of the next ring after the marking and can take values between 0 and 1.

In order to try to explain the formation of the rings, Spearman's nonparametric correlation coefficients (Sokal and Rohlf, 1981) were calculated between the two variables mentioned (%A and D_r) and a condition index of the bivalve which was calculated from the lengths and wet weights in samples of commercial catches (Searcy-Bernal, 1983), as well as with the mean monthly surface temperature in Playa San Ramón, based on daily records from the intertidal zone (Lugo, 1981).

In order to test the hypothesis of annual periodicity of growth rings, 61 specimens were selected whose marking and recapture dates allowed the reliable assignment of an expected number of rings formed after the marking, which were compared with the number observed by means of a conventional X^2 test. The length and estimated initial age were

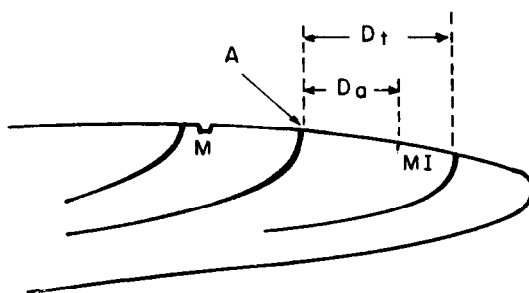


Figura 2. Representación esquemática de una sección de concha de almeja pismo marcada y recapturada un año después. La relación $D_r = D_a/D_t$ mide la distancia relativa del margen inicial (MI) al último anillo de crecimiento (A) presente en la fecha del marcado. La marca (M) se colocó a 1cm del margen inicial (MI).

Figure 2. Schematic representation of a section of a pismo clam shell, marked and recaptured one year later. The $D_r = D_a/D_t$ ratio measures the relative distance from the initial margin (MI) to the last growth ring (A) present on the marking date. The mark (M) was placed 1cm from the initial margin (MI).

Para probar la hipótesis de periodicidad anual de las marcas de crecimiento, se seleccionaron 61 ejemplares cuyas fechas de marcado y recaptura permitían asignar confiablemente un número esperado de anillos formados después del marcado, para contrastarse con el número observado mediante una prueba de χ^2 convencional. Se comparó la longitud y edad inicial estimada entre las almejas que se comportaron según la hipótesis de anualidad y las que se apartaron de ella, a través de pruebas de Mann-Whitney (Sokal y Rohlf, 1981).

RESULTADOS

En las Figuras 3a y 3b, se señalan la variación mensual del porcentaje de almejas con anillo en el margen, y de la distancia relativa del anillo al margen inicial, respectivamente. Durante todo el año, se pueden encontrar almejas con anillo al margen, aunque se observa un incremento a partir de agosto y un máximo en octubre (66.7%). En la Figura 3b se puede apreciar este patrón de una manera más precisa. En agosto, todas las almejas estaban formando o estaban a punto de formar el anillo, lo cual se evidencia por el promedio máximo (0.92) y el estrecho intervalo de confianza, y esta situación se prolonga hasta octubre.

compared between the clams that formed rings according to the hypothesis of annual periodicity and those which did not, by means of Mann-Whitney tests (Sokal and Rohlf, 1981).

RESULTS

The monthly variation of the percentage of clams with rings in the margin and of the relative distance of the ring to the initial margin are indicated in Figures 3a and 3b, respectively. Clams can be found with marginal rings throughout the year, although an increase is observed starting in August with a maximum in October (66.7%). This pattern can be better appreciated in Figure 3b. In August, all the clams were forming or about to form the ring, which can be seen by the maximum average (0.92) and the narrow confidence interval. This situation continued until October.

Figures 3c and 3d refer to the condition index of the bivalve and the surface water temperature. The index is found associated to the reproductive cycle of the species; the decrease in September is attributed to partial spawnings and in December to the massive spawning period of that season (Searcy-Bernal, 1983). The correlation analysis between these two variables and the indicators

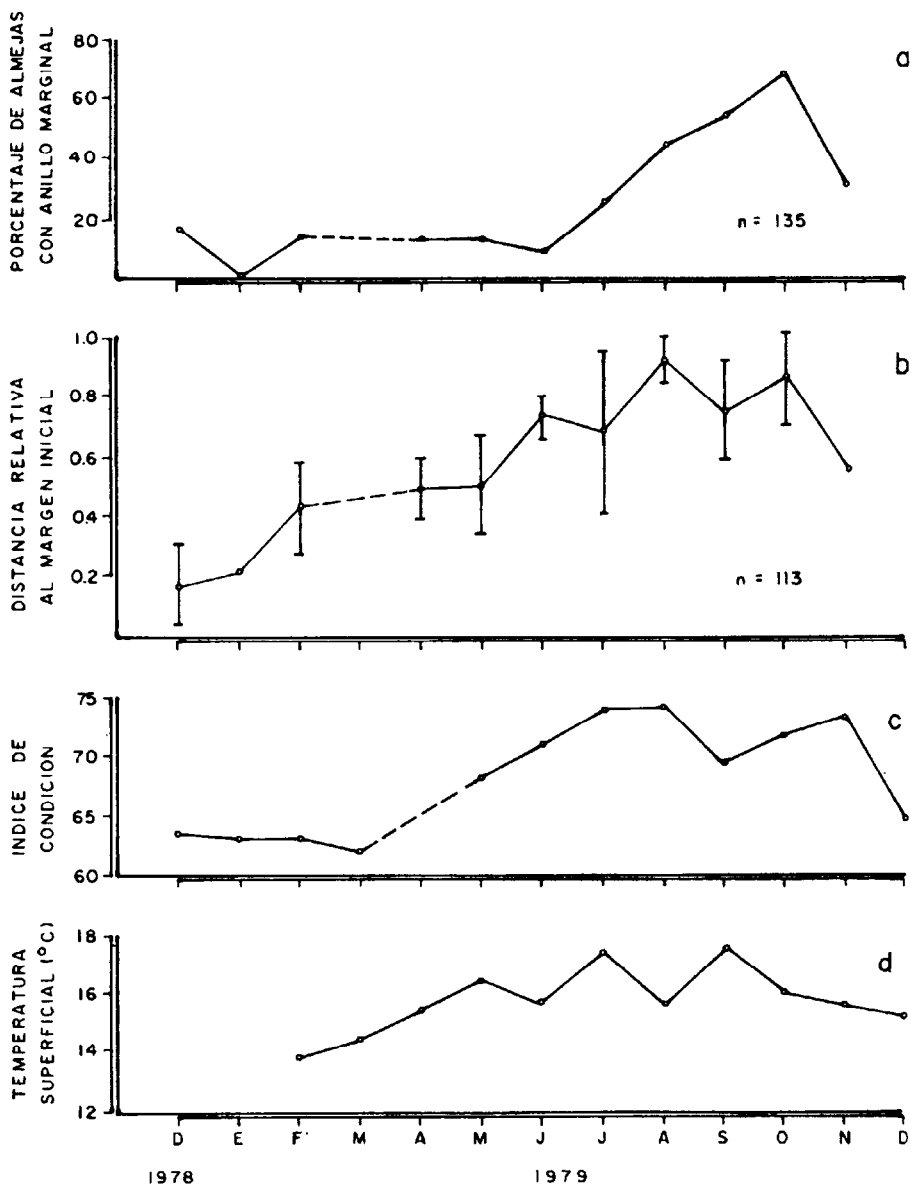


Figura 3. (a) Variación mensual del porcentaje observado de almejas con anillo en el margen; (b) distancia relativa al margen inicial (ver Fig. 2); (c) índice de condición (modificado de Searcy-Bernal, 1983) y (d) temperatura superficial del agua de la zona intermareal en Playa San Ramón. Las barras verticales en 3b, indican intervalos de confianza al 95%.

Figure 3. (a) Monthly variation of the observed percentage of clams with a ring in the margin; (b) relative distance to the initial margin (see Fig. 2); (c) condition index (modified from Searcy-Bernal, 1983) and (d) surface water temperature of the intertidal zone in Playa San Ramón. The vertical bars in 3b indicate 95% confidence intervals.

Las Figuras 3c y 3d se refieren al índice de condición del bivalvo y la temperatura superficial del agua. El índice mencionado se encuentra asociado al ciclo reproductivo de la especie; la disminución en septiembre se atribuye a desoves parciales y la de diciembre al desove masivo de esa temporada (Searcy-Bernal, 1983). El análisis de correlación entre estas dos variables y las indicadoras de la formación del anillo (%A y Dr), fue significativo sólo en el caso del índice de condición (Tabla I).

En la Tabla II, se compara el número de anillos observado y esperado (de acuerdo a la hipótesis de formación anual), en las 61 almejas recapturadas entre octubre y abril de 1980 y 1981. En este período, es bastante seguro suponer que ya se formó el anillo de la temporada anterior y aún no se formaba el de la próxima (Figs. 3a y 3b), de manera que la asignación de número esperado de anillos, puede ser más confiable. El 90.1% de las conchas formaron anillos en concordancia con la hipótesis ($X^2 = 1.09$, $P > 0.50$).

Por otro lado, la Tabla III indica que las conchas con patrones anómalos no difieren significativamente de las normales, en cuanto a longitud y edad; aunque existe la tendencia a formar menos de un anillo por año en conchas de organismos viejos con crecimiento lento (razón $L/E = 1.06$) y a formar más de un anillo en organismos más jóvenes con crecimiento mayor ($L/E = 1.44$). Sin embargo, sería necesario un estudio con tamaños de muestra más grandes para corroborar la sugerencia anterior.

DISCUSION

El patrón de formación de anillos de crecimiento de *T. stultorum* inferido de este estudio, difiere radicalmente del encontrado en Pismo Beach, California Central, por Weymouth (1923), ya que en esta localidad el anillo se forma en invierno, después del desove masivo de julio-septiembre, y en aparente concordancia con las temperaturas mínimas anuales (al menos atmosféricas). En Playa San Ramón, el anillo se forma en verano, asociado posiblemente a una etapa de madurez gonadal o desove parcial (antes al desove masivo) y sin aparente relación con la temperatura (Fig. 3, Tabla I). De hecho, este

of ring formation (%A and Dr), was significant only in the case of the condition index (Table I).

In Table II, the number of observed and expected rings are compared (according to the hypothesis of annual formation), in the 61 clams recaptured between October 1980 and April 1981. In this period, it is quite safe to assume that the ring of the previous season has already been formed and that the next one has still not formed (Figs. 3a and 3b), so that the assignation of the expected number of rings can be more reliable. Of these shells, 90.1% formed rings in agreement with the hypothesis ($X^2 = 1.09$, $P > 0.50$).

On the other hand, Table III indicates that the shells with anomalous patterns do not differ significantly from the normal ones in regard to length (L) and age (E), although there is a tendency to form less than one ring per year in shells of old animals with slow growth (ratio $L/E = 1.06$) and to form more than one ring in younger animals with greater growth ($L/E = 1.44$). However, in order to corroborate this, a study with larger sample sizes would be needed.

DISCUSSION

The pattern of growth ring formation of *T. stultorum* inferred in this study differs radically from that found in Pismo Beach, central California, by Weymouth (1923), since in the latter site the ring forms in winter, after the massive spawning period of July-September and apparently concurrent with the annual minimum (at least atmospheric) temperatures. In Playa San Ramón, the ring forms in summer, possibly associated with a stage of gonadal maturity or partial spawning (before the massive spawning) and apparently unrelated to the temperature (Fig. 3, Table I). In fact, in Playa San Ramón this parameter showed unimportant annual variations, with decreases recorded in summer that are probably related to upwellings. On the other hand, in the population of *T. stultorum* studied by Coe (1947) in La Jolla (southern California), summer and winter rings were observed, although the summer ones (possibly associated with reproduction) are more conspicuous.

Tabla I. Coeficiente de correlación de Spearman (r_s) entre porcentaje de almejas con anillo marginal (%A), distancia relativa al margen inicial (Dr), índice de condición (IC) y temperatura superficial del agua ($T^{\circ}C$).

Table I. Spearman's correlation coefficient (r_s) between percentage of clams with marginal ring (%A), relative distance to the initial margin (Dr), condition index (IC) and surface water temperature ($T^{\circ}C$).

Variables	n	r_s
%A vs IC	10	0.585 (*)
%A vs $T^{\circ}C$	9	0.368 (ns)
Dr vs IC	10	0.717 (*)
Dr vs $T^{\circ}C$	9	0.417 (ns)

ns = no significativo * = P < 0.05

Tabla II. Frecuencia de secciones de conchas de *T. stultorum*, clasificadas de acuerdo al número de anillos observados (formados entre las fechas de marcado y recaptura) y el número esperado suponiendo la formación de sólo un anillo por año (según el patrón estacional ilustrado en las Figuras 3a y 3b).

Table II. Frequency of shell sections of *T. stultorum*, classified according to the number of observed rings (formed between the marking and recapture dates) and the expected number assuming the formation of only one ring per year (according to the seasonal pattern illustrated in Figures 3a and 3b).

Número esperado de anillos	Número observado de anillos				Total
	1	2	3	4	
1	27	-	-	-	27
2	3	27	2	1	33
3	-	-	1	-	1
Total	30	27	3	1	61*

* El 90.1% de las conchas estudiadas formaron el número esperado de anillos.

parámetro en Playa San Ramón mostró una variación anual poco importante, con el registro de descensos en verano que posiblemente se relacionen con surgencias. Por otro lado, en la población de *T. stultorum* de La Jolla (Sur de California) estudiada por Coe (1947), se han observado anillos de verano e invierno, aunque los de verano (asociados posiblemente a la reproducción) son los más conspicuos.

This information suggests a latitudinal change in the formation of rings in the species, both in the timing of this event and as the possible causes of slow growth normally associated to the appearance of the growth structures. A similar case is reported for *Mercenaria mercenaria* on the eastern coast of the United States (Peterson *et al.*, 1983; Peterson *et al.*, 1985).

Tabla III. Comparación de la longitud (L) y edad (E) en la fecha de marcado, entre tipos de conchas de *T. stultorum* clasificadas de acuerdo a la periodicidad de formación de anillos. Las diferencias para ambas variables entre los tres tipos de conchas no son significativas ($P > 0.05$) después de pruebas de Mann-Whitney.

Table III. Comparison of length (L) and age (E) on the marking date between types of *T. stultorum* shells classified according to the periodicity of ring formation. The differences of both variables between the three types of shells are not significant ($P > 0.05$) after Mann-Whitney tests.

Patrón de Formación	n	L (cm)	E (años)	L/E
Uno por año	55	10.4	8.4	1.24
Más de uno por año	3	10.5	7.3	1.44
Menos de uno por año	3	11.3	10.7	1.06

Esta información, sugiere un cambio latitudinal en el patrón de formación de anillos en la especie, tanto en la forma de desfase temporal, como respecto a las posibles causas del crecimiento lento asociado normalmente a la aparición de las estructuras de crecimiento. Un caso similar se reporta para *Mercenaria mercenaria* en la costa oriental de Estados Unidos (Peterson *et al.*, 1983; Peterson *et al.*, 1985).

Es posible que las temperaturas bajas de invierno, que aparentemente influyen en la formación del anillo en las poblaciones del norte, no tengan un efecto similar en el sur, por no alcanzar los valores mínimos críticos para la disminución drástica del crecimiento. En Playa San Ramón, no se han detectado ciclos estacionales en la tasa de crecimiento de juveniles, a diferencia de los marcados mínimos de invierno registrados en California, lo cual es un argumento a favor de la hipótesis anterior (Searcy-Bernal y Saavedra-Rosas, 1988). Por otro lado, la influencia de la reproducción en la disminución del crecimiento podría ser más evidente en localidades con temperaturas ambientales mayores, debido a las implicaciones metabólicas obvias.

En términos generales, la información resumida en la Tabla II, confirma la validez de la hipótesis de formación anual de los anillos de crecimiento en la población estudiada de *T. stultorum*; sin embargo, es evidente que algunos individuos (9.9% en este experimento) se apartan de ese patrón.

It is possible that the low winter temperatures, which apparently influence the formation of the ring in the northern populations, do not have a similar effect in the south, as they do not reach the critical minimum values for the drastic decrease in growth. In Playa San Ramón, seasonal cycles in the growth rate of juveniles have not been detected, as opposed to the marked winter minima recorded in California, which is an argument in favour of the previous hypothesis (Searcy-Bernal and Saavedra-Rosas, 1988). On the other hand, the influence of reproduction on the decrease in growth could be more evident in sites with higher environmental temperatures, due to the obvious metabolic implications.

In general terms, the information summarized in Table II confirms the validity of the hypothesis of annual formation of the growth rings in the population of *T. stultorum* studied. However, it is obvious that some individuals (9.9% in this experiment) depart from this pattern.

Of the clams that were recaptured after only one season of ring formation, 100% followed the above model, as opposed to only 82% (27 of 33) of those corresponding to two seasons (Table II). This could suggest an increase in the uncertainty of the method of age determination through the analysis of rings as the age of the clams increases. However, the fact that shells with anomalous

El 100% de las almejas que permanecieron sembradas sólo una temporada de formación de anillo, se comportaron siguiendo el modelo anterior, en comparación con solo el 82% (27 de 33) de las correspondientes a dos temporadas (Tabla II), lo cual podría sugerir un incremento en la incertidumbre del método de estimación de edad mediante lectura de anillos, a medida que aumenta la edad de las almejas. Sin embargo, el hecho que las conchas con patrones anómalos se ubican a ambos lados de la media esperada, sugiere que ese error podría tener un efecto compensatorio cuando se estima el promedio de edad de una muestra grande, como es usual en programas de biología pesquera.

Por otro lado, es necesario mencionar que de las 90 marcas anuales estudiadas, el 87% correspondió a anillos sencillos típicos (como los descritos por Weymouth, 1923); el 10% a anillos múltiples que se separan en la superficie externa de la concha, partiendo de un origen común apreciable en los cortes; y un 3% a anillos sencillos tenues poco contrastables.

Este tipo de irregularidades podrían tender a sesgar los promedios de las estimaciones de edad en muestras poblacionales, si no se hacen las observaciones rigurosas pertinentes en cortes de conchas.

Adicionalmente, los anillos correspondientes a los primeros dos o tres años de vida, se observan muy tenues y delgados en los cortes y mejor diferenciados en el exterior de las conchas. De esta forma se sugiere la combinación de lecturas de marcas internas y externas, para la estimación de la edad en este bivalvo.

LITERATURA CITADA

Clark, G.R. II. (1974). Growth lines in invertebrate skeletons. *Ann. Rev. Earth Planet Sci.*, 2: 77-99.

Coe, W.R. (1947). Nutrition, growth and sexuality of the pismo clam (*Tivela stultorum*). *J. Exp. Zool.*, 104: 1-24.

Fitch, J.E. (1950). The pismo clam. *Calif. Fish and Game*, 36(3): 285-312.

patterns are found on both sides of the expected mean, suggests that the error could have a compensatory effect when the average age of a large sample is estimated, as is usual in fisheries biology programs.

On the other hand, it is necessary to mention that of the 90 annual biochecks studied, 87% corresponded to typical single rings (as those described by Weymouth, 1923); 10% to multiple rings which separate on the external surface of the shell, arising from a common origin which can be appreciated in the shell sections, and 3% to single rings, thin and poorly defined.

This type of irregularities could tend to bias the averages of the age estimations in population samples, if the proper observations in shell sections are not done.

Moreover, the rings corresponding to the first two or three years of life appear very thin and light in the sections and better differentiated in the exterior of the shells. Hence, the combined analysis of internal and external rings is recommended for age determination in this bivalve.

English translation by Christine Harris.

Granados Gallegos, J.L. (1970). Estructura de la población y crecimiento de la almeja pismo (*Tivela stultorum*, Mawe 1823) en San Quintín, B.C. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., 47 pp.

Herrington, W.C. (1930). The pismo clam: further studies on its life history and depletion. *Calif. Fish and Game Fish. Bull.*, 18, 69 pp.

Jones, D.S., Thompson, I. and Ambrose, W. (1978). Age and growth rate determinations for the Atlantic surf clam *Spisula solidissima* (Bivalvia: Mactracea), based on internal growth lines in shell cross-sections. *Mar. Biol.*, 47: 63-70.

- Lugo, F.J. (1981). Aspectos del crecimiento de la almeja pismo (*Tivela stultorum*) obtenidos del análisis de datos de marcado y recaptura, para Playa San Ramón, B.C., p. 92-116. En: Informe Final del Proyecto Bivalvos de Baja California: Sección Almeja Pismo. IIO-UABC, Ensenada, B.C.; SEP, México, D.F.
- McDonald, B.A. and Thomas, M.L.H. (1980). Age determination of the soft-shell clam *Mya arenaria* using shell internal growth lines. *Mar. Biol.*, 58: 105-109.
- Peterson, C.H., Duncan, P.B., Summerson, H.C. and Safrit, G.W. Jr. (1983). A mark-recapture test of annual periodicity of internal growth band deposition in shells of hard clams, *Mercenaria mercenaria*, from a population along the southeastern United States. *Fish Bull. U.S.*, 81(4): 765-779.
- Peterson, C.H. and Ambrose, W.G. Jr. (1985). Potential habitat dependence in deposition rate of presumptive annual lines in shells of the bivalve *Prototaca staminea*. *Lethaia*, 18: 257-260.
- Peterson, C.H., Duncan, P.B., Summerson, H.C. and Beal, B.F. (1985). Annual band deposition within shells of the hard clam, *Mercenaria mercenaria*: Consistency across habitat near Cape Lookout, North Carolina. *Fish. Bull.*, 83(4): 671-677.
- Rhoads, D.C. and Lutz, R.A. (eds.) (1980). *Skeletal growth of aquatic organisms: Biological records of environmental change*. Plenum Press, N.Y., 750 pp.
- Ropes, J.W., Jones, D.S., Murawski, S.A., Serchuk, F.M. and Ambrose, J. Jr. (1984). Documentation of annual growth lines in ocean quahogs, *Arctica islandica* Linné. *Fish Bull. U.S.*, 82(1): 1-19.
- Searcy Bernal, R. (1983). Un estudio sobre la condición de la almeja pismo *Tivela stultorum* con datos de longitud y peso de la carne de capturas comerciales. *Ciencias Marinas*, 9(2): 19-30.
- Searcy Bernal, R. y Saavedra Rosas, A. (1988). Estudios poblacionales sobre la almeja pismo *Tivela stultorum* en una playa de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 14(2): 1-14.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 859 pp.
- Weymouth, F.W. (1923). The life history and growth of the pismo clam (*Tivela stultorum* Mawe). *Calif. Fish. and Game Fish. Bull.*, 7, 120 pp.