

**VALIDACION DEL USO DE OTOLITOS PARA  
DETERMINAR LA EDAD DEL HUACHINANGO DEL PACIFICO  
*Lutjanus peru* (PERCIFORMES: LUTJANIDAE), EN LA BAHIA DE  
LA PAZ Y AGUAS ADYACENTES, B.C.S., MEXICO**

**VALIDATION OF OTOLITH AGE DETERMINATION OF THE  
PACIFIC RED SNAPPER *Lutjanus peru* (PERCIFORMES: LUTJANIDAE)  
IN LA PAZ BAY AND ADJACENT WATERS, B.C.S., MEXICO**

Axayácatl Rocha-Olivares<sup>1\*</sup>  
Víctor M. Gómez-Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Departamento de Biología Marina  
Apartado postal 19-B  
La Paz, Baja California Sur, 23080 México

<sup>2</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas  
Departamento de Pesquerías  
Apartado postal 592  
La Paz, Baja California Sur, 23000 México

*Recibido en mayo de 1992; aceptado en mayo de 1993*

**RESUMEN**

Se estableció la utilización de los otolitos *saggita* como un método válido para determinar la edad del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru*. Para ello, se analizaron 717 otolitos de peces recolectados entre marzo de 1989 y marzo de 1991. El crecimiento en longitud de los otolitos guardó una estrecha relación con el crecimiento del pez, la cual fue descrita por el modelo multiplicativo. De acuerdo con el porcentaje mensual de otolitos con borde translúcido, se determinó que la marcación es anual y ocurre principalmente entre mayo y septiembre. Dicho periodo coincidió con el de mayor actividad reproductora reflejada por el índice gonadosomático. Tanto el índice de reproducción como el porcentaje de bordes translúcidos presentaron valores máximos en julio. La medición de los radios de los *annuli* reveló que el patrón de marcado de los otolitos es consistente para peces de edades diferentes y refleja la variación en las tasas de crecimiento del organismo.

**ABSTRACT**

Otoliths were found to be useful for determining the age of the Pacific red snapper *Lutjanus peru*. This was concluded from the inspection of otoliths from 717 Pacific red snapper collected from March 1989 to March 1991. Otolith and fish growth were correlated using a power model. The monthly percentage of otoliths with translucent margin showed that growth marks are formed once a year (mainly from May to September) during the period of reproductive activity, as indicated by the gonadosomatic index. Both the index and the percentage of translucent margins peaked in July. Measurement of annuli radii showed that the otolith marking pattern was consistent in fishes of different ages and reflected the variation of the fish growth rate.

---

\* Dirección actual: University of California, San Diego, Scripps Institution of Oceanography, 9500 Gilman Drive, La Jolla, California 92093-0208, U.S.A.

## INTRODUCCION

Muchas especies de la familia Lutjanidae son recursos pesqueros en las aguas tropicales y subtropicales que habitan, por lo que han sido objeto de estudios encaminados a determinar diversos aspectos de su biología, entre ellos la edad y el crecimiento (Manooch, 1987). El huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) se distribuye desde el Golfo de California hasta las costas de Perú y es una especie comercial de reconocida importancia (Thomson *et al.*, 1987).

En el Estado de Baja California Sur, el huachinango se pesca de forma artesanal a profundidades de hasta 90 m (Goodson, 1988). Su captura se efectúa a bordo de embarcaciones de 7 m de eslora, con líneas de mano provistas de 3 a 5 anzuelos cebados con sardina, calamar o cabeza de camarón. Se ha encontrado que en la pesquería de la Isla Cerralvo, al Sur de la Bahía de La Paz, *L. peru* es una de las seis especies de peces de escama más importantes en cuanto a frecuencia de captura, importancia relativa en peso y valor comercial (Ramírez-Rodríguez y Rodríguez-Medrano, 1990).

La determinación de la edad de esta especie se ha efectuado usualmente mediante sus escamas. Tal es el caso de los trabajos de Castro (1981), realizado en aguas de Baja California Sur; Ruiz-Luna *et al.* (1985), efectuado en las costas de Michoacán, y Aguilar-Salazar (1986), desarrollado en Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que las edades determinadas a partir de las escamas de ciertas especies pueden encontrarse seriamente subestimadas. Estas subestimaciones se dan tanto en peces dulceacuícolas como en marinos, pero parecen ser más serias en estos últimos (Beamish y McFarlane, 1987). Por otra parte, se ha encontrado que los otolitos proporcionan un registro del crecimiento más adecuado que las escamas (Campana y Neilson, 1985). Debido a que no existe información relativa al uso de otolitos para determinar la edad de *L. peru*, en este trabajo se analiza la validez de dicho método.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de la Paz es uno de los cuerpos de agua semiprotectidos más grandes del Golfo de California y posee una superficie aproxi-

## INTRODUCTION

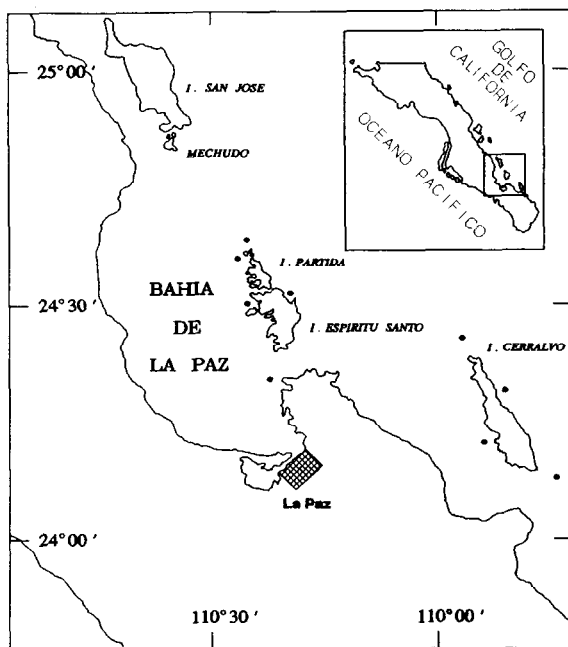
Since many tropical and subtropical Lutjanid species are subject to commercial exploitation, different aspects of their biology, such as their age and growth, have been studied extensively (Manooch, 1987). The Pacific red snapper *Lutjanus peru* (Nichols and Murphy, 1922) is distributed along the eastern Pacific coast from the Gulf of California south to Peru, and it is considered an important commercial species (Thomson *et al.*, 1987).

The Pacific red snapper fishery in the Mexican state of Baja California Sur is carried out on a small or artisanal scale (Goodson, 1988), aboard 7 m long boats using hand lines deployed to depths reaching 90 m, and with three to five hooks baited with sardine, squid or shrimp head. On the basis of its commercial value, frequency of appearance in the catch, and relative importance in weight, *L. peru* ranks within the six most important fin-fish species exploited near Cerralvo Island, south of La Paz Bay (Ramírez-Rodríguez and Rodríguez-Medrano, 1990).

The age determination of this fish has been traditionally carried out using scales. Such is the case for the studies by Castro (1981) in Baja California Sur, by Ruiz-Luna *et al.* (1985) in Michoacán, and by Aguilar-Salazar (1986) in Michoacán, Guerrero and Oaxaca. Other studies have demonstrated, however, that scale ageing for some species can result in serious underestimates of age. These biases occur for freshwater and marine species, but appear to be more serious for the latter (Beamish and McFarlane, 1987). Moreover, it has been found that otoliths often provide a more adequate record of the growth history of a fish than scales (Campana and Neilson, 1985). Due to the lack of studies on the use of otoliths for ageing *L. peru*, in this paper the validity of this method is addressed.

## STUDY AREA

La Paz Bay (24°10'-24°44' N, 110°18'-110°47' W) is one of the largest semi-enclosed bays of the Gulf of California, with a surface area of ca. 2,000 km<sup>2</sup> (Carmona *et al.*, 1988). The most important fishing grounds of *L. peru* are located around Espíritu Santo and Cerralvo Islands (Fig. 1), where the most



**Figura 1.** Area de estudio. Los puntos negros representan las principales zonas de pesca de huachinango y las zonas de muestreo.

**Figure 1.** Study area. Black dots represent fishing grounds of Pacific red snapper and sampling sites.

mada de 2,000 km<sup>2</sup> (Carmona *et al.*, 1988). Su ubicación geográfica se extiende entre los 24°10' y 24°44' N y los 110°18' y 110°47' O. Las principales zonas de pesca de huachinango se localizan en los alrededores de las islas Espíritu Santo y Cerralvo (Fig. 1), de donde llegan ejemplares de *L. peru* a las pescaderías de la Ciudad de La Paz, sobre todo durante los meses de verano.

#### MATERIALES Y METODO

Se realizaron muestreos mensuales desde marzo de 1989 hasta marzo de 1991 en los alrededores de las islas Espíritu Santo y Cerralvo, así como muestreos semanales en pescaderías de la Ciudad de La Paz.

En el campo, a los organismos recolectados se les determinaron las longitudes total y patrón ( $\pm 1$  mm), los pesos total y eviscerado ( $\pm 5$  g), y el sexo. Se les extirparon las gónadas y los otolitos *sagittae*, que fueron etiquetados y almacenados en formol al 10%

abundant catches occur during the summer. From there, the product is transported every day to the La Paz fish market.

#### MATERIALS AND METHOD

Sampling took place from March 1989 to March 1991 and consisted of monthly trips to the fishing grounds around Espíritu Santo and Cerralvo Islands, and weekly visits to the La Paz fish market.

In the field, the following data were recorded for each specimen: total and standard lengths ( $\pm 1$  mm), total and gutted weights ( $\pm 5$  g), and sex. Gonads and sagitta otoliths were dissected, labeled and stored in 10% buffered formalin and dry plastic bags, respectively. In the fish market, a stratified random sampling was implemented recording the same information as above, except total weight, since fish is sold gutted.

In the laboratory, fat-tissue-free gonads were weighted ( $\pm 1$  mg) and clean otoliths

neutralizado (gónadas) o en seco dentro de sobres plásticos (otolitos). En las pescaderías fue necesario efectuar un muestreo aleatorio estratificado y se registró la misma información, con excepción del peso total, ya que los organismos llegan eviscerados.

En el laboratorio, las gónadas libres de grasa se pesaron ( $\pm 1$  mg), mientras que los otolitos, una vez limpios, se embebieron en glicerina al 90%, por lo menos 24 horas antes de su lectura. Esta se llevó a cabo con luz reflejada sobre un fondo negro mate, con un aumento de 10x.

Para validar la lectura de los otolitos se consideraron tres criterios: 1) relación entre el tamaño del otolito y el del pez, 2) periodicidad del marcado y 3) consistencia en el marcado.

Para estudiar la relación existente entre el tamaño del otolito y la talla del huachinango, se dividió el recorrido de tallas de los peces en estratos de 40 mm de longitud total (LT). De cada estrato se tomaron aleatoriamente 20 organismos a los que se midieron los otolitos derechos, determinando las siguientes dimensiones: 1) largo máximo, 2) ancho máximo, 3) radio largo y 4) radio ancho (Fig. 2). Se ajustaron las ecuaciones  $\underline{Y} = a + b \underline{X}$  y  $\underline{Y} = a \underline{X}^b$  a los datos, siendo  $\underline{Y}$ , en cada caso, la LT del pez y  $\underline{X}$  la medida del otolito. Los ajustes se efectuaron por mínimos cuadrados para el modelo lineal y por el método no lineal de Marquardt para el multiplicativo (Draper y Smith, 1981). Las comparaciones entre ajustes se hicieron mediante los coeficientes de determinación ( $R^2$ ).

Con el fin de determinar la frecuencia con que se forman las marcas de crecimiento, se observó la naturaleza del borde de 30 otolitos tomados al azar por mes. La periodicidad del marcado se designó en función del número de modas que presentó el porcentaje mensual de otolitos con borde translúcido durante el año. La época de marcado de los otolitos se comparó con la de actividad reproductiva reflejada en el valor promedio mensual del índice gonadosomático (IGP), que se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula (Nikolsky, 1963):

$$\text{IGP} = [\text{peso gónada (g)}/\text{peso total (g)}] * 100$$

La última etapa de la validación consistió en verificar que las marcas de crecimiento fueran consistentes en su localización dentro del patrón de marcado de los otolitos. Para ello, se midió el radio ancho de cada uno de los

were immersed in 90% glycerin at least 24 h before observation. Otolith readings were made under a binocular microscope at 10X and using reflected light on a black background.

Validation of otolith readings was made under three criteria: 1) the relation between otolith and fish sizes, 2) the marking periodicity, and 3) the consistency of the marking pattern.

To study the relationship between otolith and fish sizes, the entire total length (TL) range of fish was divided into 40 mm strata. From each interval, 20 organisms were randomly subsampled and the right sagitta was measured determining the following dimensions: 1) maximal length, 2) maximal width, 3) radial length, and 4) radial width (Fig. 2). Linear,  $\underline{Y} = a + b \underline{X}$ , and power,  $\underline{Y} = a \underline{X}^b$ , functions were fitted to the data, where  $\underline{Y}$  is the fish TL and  $\underline{X}$  an otolith measurement. Regressions were made by traditional least squares for the linear function and by the Marquardt non-linear iterative method for the power function (Draper and Smith, 1981). Fit comparisons were based on the determination coefficients ( $R^2$ ).

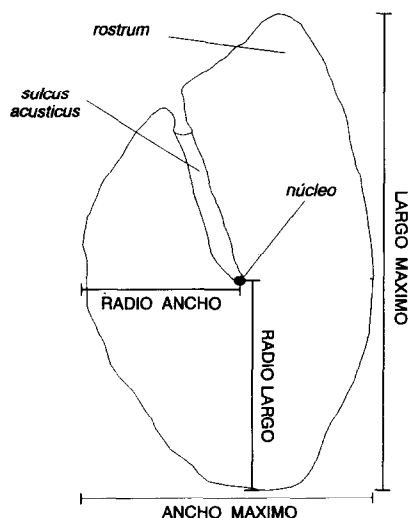
To study the periodic deposition of growth-marks in the otolith, the nature of the margin of 30 otoliths was determined for each month. Periodicity was inferred from the number of modes present in the curve of monthly percentages of translucent margins. The period of growth-mark deposition was compared with that of reproductive activity reflected in the monthly average of the gonadosomatic index (GSI), computed as (Nikolsky, 1963):

$$\text{GSI} = [\text{gonad weight (g)}/\text{total weight (g)}] * 100$$

The last validation step was to verify that the growth-marks observed showed a consistent location within the marking pattern of the otolith. For this purpose, the radial width of each growth ring, of the otoliths used for determining the fish length-otolith size relationship, was measured and the frequency distribution of the radii was plotted independently for each age class using 0.5 mm intervals.

## RESULTS

The relationship between otolith and fish size was studied on data from 357



**Figura 2.** Esquema de un otolito de huachinango mostrando los ejes y las extensiones de las cuatro mediciones determinadas.

**Figure 2.** Schematic of an otolith showing the axes and extent of the measurements taken.

anillos de crecimiento de los otolitos considerados para la relación otolito-peíz y se graficó, para cada edad, la frecuencia de los radios de cada anillo translúcido en intervalos de 0.5 mm de amplitud.

## RESULTADOS

Para analizar la relación entre el tamaño del otolito y del pez, se examinaron los otolitos de 357 organismos que midieron entre 102 y 992 mm de LT. Las regresiones de las dimensiones máximas de estas estructuras (ancho y largo) presentaron mayores  $R^2$  que los radios correspondientes y, en todos los casos, la magnitud de dichos coeficientes mostró que el crecimiento de los otolitos está estrechamente ligado al de los organismos (tabla 1).

De acuerdo con estos resultados, la relación entre el tamaño del otolito y la talla del pez podría ser descrita satisfactoriamente tanto por el modelo lineal como por el multiplicativo. Sin embargo, el que las ordenadas en el origen del modelo lineal sean tan diferentes de cero y negativas provoca que las tallas calculadas se encuentren sistemáticamente subestimadas para organismos con

organismos midiendo desde 102 hasta 992 mm TL. Las regresiones que involucran las dimensiones máximas de los otolitos (ancho y largo) arrojaron mayores  $R^2$  que las mediciones radiales. En todos los casos, la magnitud de los coeficientes indicó que el crecimiento del otolito está íntimamente relacionado con el crecimiento del pez (tabla 1).

Basado en los coeficientes, la relación entre el otolito y el crecimiento del pez puede describirse con una función lineal o de potencia. El pequeño y negativo intercepto de las ecuaciones lineales, sin embargo, provocó que la longitud calculada del pez fuera drásticamente subestimada en organismos menores de 200 mm TL, y predijo longitudes negativas para otolitos con un ancho radial menor de 1.2 mm. La función de potencia, por otro lado, tiene un potencial de ajuste mucho mayor a estas pequeñas tallas (Fig. 3).

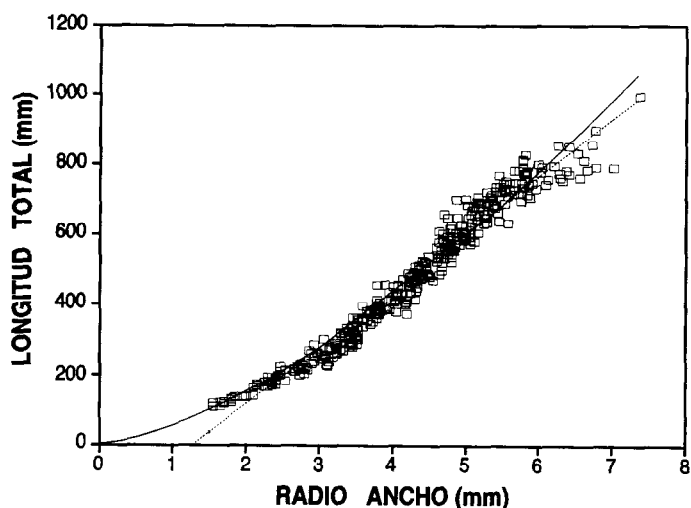
Los 360 organismos utilizados en el análisis de la periodicidad de la deposición de marcas variaron entre 150 y 690 mm TL. El porcentaje mensual de otolitos con bordes translúcidos durante el año produjo una curva unimodal (Fig. 4). Por lo tanto, las marcas de crecimiento observadas en los otolitos se depositan anualmente y su número refleja la edad del pez expresada en años.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos en las regresiones de la longitud total del huachinango con las medidas de sus otolitos.

**Table 1.** Results of the regressions of the Pacific red snapper total length and the otolith measurements.

Medida del otolito	Modelos					
	Lineal			Potencial		
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
Largo máximo	-243.41	82.04	97.24	14.35	1.60	97.50
Ancho máximo	-174.06	44.56	96.06	10.99	1.40	95.70
Radio largo	-139.82	80.14	95.73	31.29	1.32	95.50
Radio ancho	-207.04	161.99	94.74	55.00	1.48	94.58

Nota: Todos los R<sup>2</sup> son significativos (P < 0.01).



**Figura 3.** Relación entre longitud total y radio ancho del otolito de *Lutjanus peru* (— modelo multiplicativo, --- modelo lineal).

**Figure 3.** Relationship between total length and radial width of the otolith of *Lutjanus peru* (— power function, --- linear function).

longitudes menores de 200 mm e inclusive que sean negativas en aquéllos con otolitos menores de 1.2 mm de radio ancho. Por el contrario, el modelo multiplicativo ofrece mayor posibilidad de ajuste en estas tallas (Fig. 3).

Los 360 otolitos utilizados para determinar la periodicidad del marcado pertenecieron a individuos que midieron entre 150 y 690 mm de LT. La curva de variación del porcentaje

The curve indicates that the period of slow growth and mark deposition was from May to September, when the percentage of otoliths with translucent margin was above 25%, which represents more than 1/4 of the modal percentage of 76.7% occurring in July.

The monthly variation of the GSI revealed the coincidence of the spawning period with that of growth-mark deposition; both curves peaked in July (Fig. 4).

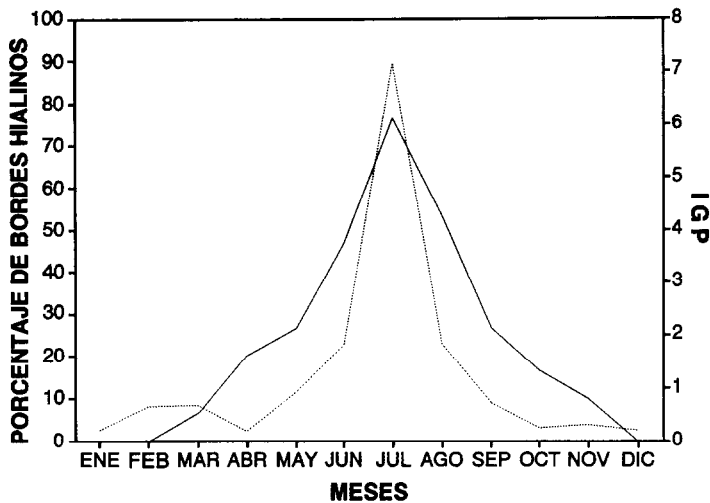


Figura 4. Variación mensual del porcentaje de otolitos con borde translúcido (—) y del IGP (---) de *Lutjanus peru*.

Figure 4. Monthly pattern of variation of the percentage of otoliths with translucent margin (—) and GSI (---) of *Lutjanus peru*.

de bordes translúcidos a lo largo del año fue unimodal, por lo que las marcas observadas en los otolitos de huachinango se depositan anualmente y su suma representa la edad del organismo, expresada en años (Fig. 4).

La marcación de los otolitos se verificó principalmente entre los meses de mayo y septiembre, periodo en que el porcentaje mensual de otolitos con borde translúcido fue superior a 25%, que representa más de la cuarta parte del valor modal obtenido en julio, de 76.7%.

La variación mensual del IGP indicó que el periodo de actividad reproductiva coincide con el de marcación de los otolitos, además de que presenta el valor máximo en julio cuando el porcentaje de otolitos con borde translúcido es mayor (Fig. 4).

En la etapa de validación correspondiente a la consistencia en el marcado, se consideraron los *annuli* de organismos entre 1 y 10 años, pues los organismos mayores se encontraron poco representados en la submuestra y los anillos periféricos de sus otolitos estaban demasiado cercanos unos de otros para medirlos con precisión. El patrón de marcado de los otolitos de huachinango fue constante, independientemente de la edad del organismo (Fig. 5).

La consistencia en el marcado se refleja en que cada anillo muestra una curva unimo-

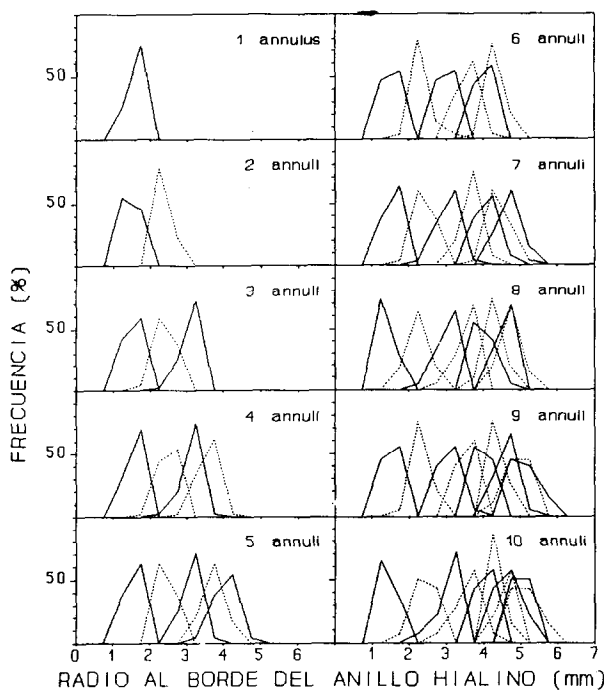
Regarding the consistency of the otolith marking pattern, only organisms from 1 to 10 years old were used in the analysis since older fishes were not adequately represented in the subsample and the last deposited annuli in their otoliths were too close together to be measured accurately. The marking pattern of the red snapper otoliths was found to be consistent, irrespective of the fish age (Fig. 5).

The consistency of the marking pattern is reflected in that all annuli present a unimodal distribution whose position on the X-axis is maintained among organisms of different ages. As expected, the overlap of the curves increases for successive annuli as a result of the decreased fish growth and otolith calcification rates as the organism grows older.

## DISCUSSION

The use of anatomical structures for age determination requires the confirmation that the marks considered indeed reflect the periodic variation of growth rates. This validation is more important in tropical fishes, since they tend to deposit checks in their hard structures which are not formed periodically (Brothers, 1979).

Establishing the relationship between fish growth and that of the ageing structure is an essential step for back calculation



**Figura 5.** Distribución de frecuencias de los *annuli* de organismos de 1 a 10 años (— *annuli* impares, --- *annuli* pares).

**Figure 5.** Frequency distributions of annuli radial widths of organisms 1 to 10 years old (— odd numbered annuli, --- even numbered annuli).

dal cuya posición sobre el eje de las abscisas es la misma en organismos con edades diferentes. Como es de esperarse, el traslape entre las curvas aumenta para los anillos sucesivos, a consecuencia de las menores tasas de crecimiento del pez y de calcificación del otolito, al avanzar la edad.

## DISCUSION

Para utilizar cualquier estructura anatómica en la determinación de la edad, es necesario comprobar que las marcas consideradas reflejan las variaciones periódicas de las tasas de crecimiento. Esta validación adquiere mayor importancia en los peces tropicales, ya que éstos suelen presentar marcas que no son de crecimiento y que deben distinguirse de las que se forman a intervalos de tiempo regulares (Brothers, 1979).

Establecer la relación que guardan el crecimiento del pez y el incremento en tamaño de la estructura utilizada para determinar su edad es un paso indispensable del retrocálculo

(Manooch, 1987). The fact that the maximal dimensions of the otoliths yielded higher  $R^2$  than the radial is probably related to the fact that the latter involve the visual location of the nucleus, which introduces an additional source of variation.

Even though the linear fit produced higher  $R^2$  in three of the otolith dimensions studied, the systematic underestimation of the fish length at the lower end of the range and the negative values it predicts indicate that otolith growth is not proportional to fish growth. On the other hand, because of its mathematical formulation, the power function crosses both axes at the origin which makes it a better candidate for describing the relationship between both variables. The allometry observed between otolith and fish sizes is a consequence of the fact that the growth rate in length of these bones decreases faster than that of the fish as it ages. This can be attributed to the calcareous deposition taking place predominantly on the external surface of the otolith as it grows (Beamish and



a edades pretéritas (Manooch, 1987). El que las regresiones de las medidas máximas de los otolitos de huachinango presentaran mayores  $R^2$  que los radios puede ser consecuencia de que la medición de estos últimos precisa la localización del núcleo del hueso, la cual constituye una fuente de variación adicional.

Si bien se obtuvieron mayores  $R^2$  en los ajustes del modelo lineal en tres de las cuatro medidas del otolito, la subestimación sistemática de la longitud de organismos pequeños que provoca este modelo y los resultados irreales que predice indican que la relación entre el crecimiento de los otolitos y el del pez no es lineal. Por otra parte, el que el modelo multiplicativo cruce ambos ejes en el origen y no sobre el eje de las abscisas, como lo hace el lineal, permite una descripción más probable de la relación entre ambas variables. La alometría observada en la relación otolito-pez es reflejo de que la tasa de crecimiento en longitud de estos huesos disminuye en mayor proporción que la del organismo al avanzar la edad, lo cual es atribuible a que el depósito de material calcáreo ocurre sobre todo en su superficie externa (Beamish y McFarlane, 1987).

Esto tiene un efecto sobre la determinación de la edad, ya que entre más acentuada sea la diferencia entre las tasas de crecimiento de los otolitos y de los peces, la confiabilidad de la determinación de la edad disminuirá para las edades mayores, como sucede en varias especies de lenguados (Williams y Bedford, 1973).

En el caso de las relaciones estudiadas, el grado de alometría está dado por la magnitud del exponente de la relación multiplicativa y será menor conforme este valor se acerque a la unidad. Los exponentes obtenidos para el huachinango fueron similares a los encontrados en otros lutjánidos: 1.34 para *Lutjanus griseus* (Manooch y Matheson, 1981), 1.43 para *L. synagris* (Manooch y Mason, 1984) y 1.62 para *Ocyurus chrysurus* (Manooch y Drennon, 1987).

La formación de las marcas de crecimiento de especies tropicales ha sido relacionada con la actividad reproductiva (Manickchand-Heilman y Kenny, 1990; Beckman *et al.*, 1991). En el caso de la población de *L. peru* de este trabajo, también se observó una coincidencia entre la marcación del otolito y la reproducción. Asimismo, Aguilar Salazar (1986) encontró que las escamas de huachi-

McFarlane, 1987). This has a direct effect on the age determination since the higher the difference between the growth rate of the otolith and that of the fish, the quality of the age determination will decrease for the older fishes, such as in several species of flatfishes (Williams and Bedford, 1973).

The degree of allometry is measured by the value of the exponent of the power function and decreases as it gets closer to 1. The exponent values found for the Pacific red snapper are similar to those reported for other snappers: 1.34 for *Lutjanus griseus* (Manooch and Matheson, 1981), 1.43 for *L. synagris* (Manooch and Mason, 1984) and 1.62 for *Ocyurus chrysurus* (Manooch and Drennon, 1987).

The marking of hard structures of tropical fishes has been previously correlated with the period of reproductive activity (Manickchand-Heilman and Kenny, 1990; Beckman *et al.*, 1991). This correlation was also found in the population of *L. peru* studied in the present paper. Similarly, Aguilar-Salazar (1986) found that the circuli observed in the scales of the Pacific red snapper from Michoacán, Guerrero and Oaxaca were deposited in September and April, coinciding with the mass spawning activities in these localities.

Even though the deposition of the translucent ring in the Pacific red snapper occurred simultaneously with the reproductive peak, the former took place in both mature adults and immature juveniles. This has been observed in other tropical fishes for which it has been suggested that annulus deposition is not necessarily a direct consequence of the reproductive activity (Barger, 1985; Beckman *et al.*, 1991).

At any rate, even if correlations of the period of mark deposition with endogenous or exogenous cycles do not necessarily prove causal relationships, they help to establish the biological bases for the presence of the observed marks (Brothers, 1979).

The frequency distribution of the annuli radii is usually represented by a unimodal curve for each growth-ring, which is an indicator of the consistency of the marking pattern for the ages considered in the analysis. This method is usually useful for fishes up to 10 years old (Manooch, 1987).

Similar to the results found in *Lutjanus campechanus* (Nelson and Manooch, 1982)

nango se marcan en septiembre y abril, meses en los que se presentan las épocas de desove masivo en las costas de Michoacán, Guerrero Oaxaca.

Si bien el periodo de formación del anillo translúcido coincidió con el de actividad reproductora, la marcación se verificó tanto en peces sexualmente maduros como en indiferenciados. Esto se ha observado en otras especies de peces tropicales en las que se ha sugerido que la formación de los *annuli* no es necesariamente consecuencia directa de la actividad reproductora (Barger, 1985; Beckman *et al.*, 1991).

En todo caso, aunque las correlaciones del periodo de marcación con ciclos endógenos o exógenos no establecen necesariamente relaciones causales, sí ayudan a establecer las bases biológicas de dicha marcación (Brothers, 1979).

La distribución de frecuencias de los radios a los *annuli* suele revelar la presencia de una moda para cada anillo de crecimiento que refleja la consistencia en el marcado de los otolitos para las edades consideradas en el análisis. Generalmente es útil hasta peces de diez años (Manooch, 1987).

Al igual que para las estructuras utilizadas en los estudios de *Lutjanus campechanus* (Nelson y Manooch, 1982) y *Ocyurus chrysurus* (Manooch y Drennon, 1987), los otolitos de *L. peru* poseen un patrón de marcado bien definido y similar en peces de edades diferentes. Esto comprueba que los anillos considerados de crecimiento se depositan, dentro de ciertos límites, en sitios recurrentes de la estructura. De esta forma, la disminución de la tasa de crecimiento del pez se ve reflejada en dicho patrón en la forma de un mayor traslape entre las curvas al avanzar la edad y en la disminución del distanciamiento entre las modas de los *annuli* sucesivamente mayores.

Del análisis de los criterios de validación se desprende que la determinación de la edad de *L. peru* mediante sus otolitos es válida, por lo que puede utilizarse para estudiar el crecimiento de la especie.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica de la Secretaría de Educación Pública, mediante los convenios

and *Ocyurus chrysurus* (Manooch and Drennon, 1987), *L. peru* otoliths exhibited a well defined and consistent marking pattern for fishes of different ages. This indicates that the growth rings are deposited at recurrent places in the structure. Hence, the decrease in the fish growth rate is reflected in both 1) an increasing overlap in the curves of successive rings and 2) the decreasing distance between successive modes in older organisms.

From the analysis of the different validation criteria used in this study, we have shown that otolith ageing of *L. peru* is a valid procedure and, therefore, such age determinations can be used to study the growth of the species.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by DGICSA-SEP grants C89-01-0191 and C90-01-0406 to Juan F. Elorduy Garay. We thank Juan F. Elorduy Garay for his participation during the initial part of the study. The first draft of the manuscript benefitted from the comments of David A. Siqueiros Beltrones and Juan G. Díaz Uribe, and subsequently from those of two anonymous reviewers. We also thank Russel D. Vetter for his comments on the English version.

English translation by the authors.

---

C89-01-0191 y C90-01-0406 con Juan F. Elorduy Garay. La investigación se enmarcó en el proyecto Biología de Peces de Importancia Comercial en la Bahía de La Paz, B.C.S., del Departamento de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Agradecemos la participación de Juan F. Elorduy Garay en las primeras fases del trabajo. Asimismo, agradecemos las sugerencias hechas por David A. Siqueiros Beltrones y por Juan G. Díaz Uribe al primer borrador del manuscrito, así como las de dos revisores anónimos.

#### REFERENCIAS

Aguilar Salazar, F.A. (1986). Determinación de la edad y estimación de la tasa de crecimiento del huachinango del Pacífico mexicano *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922), por el método de lec-

- tura de escamas. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, **Universidad Nacional Autónoma de México**, 74 pp.
- Barger, L.E. (1985). Age and growth of Atlantic croakers in the northern Gulf of Mexico, based on otolith sections. **Trans. Amer. Fish. Soc.**, 114: 847-850.
- Beamish, R.J. and McFarlane, G.A. (1987). Current trends in age determination methodology. In: R.C. Summerfelt and G.E. Hall (eds.), **Age and growth of fish**. Iowa State University Press, Ames, pp. 15-42.
- Beckman, D.W., Stanley, A.L., Render, J.H. and Wilson, C.A. (1991). Age and growth rate estimation of sheepshead *Archosargus probatocephalus* in Louisiana waters using otoliths. **Fish. Bull.**, 89: 1-8.
- Brothers, E.B. (1979). Age and growth studies on tropical fishes. In: S.B. Salia and P.H. Roedel (eds.), **Stock assessment for tropical small fisheries. Proceedings of International Workshop Hall**, University of Rhode Island, Kingstone, Rhode Island, pp. 119-136.
- Campana, S.E. and Neilson, J.D. (1985). Microstructure of fish otoliths. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, 42(5): 1014-1032.
- Carmona, R., Elorduy, J. y Guzmán, J. (1988). Abundancia mensual de *Fregata magnificens* en la Bahía de La Paz, B.C.S. e hipótesis sobre su patrón de dispersión. **Memorias VII Simposium de Biología Marina**, La Paz, B.C.S., junio 1988.
- Castro, C.F. (1981). Determinación de la edad y crecimiento (*Lutjanus peru*). **Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa**, 1: 4-8.
- Draper, N.R. and Smith, H. (1981). **Applied regression analysis**. 2nd ed., John Wiley, New York, 709 pp.
- Goodson, G. (1988). **Fishes of the Pacific Coast. Alaska to Peru, including the Gulf of California and the Galapagos Islands**. Stanford University Press, Stanford, 267 pp.
- Manickchand-Heilman, S.C. and Kenny, J.S. (1990). Reproduction, age, and growth of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest 1823) in Trinidad waters. **Fish. Bull.**, 88: 523-529.
- Manooch, C.S. III (1987). Age and growth of snappers and groupers. In: J.J. Polovina and S. Ralston (eds.), **Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management**. Westview Press Incorporated, Boulder, Colorado, pp. 329-374.
- Manooch, C.S. III and Drennon, C.L. (1987). Age and growth of yellow-tail snapper and queen triggerfish from the U.S. Virgin Islands and Puerto Rico. **Fish. Res.**, 6: 53-68.
- Manooch, C.S. III and Mason, D.L. (1984). Age, growth and mortality of lane snapper from southern Florida. **North-east Gulf Science**, 7(1): 109-115.
- Manooch, C.S. III and Matheson, R.H. III (1981). Age, growth and mortality of gray snapper collected from Florida waters. **Proceedings of the Annual Conference of the Southeast Association of Fish & Wildlife Agencies**, 35: 331-344.
- Nelson, R.S. and Manooch, C.S. III (1982). Growth and mortality of red snappers in the West-Central Atlantic Ocean and Northern Gulf of Mexico. **Trans. Amer. Fish. Soc.**, 111: 465-475.
- Nichols, J.T. and Murphy, R.C. (1922). On a collection of marine fishes from Peru. **Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.**, 46(9): 501-516.
- Nikolsky, G.V. (1963). **The ecology of fishes**. Academic Press, New York, 352 pp.
- Ramírez-Rodríguez, M. y Rodríguez-Medrano, C. (1990). Composición específica de la captura artesanal de peces en la Isla Cerralvo, B.C.S., México. **Investigaciones Marinas CICIMAR**, 5(2): 137-141.
- Ruiz-Luna, A., Girón, E., Madrid, J. y González, A. (1985). Determinación de edad, crecimiento y algunas constantes biológicas del huachinango del Pacífico, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922). **Memorias VIII Congreso Nacional de Zoología**, Saltillo, Coahuila, pp. 188-201.
- Thomson, D.A., Findley, L.T. and Kerstitch, A.N. (1987). **Reef fishes of the Sea of Cortez**. The University of Arizona Press, Tucson, 302 pp.
- Williams, T. and Bedford, B.C. (1973). The use of otoliths for age determination. In: T.B. Bagenal (ed.), **The ageing of fish**. Unwin Brothers Limited, Surrey, pp. 114-123.