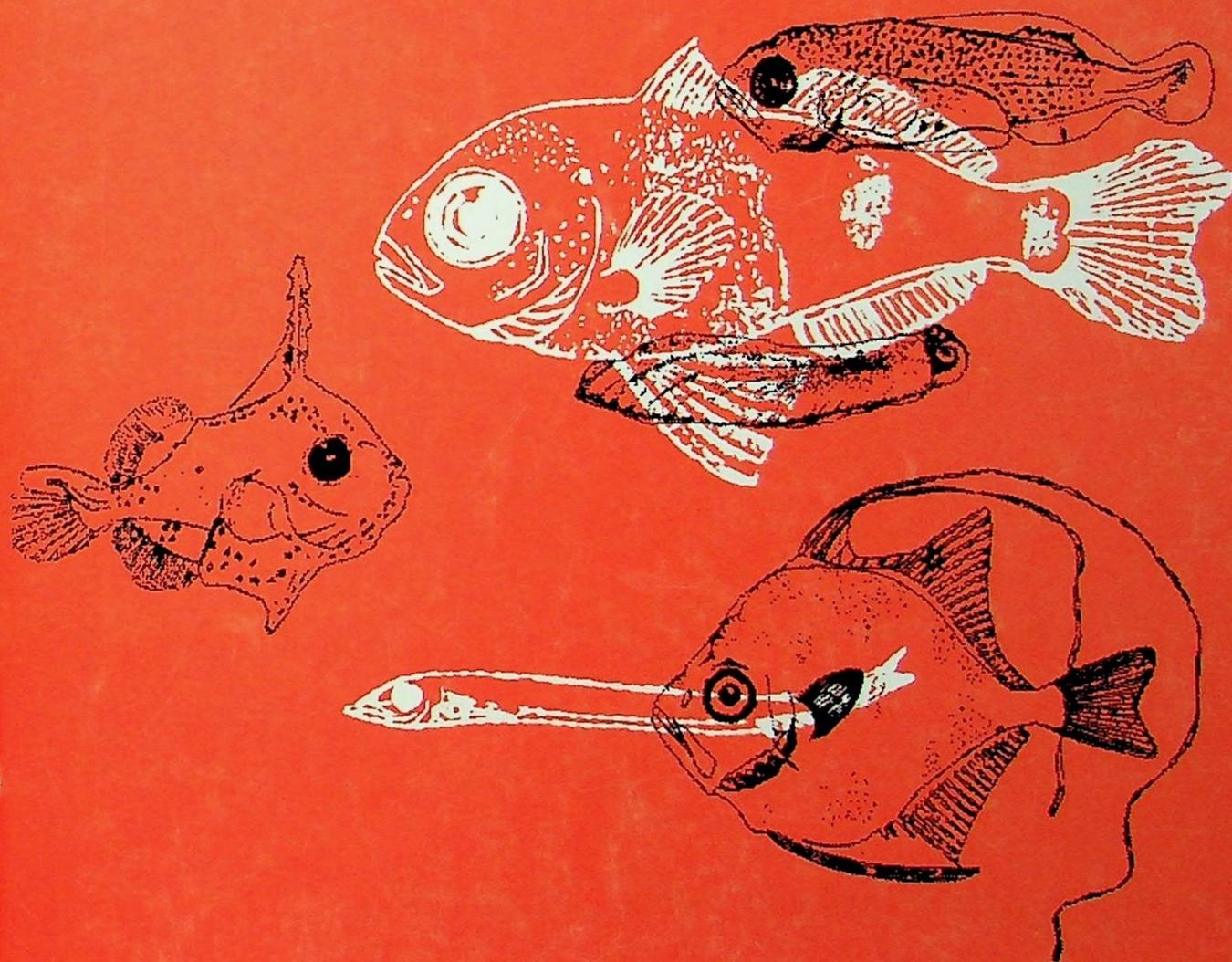


Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Nº 26



COMITE EDITOR

Dr. Juan Cancino
Director responsable

Dr. Mario George-Nascimento
Editor jefe
FAX 056-41-482506

COMITE ASESOR

Dr. Ramón Ahumada
U. Católica Sma. Concepción

Ing. Patricio Arana
U. Católica Valparaíso

Dr. Hugo Arancibia
Universidad de Concepción

Prof. Nibaldo Bahamonde
U. de Chile

Lic. Italo Campodónico
Subsecretaría de Pesca

Dr. Juan Carlos Castilla
Pontificia U. Católica de Chile

Lic. Javier Chong
U. Católica Sma. Concepción

Dr. Gonzalo Gajardo
U. de Los Lagos

Dr. Ricardo Galleguillos
Universidad de Concepción

Dr. Patricio Ojeda
Pontificia U. Católica de Chile

Dr. Bernabé Santelices
Pontificia U. Católica de Chile

Ing. Eleuterio Yáñez
U. Católica Valparaíso

Editor de producción: **Sr. Cristian Cáceres**

© Universidad Católica de la Santísima Concepción. 1991. ISSN N° 0067-8767.
Todo manuscrito, solicitud de canje, compra y correspondencia en general debe ser dirigida a:

Editor Jefe
Revista Biología Pesquera
Universidad Católica de la Santísima Concepción
Casilla 297 - Concepción. Fax 056-41-482506
CHILE

Subscription: US\$ 15 per issue, surface mail (US\$ 20 air mail).
Subscripción en Chile: \$ 6.000 Anuales.

Biología Pesquera

POLITICA EDITORIAL

BIOLOGIA PESQUERA es una revista científica que en el ámbito regional latinoamericano tiene por objeto publicar los resultados de investigaciones biológicas, pesqueras, ecológicas, limnológicas, oceanográficas y de ingeniería, orientadas a incrementar las bases científicas para el manejo y utilización de los recursos acuáticos vivos. Se publicarán preferentemente trabajos referidos al Pacífico Suroriental y Océano Austral (Antártica). Los idiomas de publicación son español e inglés.

La responsabilidad de la gestión editorial de BIOLOGIA PESQUERA recae en la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Concepción, Chile) a contar del N° 20 (diciembre 1991).

EDITORIAL POLICY

BIOLOGIA PESQUERA is a scientific journal that in the Latin American region has the purpose of publishing results either from biological, fisheries, ecological, limnological, oceanographic or engineering research oriented to increase the scientific bases for the management and exploitation of aquatic living resources. The journal will give priority to publish manuscripts referring to both, the Southeastern Pacific and Antarctic Ocean. Submission can be made in Spanish or English.

The managing editorialship of BIOLOGIA PESQUERA is an effort of the Faculty of Sciences of the Universidad Católica de la Santísima Concepción (Concepción, Chile) since Number 20 (December 1991).



FONDO DE PUBLICACION
VICERRECTORIA ACADEMICA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

ISSN 0067 - 8767



INDICE N° 26

1997

González, J., I. Meneses y J. Vázquez

Field studies in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing: Seasonal and spatial variations in life-cycle phases. *Estudios de Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing en terreno: variaciones estacionales y espaciales en fases del ciclo de vida.

3 - 12

Pequeño, G. y J. Lamilla

Las pesquerías de condriictios en Chile: Primer análisis. *The fisheries of chondrichthyes in Chile: First analysis*.

13 - 24

Sáez, S. y J. Lamilla

Morfología y disposición de los dientes en una especie con heterodontía sexual: *Raja (Dipturus) chilensis* Guichenot, 1848. *Morphology and arrangement of the teeth in a species with sexual heterodonty: Raja (Dipturus) chilensis Guichenot, 1848*.

25 - 41

Lizarralde, I.

Monthly changes in mussel spat (*Mytilus platensis* d'Orb.) settlement on artificial collectors in the San Jose Gulf, Argentina. *Variaciones mensuales en el asentamiento de semilla de mejillón (Mytilus platensis d'Orb.) sobre colectores artificiales en el Golfo San José, Argentina*. ...

43 - 48

Cubillos, L. y M. Araya

Retrocálculo del peso promedio a la edad: ¿es necesario?. *Back- calculation of weight at age: is it necessary?*

49 - 59

FIELD STUDIES IN *CHONDRACANTHUS CHAMISSOI* (C. AGARDH) KÜTZING: SEASONAL AND SPATIAL VARIATIONS IN LIFE-CYCLE PHASES

ESTUDIOS DE *CHONDRACANTHUS CHAMISSOI* (C. AGARDH) KÜTZING EN TERRENO: VARIACIONES ESTACIONALES Y ESPACIALES EN FASES DEL CICLO DE VIDA

Jorge González*, Isabel Meneses** y Julio Vásquez*

ABSTRACT

Chondracanthus chamissoi (C. Ag.) Kützing is a commercial resource in certain areas of the Chilean coast and is becoming increasingly important due to its food value in Asian countries. This species grows only in natural beds that require to be rationally exploited in order to avoid their depletion. Since the first step necessary to develop this exploitation is a knowledge of the dynamics of the populations, the study of seasonal and spatial variations in abundance and reproduction of a natural bed in the locality of Puerto Aldea has been carried out. Samples taken bimonthly at four different depths during an entire year resulted in the detection of a sharp seasonality of biomass of sterile as well as reproductive plants with its maximum in summer months due mainly to the increase in growth of plants rather than in density. Reproductive plants only contributed 30% of the total biomass. Reproductive sporophytes were more abundant throughout the year. Reproductive gametophytes and sporophytes behaved differently over depth, with cystocarpic plants being more abundant at shallower depths and tetrasporophytes showing no differences along the bathymetric profile. Nevertheless, phase ratios calculated considering sterile and reproductive plants resulted in a higher proportion of haploid (gametophytes) plants. Differences appear to be due to phase-specific behavior at early stages of development or to differential rates of attachment to the substrate by drifting frond pieces.

Key words: Gametophytes, sporophytes, seasonal variation, depth variation, phase ratio.

RESUMEN

Chondracanthus chamissoi (C. Ag.) Kützing es un recurso comercial en ciertas áreas de la costa chilena que se ha vuelto paulatinamente importante debido a su valor alimenticio en países asiáticos. Esta especie crece sólo en praderas naturales que requieren de manejo racional con el fin de evitar su sobreexplotación. Como el primer paso para desarrollar un sistema de manejo racional es el conocimiento de las dinámicas poblacionales, se ha realizado el estudio de variaciones estacionales y espaciales de la abundancia y reproducción de una pradera natural de esta especie ubicada en la localidad de Puerto Aldea. A partir de muestras bimensuales colectadas a cuatro profundidades distintas durante el curso de un año se detectó una marcada estacionalidad en la biomasa de plantas tanto estériles como reproductivas con un máximo en los meses de verano debido principalmente al crecimiento de las plantas más que a su densidad. Las plantas reproductivas sólo contribuyeron con el 30% de la biomasa total. Los esporofitos fértiles fueron los más abundantes a lo largo de todo el año. Gametofitos y esporofitos fértiles se comportaron de forma distinta con la profundidad, las plantas cistocárpicas fueron siempre más abundantes a profundidades someras, mientras que los tetrasporofitos no presentaron diferencias a lo largo del perfil batimétrico. Sin embargo, la proporción de fases calculada considerando plantas tanto estériles como fértiles reveló una proporción mayor de plantas haploides (gametofitos). Estas diferencias parecen deberse a un comportamiento específico para cada fase en las etapas tempranas de su desarrollo o bien a la adhesión diferencial al sustrato de frondas a la deriva.

Palabras clave: Gametofitos, esporofitos, variaciones estacionales, variaciones en profundidad, proporción de fases.

Fecha de recepción: 04 - 09 - 96. Fecha de aceptación: 07 - 04 - 97.

*Departamento de Biología Marina, Universidad Católica del Norte, Casilla 117, Coquimbo, Chile.

**Address for correspondence: Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

INTRODUCTION

Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing is present on the coasts of Perú and Chile (Santelices, 1989) forming subtidal beds (up to 15 m depth) in protected bays with hard (shells, pebbles, stones) substrata. This species is a carrageenan-producer, therefore commercially utilized in the elaboration of food and pharmacological products. In recent years, the direct consumption of this alga in Asian countries resulted in an increase in harvesting for exports.

In Chile, there are three main regions where *C. chamissoi* is produced: Caldera (27° 4' S, 70° 50' W), Bahía La Herradura (29° 58' S, 71° 22' W) and Tongoy (30° 15' S, 71° 35' W). None of these has man-made cultures and the estimates of production of the alga are based on the harvesting of natural beds. Two of these beds are located in the region comprised between 29 and 32° S, one of them is located at the South extreme of Tongoy bay next to Puerto Aldea, a small fishing village, and it has the highest extraction volumes (more than 120 metric tons year⁻¹) recorded for the region. Although *C. chamissoi* is one of the seasonal major economic resources for the people living in Puerto Aldea, the lack of knowledge about the dynamics of the algal population in this locality (and several others), frequently impacts on the production due to indiscriminate extraction.

The goal of this study is to describe the seasonal and spatial variations in abundance and reproductive behaviour of the *C. chamissoi* population of Puerto Aldea, which could be helpful in order to develop and apply a management plan for this resource at this locality.

MATERIALS AND METHODS

All measurements were made in *C. chamissoi* beds located at Puerto Aldea (30° 16' S, 71° 38' W) a fishing cove at the southward end of Tongoy Bay (Fig.1). The study area comprises the bathymetric limits of the *C. chamissoi* beds between 4 and 10 m of depth.

Samples were taken in stations located at 4, 6, 8 and 10 m deep. Stations were marked with buoys along each of three 50 m long transects perpendicular to the shore line. Estimation of

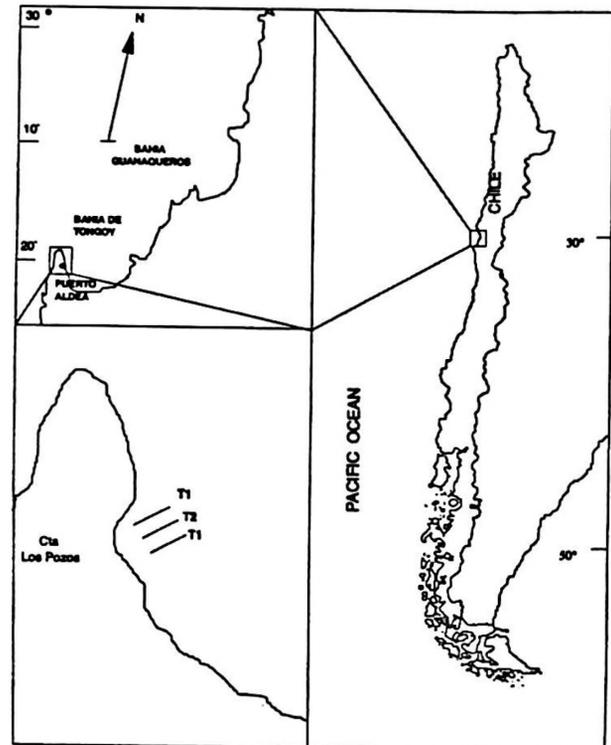


Figure 1. Study site located at Puerto Aldea (30°16' S; 71° 38' W) calm cove within a larger bay (Tongoy).

Sitio de estudio ubicado en Puerto Aldea (30°16' S; 71° 38' W), caleta protegida al interior de una bahía de mayor tamaño (Tongoy).

abundance, size frequency and reproductive stage of plants was done by removing all plants included in two quadrats of 25 cm side (at opposite sides of the transect line) at each depth station. Samples were taken bimonthly from November 1991 until November 1992 by SCUBA diving. The corresponding 24 samples of each month were carried to the laboratory in labelled plastic bags and frozen until later manipulation.

Reproductive (those with visible reproductive structures) and non-reproductive fronds were washed and weighed separately in the laboratory. To standardize the rather complex morphology of *C. chamissoi*, only those fronds found attached to a single basal disc were considered belonging to the same individual in order to evaluate total density as well as density of reproductive plants. Therefore, density is expressed in algal units per square meter, where different algal units correspond to the

longest fronds attached to different and independent basal discs. The length of the longest frond within each individual was measured and plants were classified into one of the four length classes: less than 4 cm, 4.1 to 8 cm long, 8.1 to 12 cm long and longer than 12 cm.

A subsample of 90 sterile plants (ranging between less than 4 cm and 16 cm long) for each sampling station was taken bimonthly and separated into haploid and diploid thalli according to the acetal-resorcinol reaction (Craigie & Pringle, 1978) in order to evaluate the phase ratio of the population. Reproductively mature material of each phase was used as a control.

Results were submitted to a Bartlett's test of homogeneity of variance. AG-test (Steel & Torrie 1988) was used to compare the phase ratios recorded in time and depth. Density and biomass values were analysed with a multifactorial ANOVA (Sokal & Rohlf, 1981) and a *a posteriori* Tukey test.

RESULTS

Seasonal distribution of plant biomass

C. chamissoi occupied most of the available substratum of the cove all year round. Figure 2A shows the patterns of total biomass and biomass of reproductive plants in time. A two-way ANOVA between depth and time (months) shows significance of total biomass along the sampling time, at different depths, and at the interaction of the two variables. A sharp seasonality is detected in total biomass with a maximum in January decreasing significantly ($P < 0.01$) during the winter months until a minimum was reached in July. In the month of September biomass increased again and reached, in November of the second year, a significantly higher value than in the same month of the preceding year.

Reproductive plants did not show significant variation in biomass between the two phases in their seasonal pattern except in January (Fig. 2A), when tetrasporic plants had an average biomass value of 62 g m^{-2} whereas cystocarpic plants had a biomass of 30 g m^{-2} . Although January was the month with the greatest biomass of reproductive plants, both

phases contributed only with 30% of the total population biomass. Reproductive plants decreased in biomass during the winter months disappearing in September (spring). Both phases increased again during November of the second year although not reaching the values observed in January.

Seasonal distribution of plant density

The only significant changes ($P < 0.01$) in total density of plants were detected in both years during November (Fig. 2B). The increase between November of the first year and January of the second year (ca. $60 \text{ algal units m}^{-2}$) was due to the increase recorded at 6 m depth (see

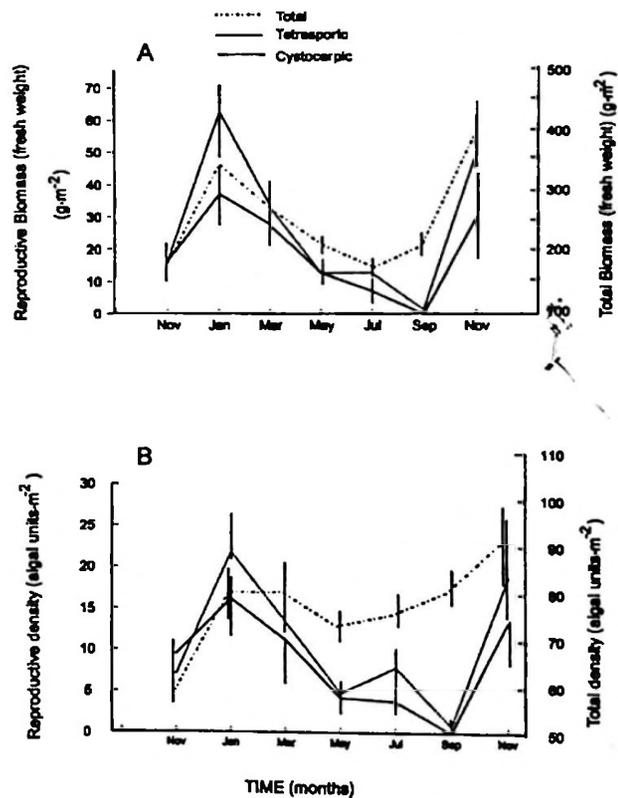


Figure 2. Seasonal variations in biomass (A) and (B) density of *C. chamissoi*. Left-side axis corresponds to variations in reproductive plants and right-side axis corresponds to total variations. Bar = 2 standard errors.

Variaciones estacionales en (A) biomasa y (B) densidad de *C. chamissoi*. Eje del lado izquierdo corresponde a variaciones de plantas reproductivas y eje de lado derecho corresponde a variaciones totales. Barra = 2 errores estándar.

Fig 4), whereas the increase from September to November corresponded to an increase detected at 4 m depth (see Fig. 4). During the rest of the months, densities did not change significantly contrasting with the variations in biomass.

Density of reproductive plants of both phases had the same trend with time as biomass (Fig. 2B). Tetrasporic plants were significantly more abundant than cystocarpic plants only in January without significant differences in the rest of the sampling months.

Bathymetric and seasonal variation of total biomass and biomass of reproductive plants

Total biomass showed a reduction of almost half its average value between depths of less than 6 m and those deeper than 6 m (Fig. 3A). These differences were mainly due to the large biomass observed at 4 m during January and March and at 6 m during September and November of the second year. These seasonal variations were not detected at lower depths (8 and 10 m) where, in addition to a more uniform distribution of biomass along the seasons, this never reached values higher than 400 g m^{-2} . This trend was partially followed by cystocarpic plants, except that the second maximum of biomass was not at 6 but at 4 m depth during November of the second sampling year (Fig. 3B). Biomass of tetrasporic plants (Fig. 3C) was also significantly different depending on the season of the year and the sampling depth ($P < 0.01$), although these plants behaved similarly at 6 and 8 m depth, however differing from March to May (fall). The general seasonal pattern is similar with the maxima of all type of plants at the beginning and the end of the year, although at the beginning of the year the maximum biomass of each reproductive phase was observed at different depths.

Bathymetric and seasonal variation of total density and density of reproductive plants

The total density of plants (Fig. 4A) remained constant throughout the year at 8 and 10 m depth (50 - 60 and 20 - 40 algal units m^{-2} respectively). The seasonal maxima showed by this parameter at 4 and 6 m depth are the

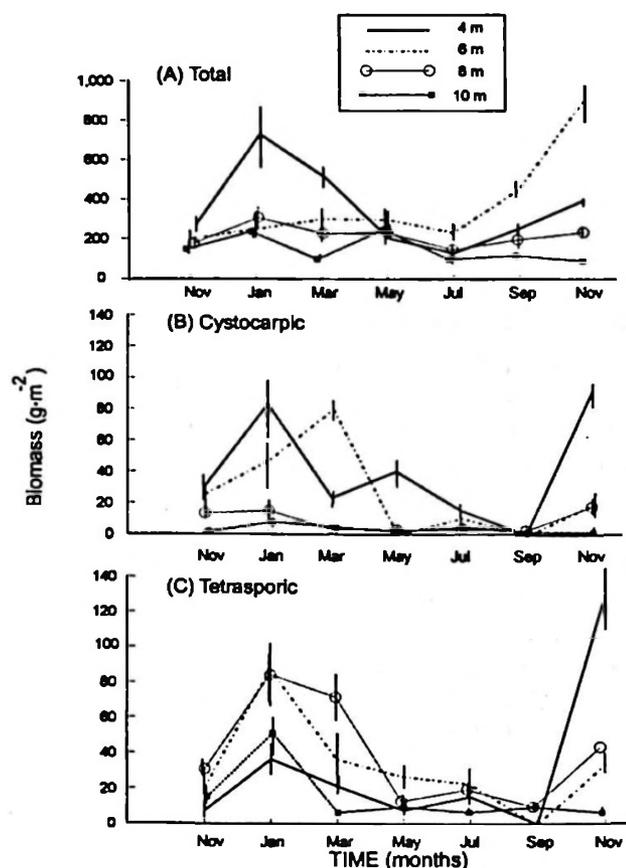


Figure 3. Bathymetric variations in seasonal biomass of *C. chamissoi*. (A) total, (B) cystocarpic and (C) tetrasporic fronds. Bar = 2 standard errors.

Variaciones batimétricas en biomasa estacional de *C. chamissoi*. (A) Frondas totales, (B) cistocárpicas y (C) tetraspóricas, Barra = 2 errores estándar.

opposite than that observed with biomass (Fig. 4A). This indicates that while at 4 m depth plants are large at the beginning of the year (high biomass and low density), the maximum in density at 6 m is represented by small plants. On the other hand, at the end of the year, plants are small at 4 m and large at 6 m. Lower and more uniform densities throughout the year were detected at 8 and 10 m of depth.

The density of reproductive plants (Figs. 4B, 4C) had the same seasonal pattern as the total density for both tetrasporic and cystocarpic plants, with a significant displacement ($P < 0.01$) from January to March in the maximum at 6 m depth. In general, cystocarpic plants were less numerous than tetrasporic plants. Samples taken at 8 and 10 m depth (Figs. 4B, 4C) showed

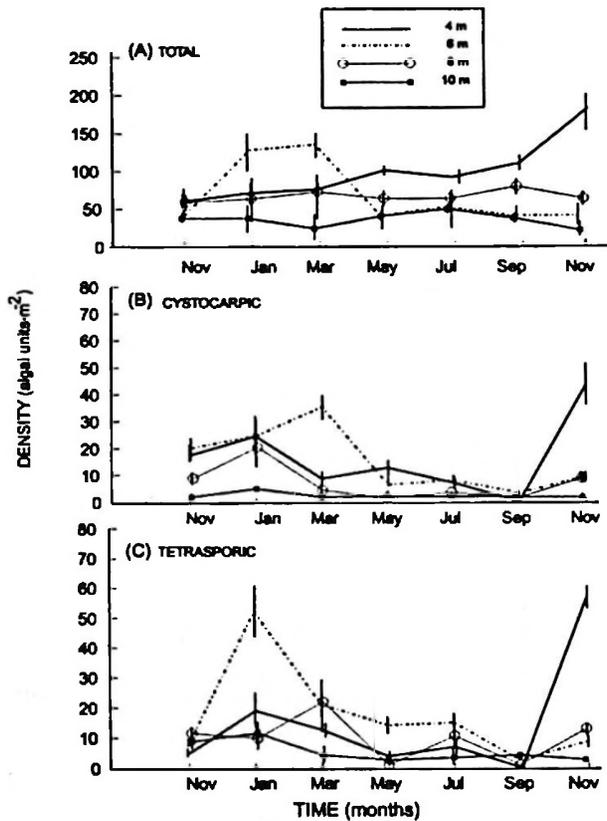


Figure 4. Bathymetric variations in seasonal density of *C. chamissoi*. (A) total, (B) cystocarpic and (C) tetrasporic fronds. Bar = 2 standard errors.

Variaciones batimétricas en densidad estacional de *C. chamissoi*. (A) Frondas totales, (B) cistocárpicas y (C) tetraspóricas, Barra = 2 errores estándar.

that cystocarpic as well as tetrasporic density displayed a detectable increase in January.

Seasonal and spatial frequency distribution of frond length for total and reproductive plants

The frequency of longer fronds, considering all fronds sampled independently from depth, was significantly greater ($P < 0.05$) during summer months (Fig. 5) than winter months. Fronds over 8 cm long had the highest percentage in January and November 1992, with fronds smaller than 4 cm increasing in proportion towards wintertime representing 40% of the population by July.

Reproductive fronds of each phase followed

a similar pattern in frond length frequency distribution as total fronds (Figs. 5B, 5C), nevertheless, they were always larger-sized than plants with no reproductive structures ($P < 0.05$). Reproductive fronds were usually over 4 cm long and this fact became more evident between May and November. During most of the year cystocarpic fronds showed a greater proportion of longer fronds than tetrasporic ones, except in July ($P < 0.05$) when there were no significant differences in size between phases. Figure 6 shows the frequency distribution of frond length in relation to depth depicting the increase in proportion of shorter fronds with increasing depth, with fronds less than 8 cm being more frequent at lower depths (Fig. 6). Frequency distribution of frond length of reproductive plants had a similar trend, although with differences between phases. At 10 m of depth (Fig. 6B), cystocarpic fronds were less than 8 cm long.

Gametophyte/sporophyte ratio of fertile and sterile plants

Gametophytes throughout the year represented 60% of the population with no significant variation in time (Fig. 7A). This ratio did not change with depth (Fig. 7B).

DISCUSSION

C. chamissoi has been characterized by this study as an alga with seasonal behavior in abundance as well as having clearly restricted bathymetric limits. The bulk of the population grows between 4 and 6 m of depth with a noticeable increase in biomass during the summer months (November through February). The low abundance recorded during November of the first year, compared to the same month on the second year (Fig. 2A) could be explained by the exploitation of this resource by the nearby fishermen village during the previous year or simply because the summer arrived earlier. Since plant density per unit area remains uniformly constant throughout the year (Fig. 2B), the significant increase in biomass in January and November of the same year can be explained by the growth of individual plants.

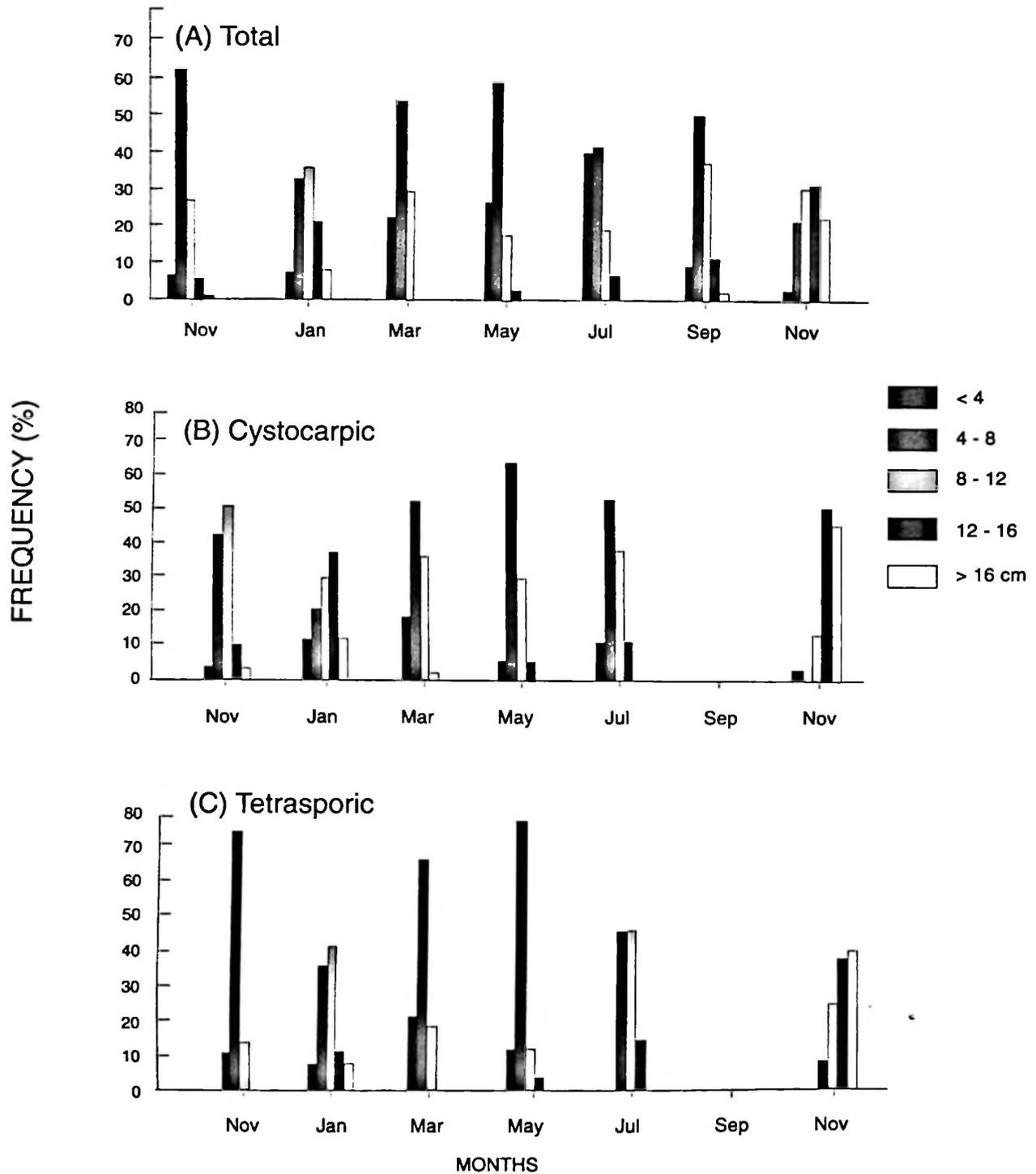


Figure 5. Seasonal variation of total fronds (A), cystocarpic fronds (B) and tetrasporic fronds (C) length.

Variación estacional en longitud de frondas totales (A), frondas cistocárpicas (B) y frondas tetraspóricas (C).

This fact is supported by the increase in frequency of longer fronds during these months (Fig. 6). Similar results have been observed in *Iridaea cordata* (Turn.) Bory (Hansen & Doyle, 1976). The occurrence of basal discs that remain

attached to the substrate long periods of time (> 1 year) developing new fronds each growing season is common in Chondracanthusceae (Hansen, 1977; Taylor *et al.*, 1981; Foster, 1982; May, 1986; Sousa, 1986). Likewise, after the

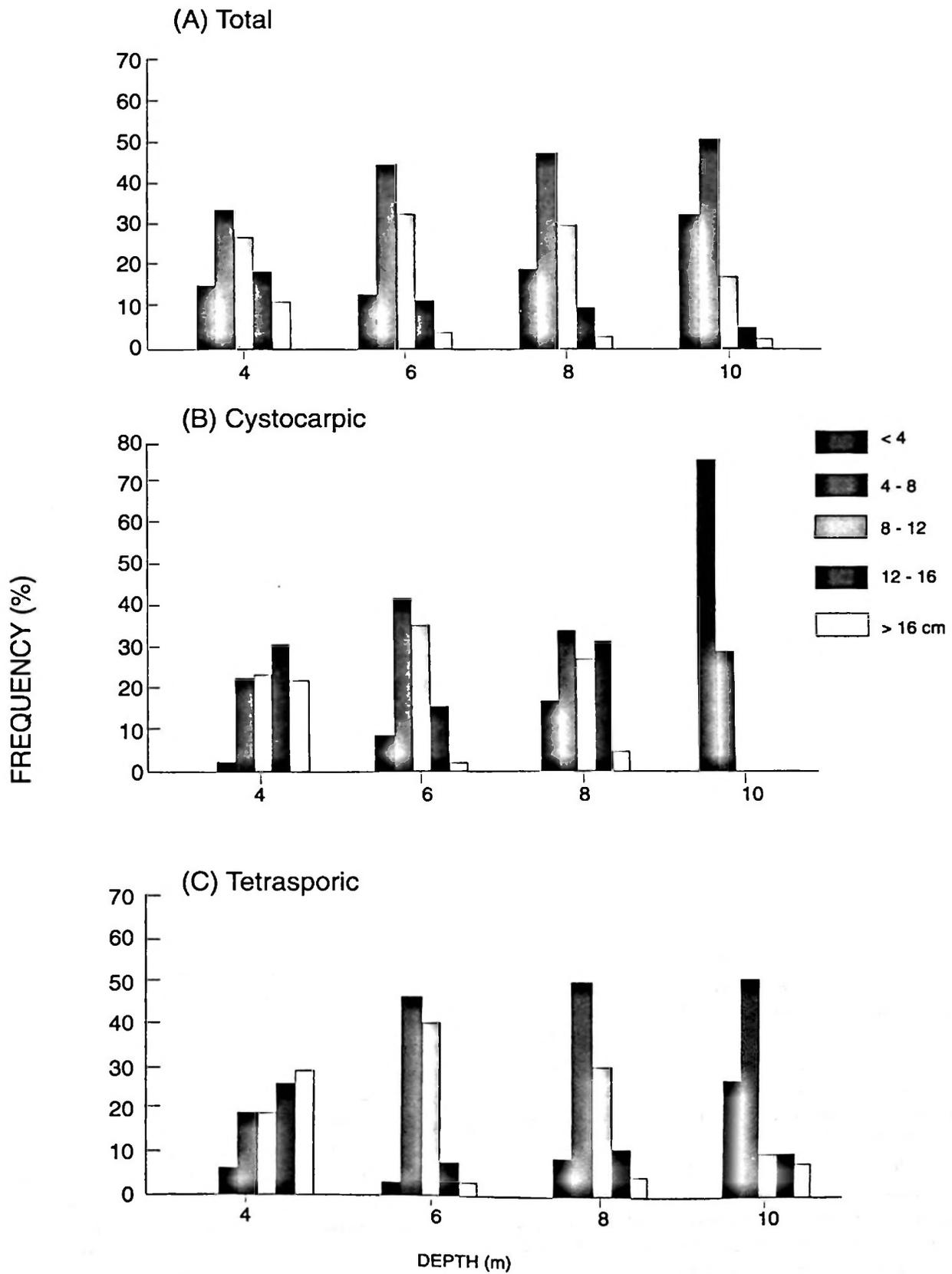


Figure 6. Bathymetric variation of total fronds (A), cystocarpic fronds (B) and tetrasporic fronds (C) length.

Variación batimétrica en longitud de frondas totales (A), frondas cistocárpicas (B), y frondas tetraspóricas (C).

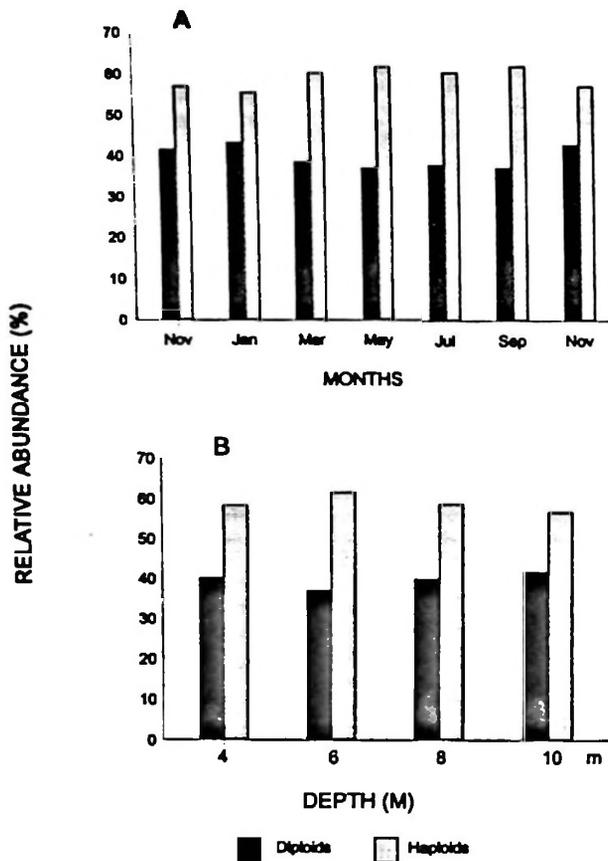


Figure 7. Relative abundance of haploid and diploid thalli in *C. chamissoi* population. Variations in time (A) and depth (B) including sterile and reproductive thalli.

Abundancia relativa de talos haploides y diploides en la población de *C. chamissoi*. Variaciones en tiempo (A) y profundidad (B) incluyendo talos estériles y reproductivos.

maximum observed in January, biomass decreases drastically in autumn with no significant variations in the number of plants present per area unit (Fig. 2B). This is probably due to the loss of plant material as indicated by the low frequency of fronds longer than 12 cm recorded in the winter period (Fig. 6). At the same time, a replacement by smaller fronds seems to be occurring during winter.

Bathymetrically, the maximum density of plants occurred at 6 m during the first growing season whereas it was detected at 4 m during the second one. In addition, biomass measurements indicated that, during the first growing season, plants were not only more abundant at

6 m but also smaller than at 4 m of depth. The situation is similar during the second growing season when plants, more abundant at 4 m this time, are also smaller than at 6 m depth. Somehow, this fact can be related to the displacement in seasonal plant abundance. Since during the second growing season the summer is delayed, plants that grow closer to the surface receive higher levels of irradiance and temperature than plants inhabiting at lower depths by the time the sampling was made. Once the full development of the season arrived (later than in the first year) the optimal conditions for growth could be displaced to lower subtidal areas (6 m) as could have happened in the first growing season.

C. chamissoi, as well as several other seaweeds (DeWreede & Klinger, 1988) has a maximum growth that coincides with the maximum fertility (in terms of abundance of reproductive plants, Fig. 2A), although the contribution of reproductive plants to the total population is small (30%). Since this increment in biomass is mainly due to the growth in frond length which, in turn, are those that develop reproductive structures, this correlation is not surprising. Nevertheless, when the growing season is supposedly delayed for increment in biomass, it is not so for the occurrence of reproductive structures suggesting a more complex interaction between the environment and the endogenous factors that trigger their formation.

Reproductively mature sporophytes are always more abundant in the population although, the analysis of sterile specimens (Fig. 7), demonstrates a clear dominance of the haploid over the diploid stage. This disparity in the phase ratio, in particular the sporophytic dominance, for an isomorphic alga has been mentioned for several other Chondracanthusceae (Hansen & Doyle, 1976; May, 1986; Lazo *et al.*, 1989). This fact has been attributed either to random events that affect just by chance one or other phase settlement or to differences in the reproductive and / or physiological characteristics of each phase (May, 1986). This lack of variation throughout time in the phase ratio of *C. chamissoi* is probably due to the permanence of their basal discs which would regenerate upright fronds seasonally. Nevertheless, a different possibility in this case can be argued,

that is, the occurrence of a greater vegetative propagation of one phase than the other by means of drifting fronds that are able to reattach to the substratum and regenerate entire new plants, an event that is commonly seen in this species growing in tanks. Abundant drifting fronds are especially observed in certain periods of the year and quick and simple experiments have been set up to demonstrate the capacity of loose fronds to re-attach to the substratum (unpublished data). This feature can be particularly important for the maintenance of the population in view of the small proportion of reproductive plants found.

Seasonal differences between the maxima of reproductive tetrasporophytic and gametophytic density and biomass have been reported for other *Chondracanthus* (Prince & Kingsbury, 1973; Mathieson & Burns, 1975; Abbott, 1980; Hannach & Santelices, 1985; Westermeier *et al.*, 1987; Poblete *et al.*, 1987); it is presumed that the maturation of both phases respond to different environmental conditions. Interestingly, the differential phase ratio remains throughout time and depth, whereas the reproductive individuals of both phases show a distinct seasonal and spatial pattern. Differences in spatial distribution patterns, i.e. decrease in abundance of cystocarpic plants with depth, versus a uniform abundance of tetrasporic plants (at least until 8 m of depth), have been detected for various other species of algae (Barilotti, 1971; Prince & Kingsbury, 1973; Edwards, 1973; Mathieson & Burns, 1975; Mathieson & Norall, 1975; Craigie & Pringle, 1978; Norall *et al.*, 1981; Hannach & Santelices, 1985). The number of gametophytes that become reproductive is less than the number of tetrasporophytes that do so, indicating that gametophytic reproduction is being inhibited by depth. The specific factors involved in reproduction of *C. chamissoi* are still unknown and could be either environmental or endogenous like in other species (West, 1968; Edwards, 1971; Guiry, 1984; McLachlan *et al.*, 1988). Studies upon aspects such as differences in the performance of early stages of development (González & Meneses, 1996) resulted in higher rates of settlement and germination for tetraspores which could explain the higher ratio of haploid plants in the field. However, once sporophytes germinate, they display faster

growth than gametophytes. Since plants with reproductive structures are those with longer fronds, the sporophytic growth rate could partially explain the higher frequency of tetrasporic plants found in Puerto Aldea.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study comprises part of a thesis presented by the first author as partial fulfillment to obtain his degree of Marine Biologist at the Universidad Católica del Norte. Funds were provided by the Dirección de Investigaciones, Extensión y Asistencia Técnica of the Universidad Católica del Norte financing the research project entitled "Estudio de *Chondracanthus chamissoi* en Puerto Aldea (IV Región) 1991".

LITERATURE CITED

- ABBOTT, I.A. 1980. Seasonal population biology of some carrageenophytes and agarophytes. In: Pacific seaweed aquaculture. 45 - 53. I.A. Abbott, M.S. Foster and I.F. Eklund (ed.) California Sea Grant college program.
- BARILOTTI, D.C. 1971. Ecological implications of haploidy and diploidy for the isomorphic brown alga *Zonaria farlowii* Setchell et Gardner. *Journal of Phycology* 7 (suppl.), 4.
- CRAIGIE, J.S. & J.D. PRINGLE. 1978. Spatial distribution of tetrasporophytes and gametophytes in four maritime populations of *Chondrus crispus*. *Canadian Journal of Botany* 56: 2910 - 2914.
- DE WREEDE, R. & T. KINGLER. 1988. Reproductive strategies in algae. In: *Plant Reproductive ecology: Patterns and strategies* 267 - 287. J. Lovett-Doust and L. Lovett-Doust (ed), Oxford.
- FOSTER, M.S. 1982. Factors controlling the intertidal zonation of *Iridaea flaccida* (Rhodophyta). *Journal of Phycology* 18:285 - 294.
- EDWARDS, P. 1971. Effect of light intensity, daylength and temperature on growth and reproduction of *Callithamnion bissoides*. In: *Contribution to Phycology*, 163 - 174, B.C. Parker and R.M. Brown (ed), Allen Press Inc., Lawrence.
- EDWARDS, P., 1973. Life history studies of selected British *Ceramium* species. *Journal of Phycology* 9: 181-182.
- GONZÁLEZ, J. & I. MENESES. 1996. Differences in the early stages of development of gametophytes and tetrasporophytes of *Chondracanthus chamissoi* (C. Ag.) Kützinger from Puerto Aldea, northern Chile. *Aquaculture* 143: 91 - 107.
- GUIRY, M.D., 1984. Photoperiodic and temperature responses in the reproduction of *Chondracanthus acicularis* (Rhodophyta) from Ireland. *Helgolander Meeresunters* 38: 357-376.
- HANNACH, G. & B. SANTELICES. 1985. Ecological differences between the isomorphic reproductive phases of two species of *Iridaea* (Rhodophyta; Gigartinales). *Marine Ecology Progress Series* 22: 291-303.

- HANSEN, J.E. 1977. Ecology and natural history of *Iridaea cordata* (Gigartinales; Rhodophyta): growth. *Journal of Phycology* 13: 395-402.
- HANSEN, J.E. & W. DOYLE. 1976. Ecology and natural history of *Iridaea cordata* (Rhodophyta; Gigartinales): Population structure. *Journal of Phycology* 12: 273-278.
- LAZO, M.L., M. GREENWELL, & J. McLACHLAN. 1989. Population structure of *Chondrus crispus* Stackhouse (Gigartinales; Rhodophyta) along the coast of Prince Edward Island, Canada: distribution of gametophytic and sporophytic fronds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 126: 45-58.
- MATHIESON, A.C. & R.L. BURNS. 1975. Ecological studies of economic red algae. V. Growth and reproduction of natural and harvested populations of *Chondrus crispus* Stackhouse in New Hampshire. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 17: 137-156.
- MATHIESON, A.C. & T.L. NORALL. 1975. Physiological studies of subtidal red algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 20: 237-247.
- MAY, G. 1986. History variation in a predominantly gametophytic population of *Iridaea cordata* (Gigartinales; Rhodophyta). *Journal of Phycology* 22: 448-455.
- McLACHLAN, J. L., N.I. LEWIS & M.L. LAZO. 1988. Biological considerations of *Chondrus crispus* Stackhouse (Rhodophyta, Gigartinales) in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Gayana, Botánica* 45: 29-64.
- NORALL, T.T., A.C. MATHIESON & J.A. KILAR. 1981. Reproductive ecology of four subtidal red algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 54: 119-126.
- PRINCE, J.S. & J.M. KINGSBURY. 1973. The ecology of *Chondrus crispus* at Plymouth, Massachusetts. II. Field studies. *American Journal of Botany* 60: 964-975.
- POBLETE, A., A. CANDIA, J. INOSTROSA & R. UGARTE. 1985. Crecimiento y fenología reproductiva de *Iridaea ciliata* Kütz (Rhodophyta; Gigartinales) en una pradera submareal. *Biología Pesquera* 13: 29 - 31.
- SANTELICES, B. 1989. Algas Marinas de Chile. Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad. Ediciones Universidad Católica, Santiago, 399 pp.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF. 1981. *Biometry*, 2nd edition, W. H. Freeman & Co., San Francisco, 895 pp.
- SOUSA, W. 1986. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 353-391.
- STEEL, R.G.D. & J.H. TORRIE. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw- Hill Co., New York, 622 pp.
- TAYLOR, A., L. CHEN, B. SMITH, & L. STAPLES. 1981. *Chondrus* holdfast in natural populations and in culture. *Proceedings of the International Seaweed Symposium* 18: 140-145.
- WEST, J.A. 1968. Morphology and reproduction of the red alga *Acrochaetium pectinatum* in culture. *Journal of Phycology* 4: 89-99.
- WESTERMEIER, R., P. RIVERA, M. CHACANA & I. GOMEZ. 1987. Biological bases for management of *Iridaea laminarioides* Bory in southern Chile. *Hydrobiologia* 151/152: 313-328.

LAS PESQUERIAS DE CONDRICTIOS EN CHILE: PRIMER ANALISIS

THE FISHERIES OF CHONDRICHTHYES IN CHILE: FIRST ANALYSIS

Germán Pequeño R.* y Julio Lamilla G.*

RESUMEN

Se hace un análisis de las cifras de desembarques de condrictios en Chile, cuyos primeros registros estadísticos datan de 1959. Las especies consideradas son: *Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788); *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1809; *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758); *Mustelus mento* Cope, 1877; *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758); *Raja* spp. y *Callorhynchus callorhynchus* (Linnaeus, 1758). Se analizan los desembarques por especie, por año y por regiones. Además, se discute el problema de la determinación taxonómica de los ejemplares que son desembarcados y su asignación en las estadísticas.

Palabras clave: Tiburones, rayas, pejegallos, desembarques.

ABSTRACT

A study on landing statistics of chondrichthyans in Chile is made. The first landing records were dated in 1959. The species considered are: *Alopias vulpinus* (Bonnaterre, 1788); *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1809; *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758); *Mustelus mento* Cope, 1877; *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758); *Raja* spp. and *Callorhynchus callorhynchus* (Linnaeus, 1758). The landings by species, by year and by political region were analyzed. Also, the problem of the taxonomic determination of the specimens entering the statistics is discussed.

Key words: Shark, rays, cockfishes, landings.

Fecha de recepción: 02 - 09 - 96. Fecha de aceptación: 07 - 11 - 97.

INTRODUCCION

Los peces de la Clase Chondrichthyes constituyen una de las grandes agrupaciones de la Serie Pisces, la más numerosa del Phylum Chordata, y es, supuestamente, la Clase más antigua entre los vertebrados mandibulados. Los condrictios poseen esqueleto cartilaginoso y también una

serie de otras características, que los hacen únicos en la naturaleza. Además de tales características, son de mayor interés por su incidencia en las pesquerías la ausencia de vejiga gaseosa (detectada por sensores remotos en caso de peces óseos), la piel desnuda o presencia de escamas placóideas (por su consistencia pueden ser detectadas por sensores remotos), un metabolismo en el cual existe retención de nitrógeno (en forma de urea o amonio, según sea el estado del animal) en una proporción mayor que otros vertebrados y una fecundación interna, que les permite ser ovíparos o vivíparos, pero de baja fecundidad. Debido a estas y otras características biológicas, se ha señalado que

*Instituto de Zoología "Ernst F. Kilian". Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

los condriictios pueden ser más vulnerables que otros recursos, en el terreno pesquero (Applegate *et. al.*, 1993; Compagno, 1990; Pratt & Cassey, 1990).

Las pesquerías mundiales muestran un enorme aumento de los desembarques, especialmente en los últimos veinte años y Chile es uno de los países que ha participado con cifras comparativamente importantes. En general, se habla mucho de los teleósteos pelágicos que surten las industrias de reducción (por ej. harina de pescado) y de conservas y se conocen antecedentes sobre extracción y procesamiento de invertebrados (moluscos, crustáceos, equinodermos, entre otros) y también vegetales (algas); pero del grupo de los condriictios se sabe muy poco, tanto desde el punto de vista científico básico, como de sus pesquerías y otros usos por el hombre.

Este desconocimiento es inconveniente, por varias razones. Además de ser importantes para los científicos, los condriictios son también reconocidos como eslabones importantes en las cadenas alimentarias. En general, predominan dos formas: los predadores y los planctófagos. Por otro lado, debido a su fisiología osmoreguladora, son también importantes retenedores de nitrógeno. Su abundancia parece no ser despreciable, ya que en ciertas faenas de pesca de arrastre, los autores de este trabajo han observado que constituyeron hasta más del 90% de la biomasa capturada en algunos lances, dependiendo del lugar. Debe añadirse también que son comestibles por el hombre y, por eso, hay países donde son bien cotizados comercialmente. Por otro lado, se ha comprobado que algunas especies conformaron parte de la biomasa potencialmente explotable en la plataforma continental centro-sur de Chile (Martínez, 1978; Pantoja *et. al.*, 1973; Trujillo, 1972) e incluso más al sur (Bahamonde, 1978). Prospecciones en la plataforma continental exterior de los canales patagónicos, revelaron la presencia de al menos 27 especies de condriictios, posibles de ser considerados en actividades pesqueras (Kono *et. al.*, 1981).

Como las pesquerías de condriictios alcanzan cada día mayor relevancia, en el caso de Chile necesariamente surgen algunas preguntas como ¿Qué especies de condriictios integran las pesquerías? ¿En qué cantidad se capturan y

desembarcan cada una y el total de ellas? ¿Dónde se producen más desembarques?.

Hoy se tiene una idea aproximada de las especies de condriictios que habitan las aguas de Chile (Pequeño, 1989, 1997), de modo que es posible comparar los datos de tipo pesquero, con aquellos referidos a las especies señaladas como habitantes del Mar de Chile. Los datos sobre las cantidades y los lugares donde son desembarcadas, deberán ser extraídos de la única fuente oficial que existe sobre la materia: los Anuarios Estadísticos de Pesca del Servicio Nacional de Pesca (SERNAP).

Esta contribución tiene entonces por objetivo, hacer una descripción básica de cuales son las especies de condriictios que integran las pesquerías chilenas, cuales son las cantidades desembarcadas y cuales son los principales puntos de desembarque, de acuerdo con los mismos datos estadísticos históricos. Sobre la base de lo anterior, se discutirá el alcance de los resultados y contribuir con ello a una mejor visualización de lo que ocurre con este sector de importancia creciente en las pesquerías.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo consiste en la extracción de los datos estadísticos de desembarque de las diferentes especies de Chondrichthyes consignadas en las estadísticas oficiales del Estado de Chile (SERNAP, 1959 a 1994).

Los datos fueron analizados especie por especie, a través de los años, desde el comienzo de los registros para cada caso. En este marco analítico, se estudió la variación anual de los desembarques totales y la variación de los desembarques por Región. También se analizaron las cifras de destino de cada especie, en términos de productos diferentes del estado en fresco.

Para cada especie se entregarán algunos antecedentes biológicos básicos, principalmente basados en datos de la literatura y en experiencia directas de los autores –preferentemente publicadas– de interés para la materia que se desea analizar y luego, se revisará el resultado de la recopilación estadística obtenida.

Hoy en día es prácticamente imposible investigar sobre datos de captura y esfuerzo, así como otros parámetros básicos usados en estu-

dios pesqueros más acabados, pues no hay registros sobre ellos, para el período de estudio, que ameriten tal empeño.

RESULTADOS

a) Especies consignadas en las estadísticas chilenas

La clasificación de las especies señaladas en las estadísticas pesqueras de Chile, basada en Compagno (1973), es la siguiente:

Clase Chondrichthyes
 Subclase Elasmobranchii
 Superorden Squalomorphii
 Orden Lamniformes
 Familia Alopiidae
Alopias vulpinus (Bonnaterre, 1788)
 Familia Lamnidae
Isurus oxyrinchus Rafinesque, 1809
 Orden Carcharhiniformes
 Familia Triakidae
Galeorhinus galeus (Linnaeus, 1758)
Mustelus mento Cope, 1877
 Familia Carcharhinidae
Prionace glauca (Linnaeus, 1758)
 Superorden Batoidea
 Orden Rajiformes
 Familia Rajidae
Raja spp.
 Subclase Holocephali
 Familia Callorhynchidae
Callorhynchus callorhynchus (Linnaeus, 1758)

b) Variación de los desembarques por especies, en el tiempo

Los desembarques pesqueros de condriictos empezaron a ser estadísticamente consignados a partir de 1959, para las especies *Mustelus mento* y *Callorhynchus callorhynchus*. En años más recientes se fueron agregando otras especies. A continuación se resume la historia de cada especie, de acuerdo con el orden sistemático antes establecido.

1°. A nivel de especies

Alopias vulpinus ("Peje-zorro"). Es una especie

cosmopolita, que habita tanto aguas costeras, como oceánicas, en sectores cálidos y subtropicales. Se le conoce principalmente como epipelágica, pero puede ir hasta más de 300 m de profundidad. Su tamaño en hembras adultas es de 5,5 m, pudiendo tal vez existir más grandes; pero los machos conocidos son más pequeños que las hembras (Compagno, 1984a).

Aunque el género contiene más especies, en Chile el único "peje-zorro" conocido es *Alopias vulpinus*, de modo que hasta ahora, la asignación de todos los desembarques a una sola especie puede mantenerse.

La especie puede ser capturada cuando se enreda en diferentes tipos de redes, pero también aparece en espineles. En general, en diferentes partes del mundo se le captura con esta última técnica.

En Chile, las capturas han sido de poco tonelaje y sólo desde 1979, en una serie casi continua que terminó en 1989 (Fig. 1). No apareció en estadísticas de procesamiento.

Isurus oxyrinchus ("Tiburón" o "marrajo"). También es una especie cosmopolita, que habita aguas tropicales y subtropicales. Aunque es

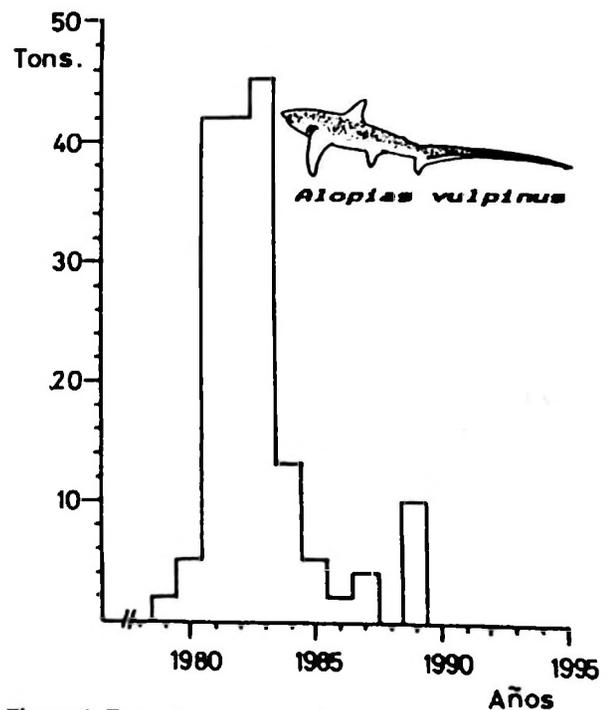


Figura 1. Desembarques anuales de "peje-zorro" (*Alopias vulpinus*) en Chile.

Year landings of "thresher-shark" (*Alopias vulpinus*) in Chile.

un tiburón oceánico, puede encontrarse con frecuencia en aguas neríticas. Principalmente epipelágico, pero factible de encontrarse hasta 150 m de profundidad (Last & Stevens, 1994). Es el único representante de su género señalado para aguas de Chile (Pequeño, 1989).

Los registros pesqueros se iniciaron en 1978, con un total de 33 toneladas desembarcadas, de las cuales 0,7 se destinaron a congelado. Desde ese año, sólo con la excepción de 1981 (32 tons desembarcadas), la tendencia de los desembarques fue a un aumento casi exponencial, hasta 1991, ya que en 1992 y 1993 se ha notado un significativo descenso (Fig. 2). La cifra máxima de desembarque (1118 tons) se logró en 1991. De acuerdo con los datos, puede decirse que la pesquería pasó de una etapa con volúmenes más o menos reducidos antes de 1985, a otra de grandes volúmenes comparativos, después de ese año.

El principal destino de los desembarques ha sido congelado y luego fresco-enfriado, habiéndose procesado cantidades pequeñas, como seco-salado (Tabla 1).

Galeorhinus galeus ("Cazón"). Es una especie de amplia distribución geográfica, pero en aguas subtropicales más costeras (Compagno, 1984b; Last & Stevens, 1994; Pequeño, 1977). Forma pequeños cardúmenes, preferentemente de un sexo y grupo de talla y hace grandes migraciones, aparentemente reproductivas (Last & Stevens, 1994). Es común encontrarla en capturas que se realizan en aguas sobre la plataforma continental.

El comportamiento de la pesquería ha sido totalmente diferente del caso de *Isurus oxyrinchus*. En primer lugar, los desembarques

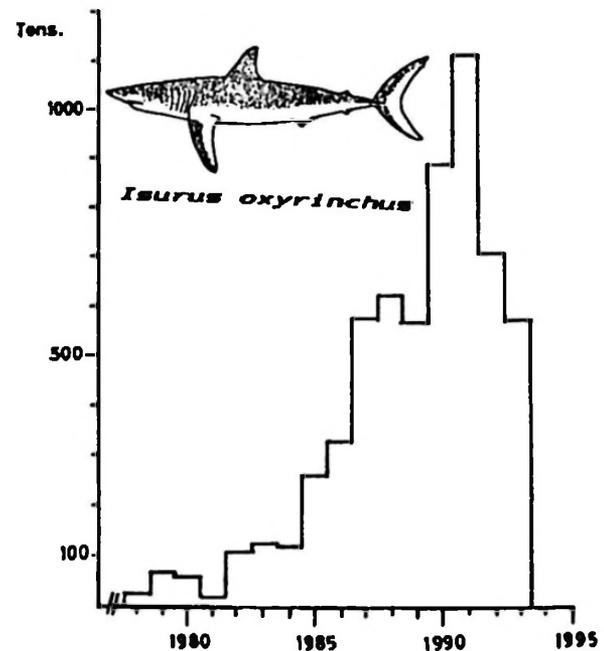


Figura 2. Desembarques anuales de "marrojo" (*Isurus oxyrinchus*) en Chile.

Year landings of "shortfin mako" (*Isurus oxyrinchus*) in Chile.

aparecen intermitentes, segmentados en el tiempo, con una tendencia de mayores a menores volúmenes. En general, los tonelajes son muy inferiores. Los registros se iniciaron en 1979, con 11 tons desembarcadas, para ascender al máximo conocido (36 tons) en 1980 (Fig. 3). Entre 1983 y 1986, ambos inclusivos, no se registraron desembarques. Lo mismo sucedió entre 1989 y 1991. El único destino de los desembarques fue el congelado.

Tabla 1. Destinos de los desembarques de condriictios en Chile, sin considerar la producción en fresco. Tons por especie, en iguales años que los consignados en la Tabla 2.

Chondrichthyan landing products in Chile, without fresh production. Tons by species, in years as indicated in Table 2.

Especies	Productos					Total
	Fresco-enfriado	Congelado	Seco-salado	Conserva	Harina	
<i>Isurus oxyrinchus</i>	86	2872,4	4	—	—	2962,4
<i>Galeorhinus galeus</i>	—	55	—	—	—	55
<i>Mustelus mento</i>	15	2034,8	21	19,9	366,9	2457,6
<i>Prionace glauca</i>	—	43,7	28	—	—	71,7
<i>Raja spp.</i>	32	8090,2	—	1	152,8	8276,0
<i>Callorhynchus callorhynchus</i>	—	638,1	288,5	2	189,8	1118,4
TOTALES	133	13734,2	341,5	22,9	709,5	14941,1

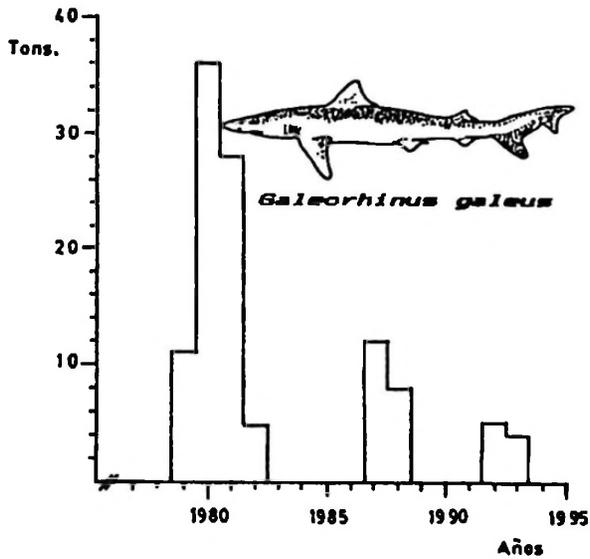


Figura 3. Desembarques anuales de "cazón" (*Galeorhinus galeus*) en Chile.

Year landings of "topeshark" (*G.aleorhinus galeus*) in Chile.

Mustelus mento ("Tollo"). Especie epipelágica, que se distribuye en el Océano Pacífico Sur Oriental y también en la costa argentina (Compagno, 1984b).

Los registros de desembarque de "tollo", así como los de "peje-gallo", se iniciaron en 1959 y en 1960, respectivamente, con mucha anticipación a otras especies de condriktios. Los desembarques de "tollo" presentan, al igual que lo observado para el "marrajo", tres períodos bien marcados: uno con cifras relativamente estables entre 1959 y 1974; luego, un período con cifras muy bajas entre 1975 y 1978, ambos años inclusivos y, finalmente, un tercero con mayores volúmenes e inestabilidades, entre 1979 y 1993. Los registros se iniciaron con 188 tons desembarcadas en 1959, alcanzando un máximo en 1980, con 1331 tons (Fig. 4). Muestra gran diversidad de procesamiento (Tabla 1).

Prionace glauca ("Azulejo"). Es el tiburón con mayor rango de distribución geográfica conocido, cosmopolita, en mares tropicales y

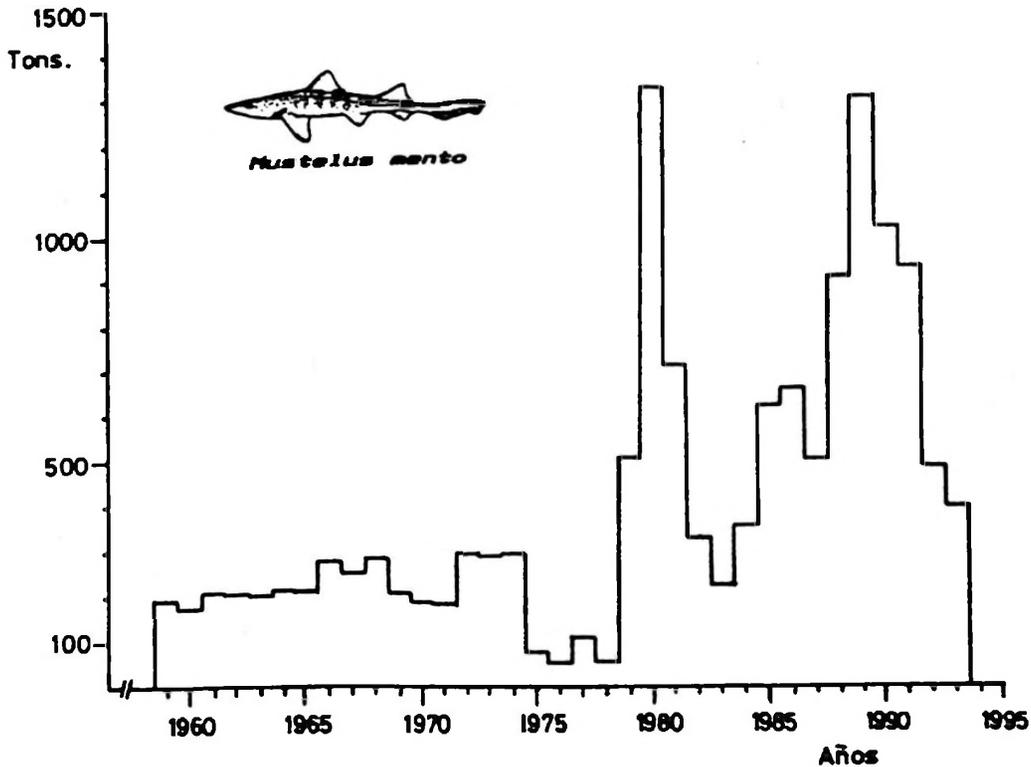


Figura 4. Desembarques anuales de "tollo" (*Mustelus mento*) en Chile.

Year landings of "blue shark" (*Mustelus mento*) in Chile.

subtropicales, en zonas oceánicas y neríticas, tanto epipelágico como hasta alrededor de 350 m de profundidad. Aspectos resumidos de su biología aparecen en obras recientes (Compagno, 1984b; Last & Stevens, 1994).

En Chile, los registros estadísticos de desembarque de "azulejo" se iniciaron en 1979, con sólo una tonelada. Pero sólo a partir de 1984, la tendencia ha sido en aumento constante, con un máximo de 237 tons en 1993 (Fig. 5).

Raja spp. ("Rayas"). Este ítem de la estadística pesquera es problemático para analizar, pues se incluye un número indefinido de espe-

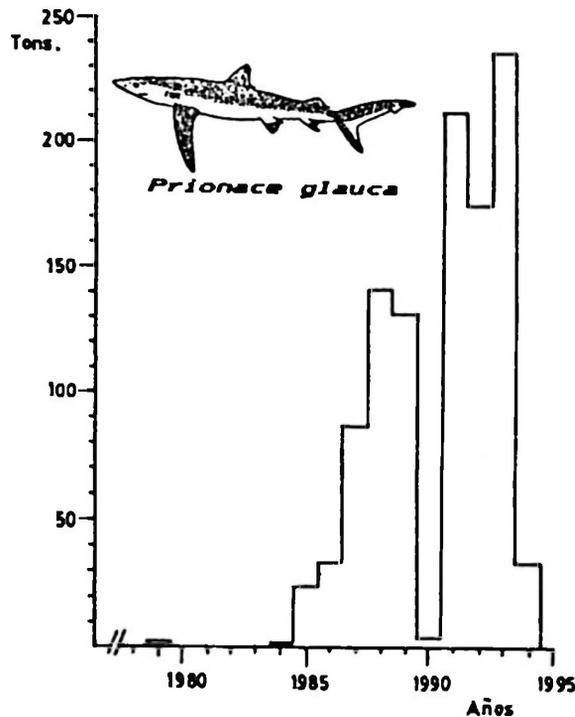


Figura 5. Desembarques anuales de "Azulejo" (*Prionace glauca*) en Chile.

Year landings of "blue shark" (*Prionace glauca*) in Chile.

cies. En Chile se reconocen 14 especies de "rayas" en la Familia Rajidae, a la cual pertenece el género señalado en las estadísticas pesqueras chilenas. Sin embargo, es improbable que todas ellas integren las cifras de desembarque que se conocen. Pero la problemática se acentúa, al reconocer que también reciben el nombre vulgar de "rayas", otras especies de batoideos, de distintas Familias, como por ejemplo Psudorajidae y Urolophidae.

En este caso, nos atrevemos a reconocer como integrantes del ítem "rayas" a algunas especies como, por ejemplo, *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* Guichenot, 1848, *Psammobatis scobina* (Philippi, 1857) y *Sympterygia lima* (Poepfig, 1835), debido a que hemos reconocido su presencia en pescas exploratorias y también comerciales (Pequeño, 1975; Lamilla *et. al.*, 1979). Probablemente haya otras especies que deban ser incorporadas a este ítem, pues a la vez, hemos observado formas diferentes de las anteriores, especialmente en pescas comerciales al sur de 40° de latitud. En general, son especies endémicas de la plataforma continental del sur de Sudamérica y sus hábitos son bentónicos, en la gran mayoría de las especies.

Los registros de los desembarques del conjunto denominado *Raja* spp. se iniciaron en 1978 y muy pronto alcanzaron cifras cercanas a las 2500 tons anuales, en 1979. Después de esa fecha se han mostrado cifras de desembarque menores, que han oscilado entre 1000 y 2000 tons, aproximadamente (Fig. 6). Es el ítem con mayor tonelaje de procesamiento. (Tabla 1).

Callorhynchus callorhynchus ("Peje-gallo"), es una especie de condrictio que posee características morfológicas que la hacen diferente de las ya analizadas (Por ej., tiene sólo una abertura branquial externa, posee tenáculo frontal en los machos, etc.), razón por la cual se le ubica en una Subclase diferente, Holocephali. Hoy, la mayoría de los autores (Por ej., Compagno, 1973; Kono *et. al.*, 1981; Pequeño, 1989; Last & Stevens, 1994) lo integra en esa Subclase.

Es una especie de hábitos nerito-demersales, con alimentación basada en organismos del bentos (Bravo & Pequeño, 1997). Es objeto de pesquerías tanto artesanales, como semi-industriales e industriales, debido a que por su distribución batimétrica sobre la plataforma continental, casi desde la orilla misma, está al alcance de todas ellas. La especie es ovípara. El reconocimiento de los individuos es fácil y las posibilidades de error en su ingreso a las estadísticas son muy bajas, todo ello debido a sus particulares características, señaladas en claves de reconocimiento actuales (Pequeño, 1984).

Los registros estadísticos de desembarques de "peje-gallo" se iniciaron en 1959, con cifras inferiores a 500 tons anuales, en general; pero a partir de 1971 se inició un período de incremento en los desembarques, caracterizado por fuer-

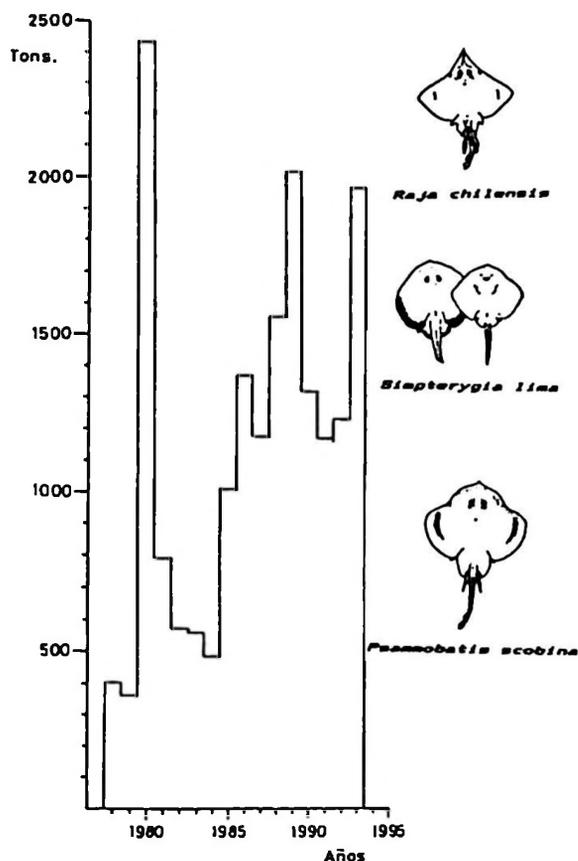


Figura 6. Desembarques anuales de "rayas" (*Raja* spp) en Chile.

Year landings of "skates" (*Raja* spp.) en Chile.

tes alzas y bajas, observándose que el máximo anual histórico de desembarques se produjo en 1992, con más de 4500 tons. Una recopilación sobre los aspectos pesqueros de la especie elaborada por CORFO-IFOP (1984), proporciona información valiosa hasta 1983 (Fig. 7).

2°. En el conjunto o total de especies

En Chile, los registros estadísticos de desembarques de condriktios se inician en 1959, es decir, sólo a principios de la segunda mitad del siglo, lo cual es relativamente tarde, si se compara con otros países como Estados Unidos o los de Europa (Martin & Zorzi, 1993). Hasta 1993, aproximadamente, los desembarques anuales no superaban las 1000 tons. Pero a partir de 1971 se supera esa cifra y se produce un aumento escalonado, con fuertes altibajos, pero que indican una clara tendencia al aumen-

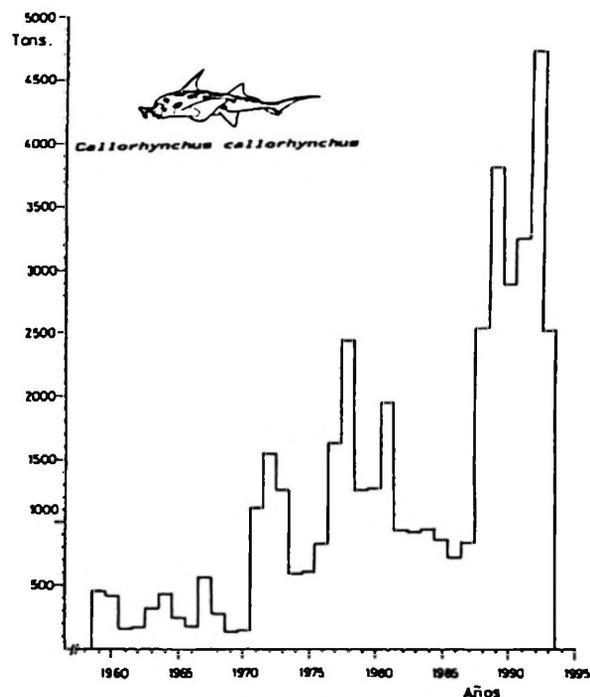


Figura 7. Desembarques anuales de "peje-gallo" (*Callorhynchus callorhynchus*) en Chile.

Year landings of "Chilean cockfish" (*Callorhynchus callorhynchus*) en Chile.

to de tipo exponencial, alcanzándose el máximo registro en 1989, con una cifra ligeramente inferior a las 8000 tons (Fig. 8).

3°. Desembarques por especie y por Región

Este análisis se hizo con datos a partir del año 1977, en el cual empezó a aplicarse la actual regionalización política de Chile, hecho que incidió directamente en la presentación de las estadísticas pesqueras.

La especie con mayor desembarque entre 1977 y 1984 corresponde al holocéfalo *Callorhynchus callorhynchus*, con 32.617,6 tons en el total del período. A continuación se encuentra el conjunto de especies agrupadas como *Raja* spp., con 19.620,2 tons y, en tercer lugar, el "tollo" *Mustelus mento*, con 10.655,4 tons. El resto de las especies se ubica bajo las 10.000 tons (Tabla 2).

En cuanto a regiones, la Décima muestra el mayor desembarque con 19.340 tons y, en ellas

Tabla 2. Desembarque total anual de condriictios, por especies y por Región, en Chile (tons.).
 Total year landings of chondrichthyans, by species and Region, in Chile (tons.).

Especies	Regiones												TOTAL			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		BF	AI	
<i>Alopias vulpinus</i> (1979-1994)	2,5	1,56	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169,5
<i>Isurus oxyrinchus</i> (1979-1994)	1792,8	990,9	2047,9	303	884	-	63	21	0,5	185,2	9,6	1,1	14	454	6767	
<i>Galeorhinus galeus</i> (1979-1994)	-	20	-	-	-	-	-	-	-	89,1	-	-	-	-	-	109,1
<i>Mustelus mento</i> (1977-1994)	397	393,2	905,9	155,6	680,5	122	1427,8	156,9	549,1	4512,4	964	1	377	13	10655,4	
<i>Prionace glauca</i> (1979-1994)	124	54	325	164	100	-	12	1	-	-	-	-	-	-	300	1080
<i>Raja</i> spp. (1979-1994)	127	1	1	13	1822	-	32	3021,4	27	6764,8	2575	229	-	5007	19620,2	
<i>Callorhynchus callorhynchus</i> (1977-1994)	0,6	55,7	339	331	4709,1	140	1452,2	12548,4	5193,1	7788,5	49	1	-	10	32617,6	
TOTALES	2443,9	1670,8	3619,8	966,6	8198,6	262	2988	15754,7	5769,7	19340	3597,6	232,1	5408	767	71018,8	
JERARQUIA	8	9	5	10	3	11	7	2	4	1	6	12				

BF = barcos factorías; AI = Aguas internacionales.

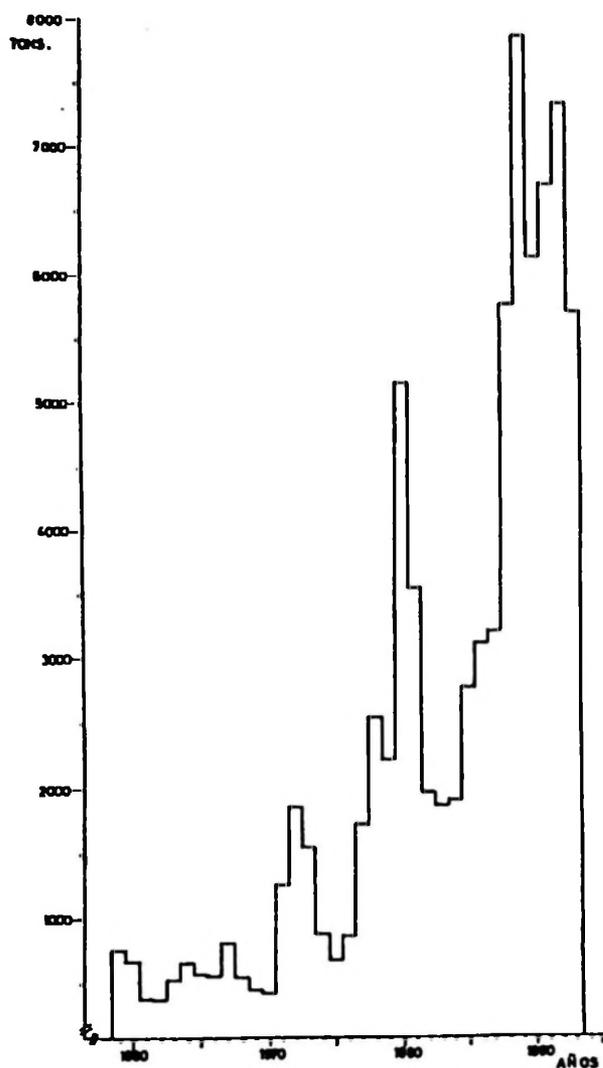


Figura 8. Desembarques anuales totales de condriictios en Chile.

Total year landings of chodrichthyans in Chile.

se refleja aproximadamente igual, el orden de jerarquía por toneladas anotado según especies. Continúa la Octava Región con 15.754,7 tons y también en su interior refleja el orden general anotado para los totales por especie. El resto de las regiones, individualmente, está por debajo de las 10.000 tons desembarcadas.

Cabe señalar, sin embargo, que los desembarques de barcos factorías superaron a los desembarques de regiones como la III, XI, VII, I, II, IV, VI y XII, individualmente consideradas, en ese orden de desembarques (Tabla 2 y 3).

Tabla 3. Desembarques de condriictios (tons.) por barcos factorías en Chile.

Chodrichthyans landings for ship factory in Chile (tons).

Año	"Tiburón"	"Tollo"	"Rayas"	"Peje-gallo"
1986	—	4	408	—
1987	—	—	167	—
1988	—	—	337	—
1989	—	—	661	—
1990	—	—	418	—
1991	—	6	265	—
1992	—	—	—	—
1993	—	15	142	—
1994	100	297	26	1
1995	—	—	59	3
1996	93 (*)	19	1	—

(*) Aguas internacionales.

DISCUSION

Aunque los condriictios aparecen muy recientemente en las estadísticas pesqueras chilenas, no cabe duda que desde antaño fueron capturados con fines alimentarios humanos (Castillo & Vergara, 1907). En todo caso, desde el inicio de las estadísticas de desembarques se observa una cifra total anual en fuerte ascenso, que en aproximadamente tres decenios, ha crecido en más del 700%.

La mayor cifra total de desembarque por especies corresponde al "peje-gallo". Puede decirse que el histograma de desembarques anuales muestra cifras ascendentes, pero en un contexto irregular (Fig. 7). Aunque la especie tiene una distribución geográfica relativamente amplia en el cono sur de América, es evidente que batimétricamente está restringida a la plataforma continental (Bravo & Pequeño, 1997; CORFO-IFOP, 1984a), la cual es reconocida por su angostura en Chile.

El ítem *Raja* spp. resulta difícil de analizar, debido a la falta de reconocimiento específico, destacándose el hecho que el mayor desembar-

que se logró en 1980 y que también se observan fuertes irregularidades entre los máximos anuales (Fig. 8).

Entonces, este análisis no pasa de ser solamente ilustrativo. Se hace imperioso un tratamiento estadístico más preciso, en tiempos en que la explotación del ítem tiende a crecer. Existe un estudio que trata aspectos de desembarques, exportaciones, distribución geográfica, etc., como si se tratara de una sola especie (CORFO-IFOP, 1984b), criterio con el cual discrepamos. Hay autores que han presentado antecedentes objetivos, que prueban la existencia de varias especies de "rayas", en la zona central y sur, con posibilidades de aumentar los taxa conocidos (Leible, 1987; Leible & Stehmann, 1987; Pequeño & Lamilla, 1985).

El "tollo", que a partir de 1979 muestra un marcado cambio en sus desembarques, también presenta cifras máximas anuales muy irregulares y, a partir de 1990, una clara declinación (Fig. 4). El resto de las especies igualmente muestra cifras de desembarques erráticas, habiendo incluso casos que dejaron de aparecer en las estadísticas hace años, como por ejemplo el "peje-zorro".

Los resultados obtenidos permiten comentar otros aspectos que merecen especial atención, como por ej., que los condriictios poseen aspectos de ontogenia, desarrollo, reproducción y otros, que los hacen muy diferentes de los peces óseos y, seguramente mucho más vulnerables que aquellos, a los métodos tradicionales de pesca, lo cual ha sido ya mencionado para otras regiones (Compagno, 1990; Pratt & Cassey, 1990). Pero, en el caso de Chile, lo que agrava la situación es que: a) hasta ahora no existe una clara determinación taxonómica de todas las especies involucradas en los desembarques (y por ende, de las capturas), b) la biología de las especies es prácticamente desconocida y c) hay un abierto incentivo a aumentar las capturas, sin haberse cubierto los puntos señalados en a y b, para desarrollar un manejo adecuado.

Salvo casos muy puntuales, como el "peje-gallo", del cual existen algunos datos biológicos basados en muestras de Chile (Bravo & Pequeño, 19897; CORFO-IFOP, 1984a), los conocimientos biológicos sobre otras especies deben extrapolarse, con dudas, desde estudios hechos

en otras regiones (Cailliet *et. al.*, 1983; Pratt & Cassey, 1983) siendo muy escasas las contribuciones nacionales. Hay algunos estudios básicos en "rayas", cuya conducta y distribución geográfica son, en general, diferentes a las de los "tiburones" y "peje-gallos" (Bahamonde, 1953; Lamilla, *et. al.*, 1979; Pequeño, 1983; Pequeño & Lamilla, 1993; Pequeño *et.al.*, 1988), pero en "tiburones" son muy escasos y apuntan más a la taxonomía (De Buen, 1959; Pequeño *et. al.*, 1990; Pérez Canto, 1886). Por otro lado, resulta sorprendente que algunas especies frecuentemente comercializadas y encontradas por los científicos, como los "tollos de cachos", *Squalus acanthias* (Smith & Radcliffe, 1912) y *S. fernandinus* Molina, 1782, así como el "tiburón sardinero" *Lamna nasus* (Bonnaterre, 1788), no aparezcan en las estadísticas de desembarques. Es probable que las dificultades para reconocer condriictios en terreno, sea una de las causas principales.

Hay entonces evidencias que, no sólo indican que las especies desembarcadas e incluidas en las estadísticas deben especificarse mejor, sino también su pesquería debe regularse de un modo *sui generis*.

AGRADECIMIENTOS

Al amigo y colega fallecido, Dr. Mario Leible D. (Universidad Católica de la Santísima Concepción), cuya contribución al estudio de los condriictios de Chile y sus comentarios sobre los temas aquí tratados, estimularon a los autores a preparar esta contribución. Al Dr. Walter Fischer (FAO, Roma), quien constantemente ha estimulado nuestro trabajo; al Dr. Leonard J.V. Compagno (Shark Research Center, Cape Town), por sus amables conversaciones sobre el problema de las pesquerías de tiburones. También se agradece la colaboración de la Sra. Jacqueline Elissetche F. (Bibliotecaria SERNAP, Valparaíso). Al Ministerio de Educación y Ciencia, al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y al Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, los tres organismos españoles. Estos son resultados parciales de los Proyectos FONDECYT 91-0904 y 5-95-31 de la Universidad Austral de Chile.

LITERATURA CITADA

- APPLEGATE, S.P., F. SOTELO-MACÍAS and L. Espinoza Arrubarrena. 1993. An overview of mexican shark fisheries, with suggestions for shark conservation in Mexico. Conservation Biology of Elasmobranchs, S. Branstetter (Ed.). NOAA Tech. Rept., NMFS, 115: 31-37.
- BAHAMONDE, N. 1953. Alimentación de la raya (*Raja flavirostris* Philippi, 1892). Inv. Zool. Chil., 2: 7-8.
- BAHAMONDE, R. 1978. Distribución y abundancia relativa de los principales recursos demersales entre Corral (40° LS) y el Cabo de Hornos (57° LS). Instituto de Fomento Pesquero, Inv. Pesq., 25 pp.
- BRAVO, A. and G. PEQUEÑO. 1997. Stomach content of the Chilean cock-fish *Callorhynchus callorhynchus* (Linnaeus, 1758). Chondros (Philad.) (En prensa).
- CAILLIET, G.M., L.K. MARTIN, J.T. HARVEY, D. KUSHER and B.A. WELDEN. 1983. Preliminary studies on the age and growth of blue *Prionace glauca*, common thresher, *Alopias vulpinus*, and shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, sharks from California waters. Proceedings on the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. NOAA Tech. Rept. NMFS, 8: 179-188.
- CASTILLO, L. y Z. VERGARA. 1907. La pesca en la Bahía de Coquimbo. An. Agron., 1907: 1-18.
- COMPAGNO, J.L.V. 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. pp. 15-61, En: Interrelationships of Fishes (P.H. Greenwood, R.S. Miles and C. Patterson, Eds.). J. Linn. Soc. (Zool.), 53 (Suppl. 1), 536 pp.
- COMPAGNO, L.J.V. 1984a. FAO Species Catalogue, Vol. 4 Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part I. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop., (125), Vol. 4, Pt. 1: 249 pp.
- COMPAGNO, L.J.V. 1984b. FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part II. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop., (125) Vol. 4, Pt. 2: 251-655.
- COMPAGNO, L.J.V. 1990. Shark exploitation and conservation, pp. 391-414, En: Elasmobranchs as Living Resources: Advance in the Biology, Ecology, Systematics, and the status of the Fisheries. NOAA Tech. Rept. NMFS, 90: VII + 518 pp.
- CORFO-IFOP (Corporación de Fomento a la Producción e Instituto de Fomento Pesquero). 1984a. Pejegallo, *Callorhynchus callorhynchus*. Perfiles Indicativos del Sector Pesquero Nacional. AP 85/14. IFOP, Santiago, 67 pp.
- CORFO-IFOP (Corporación de Fomento a la Producción e Instituto de Fomento Pesquero). 1984b. Raya, *Raja* spp. Perfiles Indicativos del Sector Pesquero Nacional. AP 85/15. IFOP, Santiago, 61 pp.
- DE BUEN, F. 1959. Lampreas, Tiburones, rayas y peces en la Estación de Biología Marina de Montemar, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 9: 1-200.
- KONO, H., T. SATO, Y. YOSHII, H. SUZUKI and T. INADA. 1981. Report of fishery resource survey in Chilean waters by F/V "Akebono-Marú" N° 72. JAMAR Rept., 24 (1979): 1-40.
- LAMILLA, J., G. PEQUEÑO y H. FIGUEROA. 1979. Aspectos biológicos de *Psammodontus lima* Poeyppig, 1835, en el litoral de Valdivia, Chile (Elasmobranchii, Rajidae). Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, 14: 183-209.
- LAST, P.R. and J.D. STEVENS. 1994. Sharks and rays of Australia. CSIRO, Australia, East Melbourne, 600 pp.
- LEIBLE, M. 1987. Descripción taxonómica de juveniles y adultos de *Raja (Dipturus) flavirostris* Philippi, 1892 (Rajiformes, Rajidae), capturados frente a la costa central de Chile. *Gayana (Zool.)*, 51 (1-4): 131-176.
- LEIBLE, M. and M. STEHMANN. 1987. First records of *Raja (Dipturus) trachyderma* Krefft & Stehmann, 1975 from the Southeastern Pacific off Chile, with first descriptions of its clasper characters and additional skeletal and morphological details (Pisces, Rajiformes, Rajidae). Stud. Neotr. Fauna and Env., 22 (4): 169-188.
- MARTIN, L. and G.D. ZORZI. 1993. Status and review of the California skate fishery, Conservation Biology of Elasmobranchs, S. Branstetter (Ed.). NOAA Tech. Rept. NMFS, 115: 39-52.
- MARTÍNEZ, C. 1978. Análisis biológico de las capturas obtenidas por el B/C "Arcos" en pescas comerciales y de prospección realizadas entre Lebu (37° 41' S) y Corral (39° 41' S) (Agosto 1975). Instituto de Fomento Pesquero, Inf. Pesq., 66: 1-19.
- PANTOJA, V., F. ORELLANA y E. ALARCÓN. 1973. Evaluación preliminar de los recursos potencialmente explotables situados entre la Bahía de Corral e Isla Guambelín. Instituto de Fomento Pesquero, Publ., 53: 1-78.
- PEQUEÑO, G. 1975. Peces del Crucero "Merluza V" efectuado con el B/C "Carlos Darwin", entre Corral y Coquimbo. Enero-Febrero, 1970. Mus. Nac. Hist. Nat., Chile, Bol., 34: 227-232.
- PEQUEÑO, G. 1977. El género *Galeorhinus* en Chile (Elasmobranchii, Triakidae). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 16 (2): 183-188.
- PEQUEÑO, G. 1984. Peces marinos comunes de Valdivia. Universidad Austral de Chile, Dirección de Extensión, Valdivia, 62 pp.
- PEQUEÑO, G. 1983. La condriictiofauna de las regiones de Chile y California-Oregon: comparación preliminar, pp. 253-267, En: Proceedings International Conference on Marine Resources of the Pacific, P. Arana (Ed.), Valparaíso.
- PEQUEÑO, G. 1989. Peces de Chile. Lista Sistemática Revisada y Comentada. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 24 (2): 1-132.
- PEQUEÑO, G. 1997. Peces de Chile. Lista Sistemática Revisada y Comentada: *addendum*. Rev. Biol. Mar. y Oceanogr., 32 (2): 77-94.
- PEQUEÑO, G. y J. LAMILLA. 1985. Estudio sobre una colección de rayas del sur de Chile (Chondrichthyes, Rajidae). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 21 (2): 255-271.
- PEQUEÑO, G. y J. LAMILLA. 1993. Batoideos comunes a las costas de Chile y Argentina-Uruguay. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 28 (2): 203-217.
- PEQUEÑO, G., R. NAVARRO y J. OPORTO. 1988. *Discopyge teschudii* Heckel, 1845: aporte a su taxonomía, con hincapié en su dimorfismo sexual (Chondrichthyes, Narcinidae). Est. Oceanol., 7: 41-50.
- PEQUEÑO, G., D. LLORIS y J. RUCABADO. 1990. Tiburones comunes a las costas de Chile, California-Oregon y Namibia-Sudáfrica. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 24 (2): 65-80.
- PEREZ CANTO, C. 1886. Estudio sobre algunos escaulos de la costa de Chile. Valparaíso, 12 pp.

- PRATT, JR., H.L., and J.G. CASSEY. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus paucus*. Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pacific Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. NOAA Tech. Rept. NMFS, 8: 175-177.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA (SERNAP). 1959-1994. Síntesis Estadística de Pesca. Un volumen por año. Santiago.
- TRUJILLO, H. 1972. Distribución y abundancia de recursos demersales capturados durante pescas exploratorias realizadas a lo largo de la costa chilena (con énfasis en las merluzas), 1964-1969. Instituto de Fomento Pesquero, Bol. Cient., 17 : 1-94.

MORFOLOGIA Y DISPOSICION DE LOS DIENTES EN UNA ESPECIE CON HETERODONTIA SEXUAL: RAJA (*DIPTURUS*) *CHILENSIS* GUICHENOT, 1848*

MORPHOLOGY AND ARRANGEMENT OF THE TEETH IN A SPECIES WITH SEXUAL HETERODONTY: RAJA (*DIPTURUS*) *CHILENSIS* GUICHENOT, 1848

Sylvia Saez B.** y Julio Lamilla G.**

RESUMEN

La escasa información sobre dientes en especies de *Raja* (*Dipturus*), hace necesario el análisis de la morfología, vascularización y disposición dentaria en *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

El análisis de la morfología de las piezas dentales de la primera hilera funcional, así como en la medición del ancho y alto de los dientes de algunos ejemplares de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*, evidenció una heterodontía sexual, las hembras mostraron dientes anchos y con una corona baja, a diferencia de los machos que presentaron dientes altos y punzantes. Utilizando el teorema del coseno, se obtuvo el ángulo de inclinación de los dientes. Los machos mostraron dientes más inclinados que aquellos observados en las hembras. Machos y hembras mostraron una raíz de tipo holoaulacorhizada. Las piezas dentarias, en ambos sexos se disponen en series ordenadas, paralelas y longitudinales, lo que sucede en ambas arcadas de ambas mandíbulas, sin embargo, los machos presentan las hileras de dientes más separadas que en las hembras. Respecto al número de dientes, las hembras superan levemente a los machos, en ambas mandíbulas.

Palabras clave: Dimorfismo Sexual Dentario, Dientes, Rajidae, Pacífico Sur, Chile.

ABSTRACT

The scarce information about the teeth in species of *Raja* (*Dipturus*) requires the analysis of the morphology, vascularization, and arrangement of the teeth of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

The analysis of the dental pieces morphology of the first functional row, as well as, the measurement of width and height of the teeth in some specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* made evident a sexual heterodonty, the females have wide teeth with low crowns. In contrast, the males have high and sharp-pointed crowns. Using the theorem of cosine the angles of inclination of the teeth were obtained. The males showed more steeped slopes than the observed in the females. Males and females showed holoaulacorhizid type roots. The dental pieces of both jaws and sexes are arranged in parallel and longitudinal series, however, the rows of teeth in the males proved to be more distant among themselves than those of the females. In relation to the number of teeth, the females slightly exceeds the males in both jaws.

Key words: Dental Sexual Dimorphism, Teeth, Rajidae, South Pacific, Chile.

Fecha de recepción: 12 - 06 - 97. Fecha de aceptación: 03 - 11 - 97.

*Resultados parciales del proyecto S-95-31 de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile.

**Instituto de Zoología "Ernst F. Kilian", Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

INTRODUCCION

En el estudio de la morfología dentaria de *Raja (Dipturus) chilensis* Guichenot, 1848, sólo se conocen trabajos que describen en forma general pero resumida la dentadura de ambos sexos. Se desconoce la existencia de estudios detallados referente a la morfología externa e interna de los dientes. Hasta el momento, los estudios han sido focalizados en determinar la fórmula dentaria de ambas mandíbulas, carácter extensamente utilizado en la taxonomía de rayas por diversos autores (Feduccia & Slaughter, 1974; Hubbs & Ishiyama, 1968; Leible, 1988).

La gran mayoría de las especies de rayas presenta un dimorfismo sexual dentario que afecta la dentición de los individuos una vez que maduran sexualmente. *Raja (Dipturus) chilensis* es una de las especies de rayas que presenta esta característica (De Buen, 1959; Leible, 1987).

Tal heterodontía sexual ha sido explicada de diversas maneras y por diversos autores, postulando algunos de ellos, como Feduccia & Slaughter (1974) que esta morfología dentaria difiere entre machos y hembras como una estrategia para disminuir la competencia intraespecífica. Otra explicación al dimorfismo sexual dentario es dada por Du Buit (1978) quien considera que en aquellos individuos, hay un cambio alimentario en el transcurso de su ontogenia, modificándose junto con esto su dentadura. Sin embargo, otros autores consideran que el dimorfismo sexual en la dentadura de las rayas está relacionado con sus hábitos reproductivos (McEachran, 1977; Tainiuchi & Shimizu, 1993).

El objetivo de este estudio es entregar una información más amplia de la morfología externa e interna del diente, así como la disposición dentaria de *Raja (Dipturus) chilensis*, que permita visualizar cualitativamente y cuantitativamente su heterodontía sexual.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron 5 ejemplares (2 hembras y 3 machos) de *Raja (Dipturus) chilensis* capturados con fecha 27/12/86 a 34 millas SW de Corral (40° 13' S; 73° 58' W) con espinel a una profundidad de 350 m, dicha captura fue realizada por

L / M "Calypso I". Los ejemplares se seleccionaron de los desembarques según el estado general de la mandíbula y del individuo, ya que, al sacar el anzuelo es muy factible dañar los dientes.

La determinación taxonómica de *Raja (Dipturus) chilensis* se realizó con los trabajos de algunos autores como De Buen (1959), Leible (1987), Norman (1937), Pequeño & Lamilla (1985). Adicionalmente, para fines de identificación y confirmar algunas observaciones, se contó con seis ejemplares de la colección de peces marinos del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile (IZUA - PM-208, 404, 504a y 504b, 539, 1339). Luego, se obtuvieron medidas de la longitud total, longitud y ancho del disco y por último, se determinó el sexo. A cada espécimen se le extrajo ambas mandíbulas, que fueron congeladas, limpiadas y secadas al aire por algunos días. Para extraer los dientes, las mandíbulas fueron sumergidas en una solución caliente de Na OH (hidróxido de sodio) diluido al 5%.

Los dientes, una vez sueltos, fueron colocados en una bandeja especialmente diseñada para su conservación. Las piezas dentales extraídas (361 dientes), fueron de la primera hilera funcional, siendo ésta la más externa y más completa de las hileras de dientes de la mandíbula. El recuento de los dientes fue desde el diente sinfisial hacia el diente comisural. Se denominó diente 1 a aquella pieza dental que acompaña al diente sinfisial continuando con la enumeración correlativa 2, 3, etc. hasta la pieza dentaria que acompaña al diente comisural. Esta metodología se utilizó en ambas arcadas de la mandíbula superior e inferior.

Finalmente se procedió a medir los dientes, con una lupa esteroscópica y una reglilla graduada en el ocular con una precisión de 0,01 mm, con ella se midió el ancho (a') y altura (h) de cada uno de los dientes extraídos. Con las mediciones, y aprovechando la forma triangular de ellos se midió el ángulo de cada diente; para ello se utilizó el teorema del coseno:

$$\alpha = \arccos [(b^2 + c^2 - a^2) / 2bc]$$

donde a y b es la distancia desde los extremos más anchos del diente hasta la punta de éste y c es la distancia que comprende ambos extremos de la parte más ancha de éste (Fig. 1).

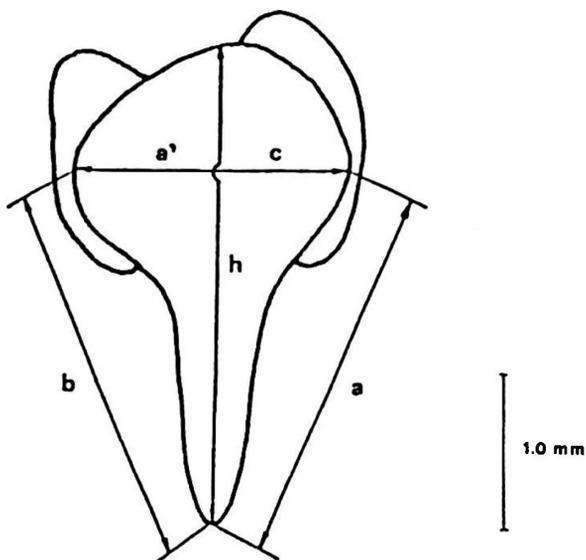


Figura 1. Esquema de las medidas realizadas a los dientes de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (a'= ancho; h = altura; a, b, c = lados).

Diagram of the measurement in teeth of *Raja* (*Dipterus*) *chilensis* (a'=width, h=height; a, b, c= side view).

Para efectuar los cortes transversales de los dientes fue necesario su descalcificación con ácido cítrico. Luego, se lavaron con agua y fueron secados con papel absorbente, para ser cortados con un bisturí. La terminología dentaria fue definida siguiendo a Herman *et al.* (1995), James (1953); Prostak *et al.* (1991) y Radinsky (1961).

RESULTADOS

Longitud total

En los análisis realizados para *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*, se observó que los 2 ejemplares de hembras estudiados muestran una mayor longitud total que los machos, con un promedio de

1074 mm, y los machos registraron un promedio igual a 1006,6 mm (Tabla 1).

Longitud y ancho del disco

La longitud del disco difirió en ambos sexos, así las hembras registraron una longitud promedio menor que la observada en machos, es decir, 562 mm; en los machos se observó una longitud del disco promedio de 633 mm. Con respecto al ancho del disco, esta variable registró un promedio de 832 mm en las hembras, y un promedio de 786 mm en los machos. Los porcentajes medidos respecto a la longitud total fueron: longitud del disco 52,3 en hembras y 62,9 en machos; ancho del disco 77,5 en hembras y 78,1 en machos (Tabla 1).

Morfología dentaria

Raja (*Dipturus*) *chilensis* posee heterodontía sexual, los machos poseen dientes más altos y menos anchos que las hembras, cuyos dientes son notablemente más anchos y menos agudos que los machos. Ambos sexos poseen dientes monocuspidales, distribuidos paralela y longitudinalmente en ambas mandíbulas. Cada diente muestra dos partes principales, la corona y la raíz. La corona cubierta por esmalte, es más alta, punzante, levemente arqueada en el caso de los machos; en hembras en cambio, es corta, de punta roma, más ancha en la base, situación que cambia en la mandíbula inferior, donde los dientes son levemente más punzantes. Los dientes comisurales en hembras son pequeños, redondeados, sin corona (por encontrarse en formación); en machos, éstos se presentan como un diente funcional pero más pequeño, situación que se advierte en ambas mandíbulas. Por

Tabla 1. Longitud total (expresado en mm), longitud del disco y ancho del disco (expresados en % de la longitud total) de hembras y machos de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5).

Total length (mm), disk length and width (% total length) of male and female specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5).

N	Sexo	Longitud total	Longitud del disco	Ancho del disco
2	Hembras	1074	52,3	77,5
3	Machos	1006,6	62,9	78,1

su parte, el diente sinfisial es alto y punzante en los machos, a diferencia de las hembras que presentan dientes más anchos y con una punta menos aguda que la observada en los machos. La base del diente en las hembras es ancha, formada por dos lóbulos, de aspecto rugoso, áspero y se encuentra unido directamente al epitelio dental; en los machos es más delgada, compuesta también de dos lóbulos más angostos que en hembras, de aspecto rugoso, áspero como en las hembras; al centro se encuentra la raíz, en la cual la dentina forma parte de ella. La raíz es de tipo holoaulacorhizada. La cavidad

pulpar es amplia de ella salen los tubos vasculares de la dentina circumpulpar (Fig. 2).

Disposición de los dientes

Los dientes de los cinco ejemplares de *Raja (Dipturus) chilensis*, se disponen en forma ordenada en hileras longitudinales y paralelas en ambos sexos. Sin embargo, en los machos las hileras de dientes se encuentran más separadas entre ellas, a diferencia de las hembras que poseen hileras más juntas (Fig. 3).

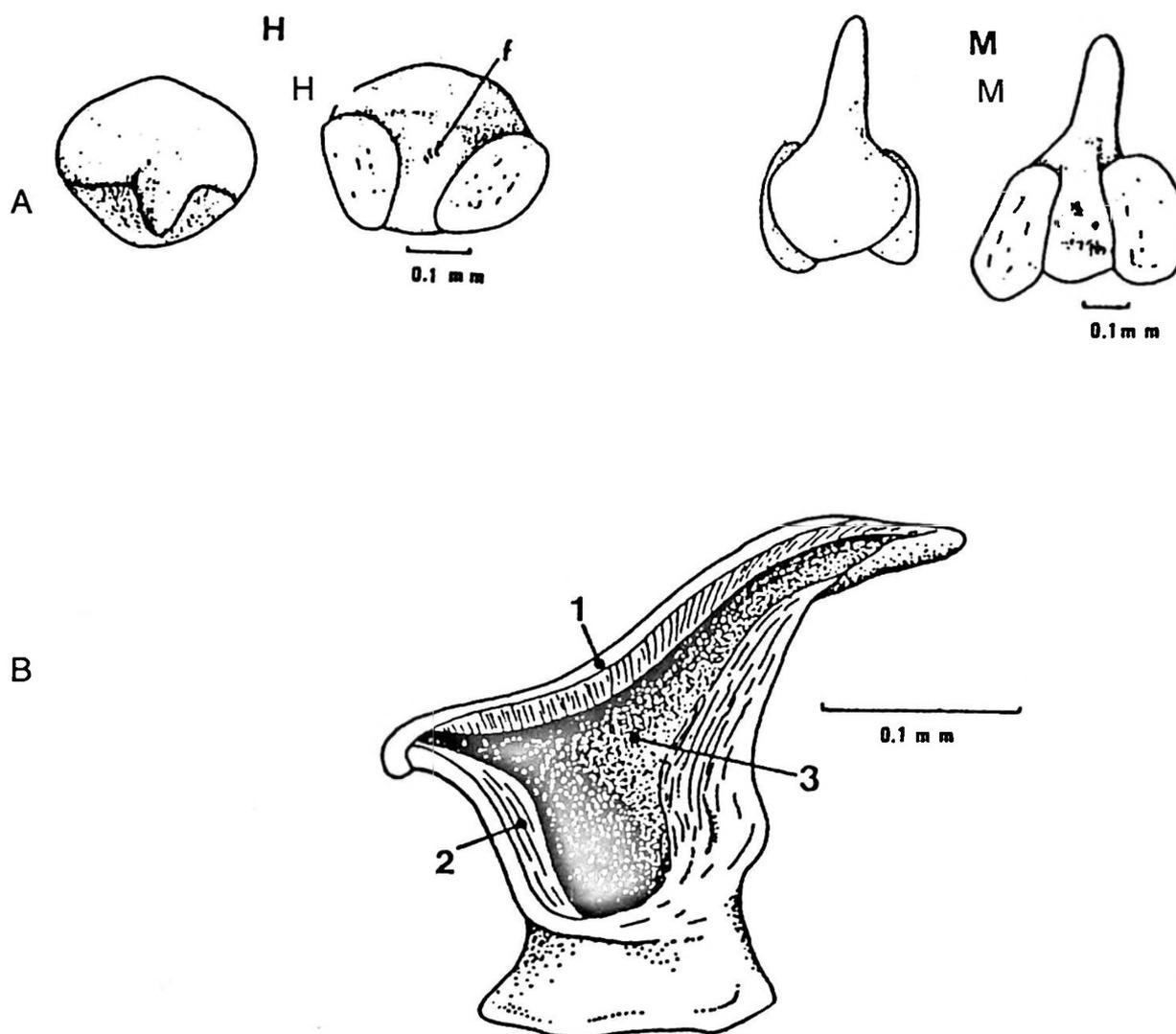


Figura 2. Morfología dentaria. A. Vista frontal y posterior de los dientes de la mandíbula superior de ejemplares hembras (H) y machos (M) de *Raja (Dipturus) chilensis*. (f.: foramina). B. Corte transversal de diente de un ejemplar macho: 1.- Esmalte. 2.- Dentina circumpulpar. 3.- Cavidad pulpar.

Dental Morphology. A. Frontal and posterior teeth view of female (H) and male (M) specimens of *Raja (Dipturus)*. B. Transversal teeth view of a male individual.

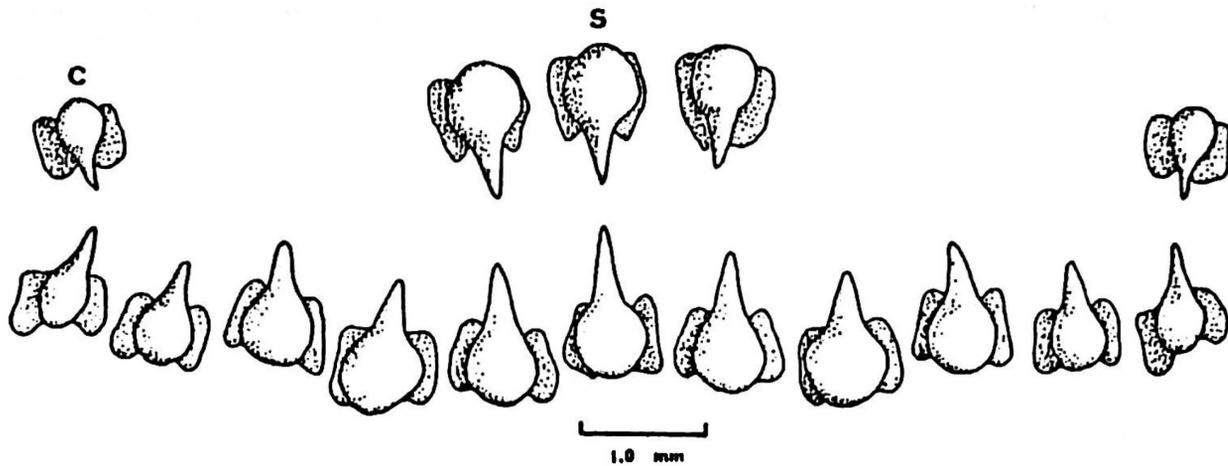


Figura 3. Disposición de los dientes en ambas mandíbulas de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* de un ejemplar macho (C: diente comisural; S: diente sinfisial).

Teeth arrangement in the mandibles of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* of a male specimen.

Número de dientes

Hay diferencias en los ejemplares estudiados en el número total de dientes según el sexo. En la mandíbula superior, las hembras mostraron un promedio de 39 piezas dentarias y en los machos 37. En la mandíbula inferior, también hubo diferencias, las hembras mostraron un promedio de 38 piezas dentarias y en los machos se registró un promedio total de 37 dientes (Tabla 2).

Fórmula dentaria

Al estudiar la fórmula dentaria de hembras y machos, se advierten ciertas desigualdades, las hembras registraron una fórmula dentaria igual a 20 - 20 / 19 - 20. Los machos por su parte registraron una fórmula dentaria: 19 - 19 / 20 - 18, es decir, 19 hileras de dientes en ambas arcadas de la mandíbula superior y en la mandíbula inferior 20 hileras en la arcada derecha y 18 hileras de dientes en la arcada izquierda.

Tabla 2. Número de dientes, promedio, mínimo y máximo registrados en ambas mandíbulas de los ejemplares hembras (n=2) y de los machos (n=3) de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (MSD = dientes de la mandíbula superior derecha; MSI= dientes de la mandíbula superior izquierda; MS - TOTAL= total de dientes de la mandíbula superior; MID= dientes de la mandíbula inferior derecha; MII= mandíbula inferior izquierda; MI-TOTAL= total de dientes de la mandíbula inferior).

Teeth number, mean, minimum and maximum recorded values in mandibles in females (n=2) and males (n=3) of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (MSD= Teeth of upper right mandible; MSI= Teeth of upper left mandible; MS-TOTAL= Total teeth number of upper mandible; MID= Teeth of lower right mandible; MII= Lower left mandible; MI-TOTAL= Total teeth in lower mandible).

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
MSD	19,50	18,33	19,00	18,00	20,00	19,00
MSI	19,50	18,67	19,00	18,00	20,00	19,00
MS-TOTAL	39,00	37,00	38,00	36,00	40,00	38,00
MID	19,00	19,33	19,00	19,00	19,00	20,00
MII	19,50	17,33	19,00	17,00	20,00	18,00
MI-TOTAL	38,50	36,67	38,00	36,00	39,00	38,00

Ancho de los dientes

El ancho de los dientes de *Raja (Dipturus) chilensis*, muestran diferencias entre los sexos (Fig. 4) (Tabla 3).

izquierda, este valor aumenta con un promedio de 2,14 mm, registrándose en el diente 11.

El ancho sinfisial promedio de las hembras fue de 2,48 mm, mientras que en los machos fue sólo 1,87 mm. Los dientes comisurales en las

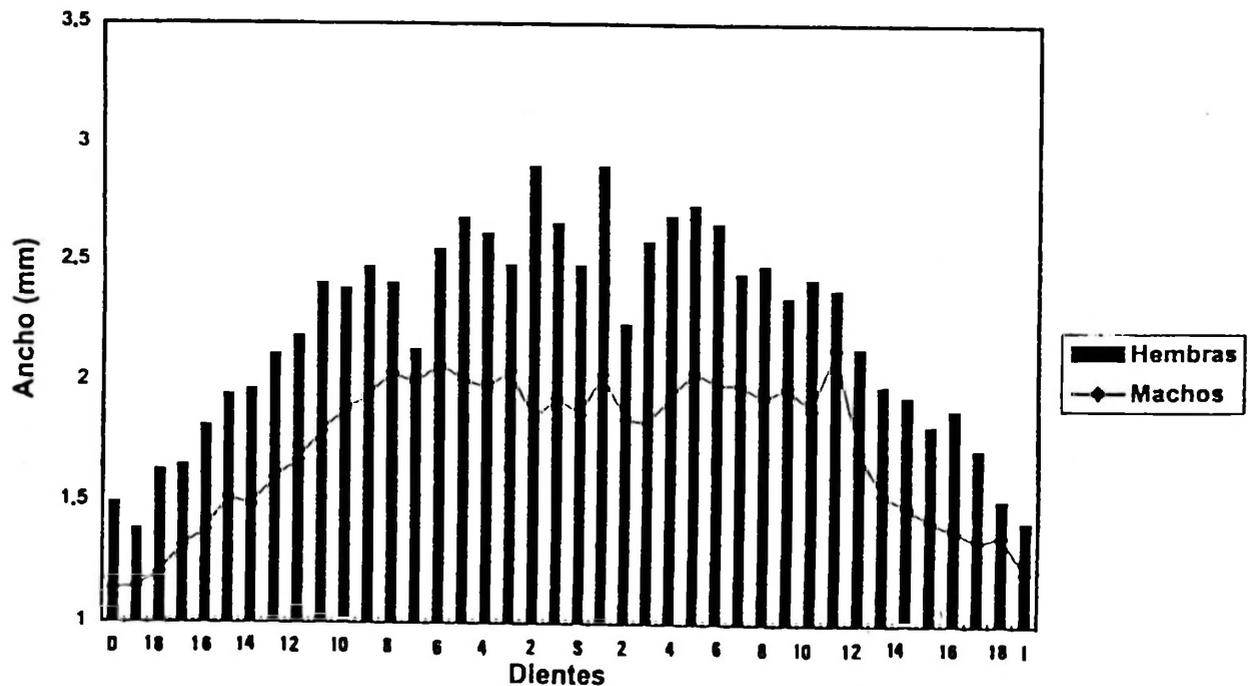


Figura 4. Promedio de los anchos de los dientes de la mandíbula superior de hembras y machos de *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; I= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth width of the upper mandible in male and female specimens of *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S= symphyseal teeth; I= commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I= left arcade).

Las hembras poseen un ancho mayor en la mandíbula superior con un valor máximo de 2,90 mm observado en el diente 2, correspondiente a la arcada derecha. A su vez, en la arcada izquierda se registró un ancho promedio idéntico al recién señalado pero observado en el diente 1. Los machos registraron un valor promedio de 2,04 mm en la arcada derecha, observado éste en el diente 3; en la arcada

hembras fue en la arcada derecha de 1,49 mm y en la arcada izquierda 1,43 mm. Los machos registraron un valor de 1,14 mm arcada derecha y de 1,22 mm para la izquierda.

En la mandíbula inferior, las hembras registraron en la arcada derecha un promedio máximo de 2,56 mm, valor que se repite para la arcada izquierda en el diente 1; los machos a su vez vuelven a tener valores menores al igual

Tabla 3. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del ancho de los dientes de la mandíbula superior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Mean, minimum, maximum and standard deviation of upper mandible teeth width of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	1,50	1,14	1,50	1,06	1,50	1,23	—	0,09
19	1,39	—	1,39	—	1,39	—	—	—
18	1,63	1,21	1,52	1,21	1,74	1,21	0,16	—
17	1,65	1,32	1,43	1,21	1,87	1,43	0,31	0,11
16	1,82	1,39	1,67	1,32	1,96	1,52	0,20	0,11
15	1,95	1,52	1,87	1,43	2,02	1,58	0,11	0,08
14	1,97	1,49	1,83	1,47	2,11	1,50	0,20	0,01
13	2,11	1,60	2,05	1,52	2,18	1,69	0,09	0,09
12	2,19	1,67	2,05	1,61	2,33	1,80	0,20	0,11
11	2,41	1,79	2,29	1,54	2,53	2,05	0,17	0,36
10	2,39	1,88	2,22	1,72	2,55	1,98	0,23	0,15
9	2,48	1,94	2,09	1,89	2,86	2,00	0,54	0,06
8	2,41	2,04	2,18	1,98	2,64	2,16	0,33	0,10
7	2,13	1,99	2,13	1,87	2,13	2,24	—	0,22
6	2,55	2,08	2,20	1,89	2,90	2,31	0,50	0,21
5	2,68	2,01	2,18	1,65	3,19	2,33	0,72	0,34
4	2,62	1,98	2,11	1,65	3,12	2,27	0,72	0,31
3	2,49	2,04	1,98	1,96	2,99	2,13	0,72	0,12
2	2,90	1,85	2,90	1,61	2,90	2,09	—	0,34
1	2,66	1,94	2,66	1,89	2,66	1,98	—	0,06
S	2,48	1,87	2,11	1,65	2,86	1,98	0,53	0,19
4	2,90	2,04	2,90	1,98	2,90	2,09	—	0,08
2	2,24	1,85	2,24	1,52	2,24	2,05	—	0,29
3	2,59	1,83	2,11	1,54	3,06	1,98	0,67	0,25
4	2,70	1,94	2,31	1,65	3,08	2,09	0,54	0,25
5	2,74	2,05	2,42	1,87	3,06	2,27	0,45	0,20
6	2,66	1,99	2,20	1,87	3,12	2,24	0,65	0,22
7	2,45	1,99	2,27	1,76	2,64	2,31	0,26	0,28
8	2,49	1,94	2,33	1,83	2,64	2,05	0,22	0,11
9	2,35	1,99	2,22	1,89	2,49	2,09	0,19	0,10
10	2,43	1,89	2,09	1,72	2,77	2,09	0,48	0,19
11	2,39	2,14	2,13	1,83	2,64	2,64	0,36	0,44
12	2,15	1,72	2,05	1,65	2,24	1,83	0,14	0,10
13	1,99	1,54	1,91	1,50	2,07	1,63	0,11	0,08
14	1,95	1,49	1,78	1,43	2,11	1,58	0,23	0,08
15	1,83	1,43	1,72	1,41	1,94	1,45	0,16	0,02
16	1,89	1,39	1,72	1,32	2,07	1,47	0,25	0,08
17	1,73	1,35	1,69	1,32	1,76	1,39	0,05	0,03
18	1,52	1,38	1,52	1,36	1,52	1,39	—	0,02
I	1,43	1,22	1,43	1,21	1,43	1,23	0,00	0,02

que lo observado en la mandíbula superior, el promedio máximo fue en la arcada derecha con 1,95 mm en el diente 2, aumentando levemente en la arcada izquierda con un valor de 1,96 mm en el diente 1. El ancho sinfisial en las hembras fue de 2,51 mm mientras que en los machos es

de 1,98 mm. Los dientes comisurales para las hembras fue 1,55 mm en la arcada derecha y en la arcada izquierda fue de 1,58 mm. En los machos, a su vez, en la arcada derecha fue de 1,43 mm y en la izquierda de 1,20 mm. (Fig. 5) (Tabla 4)

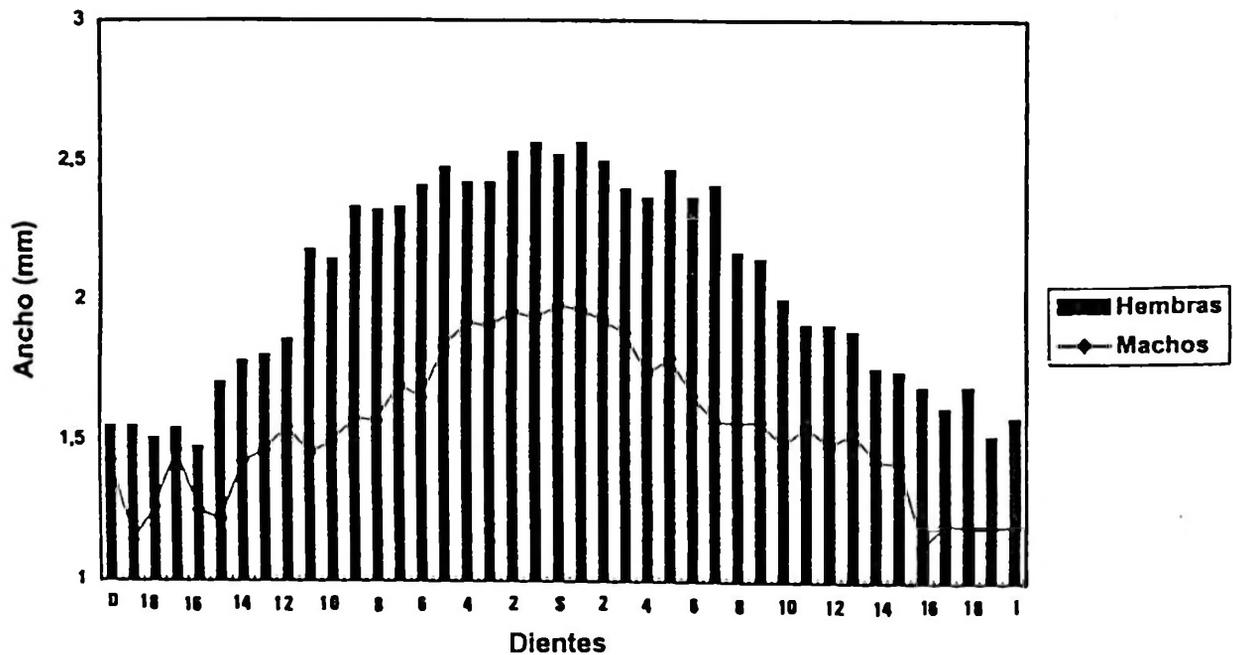


Figura 5. Promedio de los anchos de los dientes de la mandíbula inferior de hembras y machos de *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; 1= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth width of the lower mandible in male and female specimens of *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S: symphyial teeth; I=commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I=left arcade).

Altura de los dientes

Los dientes más altos, lo registraron los machos con un promedio máximo para la mandíbula superior derecha de 3,63 mm (en el diente 2) en la arcada izquierda el valor máximo promedio fue de 3,17 mm (diente 4). Las hembras, registraron valores más bajos en ambas arcadas es así que, en la arcada derecha el promedio máximo fue de 2,88 mm (diente 8) y 2,84 (diente 4) en la arcada izquierda (Fig. 6) (Tabla 5).

La altura del diente sinfisial, en los machos posee un promedio de 3,07 mm mientras que en hembras el valor disminuyó a 2,64 mm. Por su parte, las piezas comisurales de los machos, indican un promedio de 2,17 mm en la arcada derecha y 1,95 mm en la izquierda. Las hembras, registraron un valor promedio de 1,23 mm en la arcada derecha y 1,39 en la izquierda, cual evidencia nuevamente la desigualdad observada entre los sexos.

En la mandíbula inferior, aparece la misma

tendencia que aquella observada en la mandíbula superior, pues los machos estudiados tuvieron valores más altos que las hembras (Fig. 7) (Tabla 6). Se puede apreciar que los machos registraron un valor promedio máximo de 3,53 mm en la mandíbula inferior derecha en el diente 4, mientras que las hembras, mostraron un valor de 3,11 mm (dientes 1 y 2). En la arcada izquierda de los machos se observó un valor de 3,76 mm en el diente 1 como promedio máximo y en las hembras un valor de 3,32 mm en la misma pieza dentaria.

Respecto al diente sinfisial, se evidencia que los machos poseen un valor promedio de 3,61 mm y las hembras de 3,09 mm. Finalmente, las piezas dentarias comisurales de los machos mostraron un promedio máximo de 2,17 mm en la arcada derecha y las hembras 1,43 mm. En la arcada izquierda, los machos obtuvieron un promedio de 2,12 mm mientras que las hembras fue tan sólo de 1,36 mm.

Tabla 4. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del ancho de los dientes de la mandíbula inferior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Mean, minimum, maximum and standard deviation of lower mandible teeth width of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	1,55	1,43	1,43	1,23	1,67	1,69	0,17	0,24
19	—	1,14	—	1,14	—	1,14	—	—
18	1,51	1,27	1,43	1,10	1,58	1,69	0,11	0,24
17	1,54	1,46	1,43	1,28	1,65	1,43	0,16	0,23
16	1,47	1,25	1,47	1,10	1,47	1,65	—	0,26
15	1,71	1,22	1,67	1,21	1,74	1,45	0,05	0,18
14	1,78	1,42	1,76	1,30	1,80	1,23	0,03	0,02
13	1,80	1,46	1,78	1,28	1,83	1,65	0,03	0,20
12	1,86	1,55	1,83	1,30	1,89	1,65	0,05	0,26
11	2,18	1,45	1,91	1,28	2,44	2,02	0,37	0,41
10	2,15	1,50	1,87	1,32	2,42	1,72	0,39	0,23
9	2,33	1,58	2,02	1,36	2,64	1,74	0,44	0,22
8	2,32	1,57	2,00	1,36	2,64	1,87	0,45	0,26
7	2,33	1,70	2,02	1,52	2,64	1,69	0,44	0,18
6	2,41	1,65	2,18	1,63	2,64	1,87	0,33	0,18
5	2,48	1,83	2,20	1,58	2,75	1,67	0,39	0,03
4	2,42	1,92	2,20	1,72	2,64	1,98	0,31	0,22
3	2,42	1,91	2,18	1,67	2,66	2,24	0,34	0,28
2	2,53	1,95	2,31	1,67	2,75	2,11	0,31	0,22
1	2,56	1,94	2,27	1,76	2,86	2,24	0,42	0,29
S	2,51	1,98	2,27	1,83	2,77	2,11	0,36	0,25
1	2,56	1,96	2,46	1,78	2,66	2,13	0,14	0,15
2	2,50	1,93	2,24	1,87	2,75	2,09	0,36	0,16
3	2,40	1,88	2,20	1,76	2,60	2,02	0,28	0,08
4	2,37	1,74	2,09	1,72	2,64	2,07	0,39	0,16
5	2,46	1,80	2,31	1,69	2,62	1,76	0,22	0,03
6	2,37	1,66	2,20	1,65	2,53	1,98	0,23	0,16
7	2,41	1,57	2,31	1,52	2,51	1,67	0,14	0,02
8	2,17	1,56	1,98	1,52	2,35	1,61	0,26	0,05
9	2,15	1,57	1,98	1,45	2,31	1,65	0,23	0,08
10	2,00	1,48	1,98	1,30	2,02	1,76	0,03	0,17
11	1,91	1,55	1,83	1,45	2,00	1,72	0,12	0,21
12	1,91	1,48	1,89	1,32	1,94	1,76	0,03	0,18
13	1,89	1,53	1,85	1,39	1,94	1,69	0,06	0,19
14	1,76	1,43	1,76	1,36	1,76	1,69	—	0,15
15	1,75	1,42	1,72	1,28	1,78	1,50	0,05	0,09
16	1,69	1,13	1,65	0,99	1,74	1,67	0,06	0,22
17	1,62	1,21	1,58	1,21	1,65	1,28	0,05	0,20
18	1,69	—	1,52	—	1,87	—	0,25	—
19	1,52	—	1,52	—	1,52	—	—	—
I	1,58	1,20	1,54	1,14	1,63	1,21	0,06	—

Ángulos de los dientes

Los ángulos de inclinación de los dientes de la mandíbula superior de los dos ejemplares hembras varían en la arcada derecha desde los 34,93° en el diente comisural hasta los 56,99° en el diente 17. En la arcada izquierda se registran ángulos cuyos valores van desde los 48,55° en

el diente comisural, hasta los 75,99° en el diente 6. La pieza sinfisial tuvo un ángulo de 50,17° (Fig. 8) (Tabla 7).

Los machos mostraron ángulos de inclinación mayores que aquellos observados en hembras. Estos varían desde los 64,05° en el diente 3 hasta los 79,32° en el diente 18, valores que se observaron en la arcada derecha. En la arcada

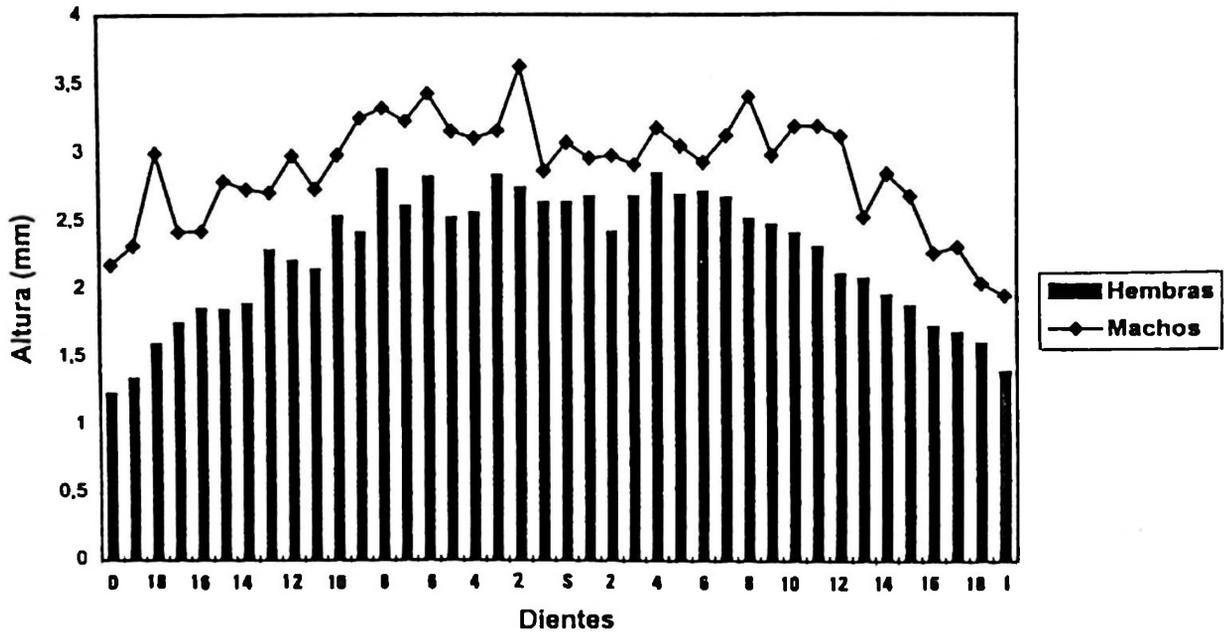


Figura 6. Promedio de las alturas de los dientes de la mandíbula superior de hembras y machos de *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; I= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth width of the height mandible in male and female specimens of *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S= symphyisial teeth; I= commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I= left arcade).

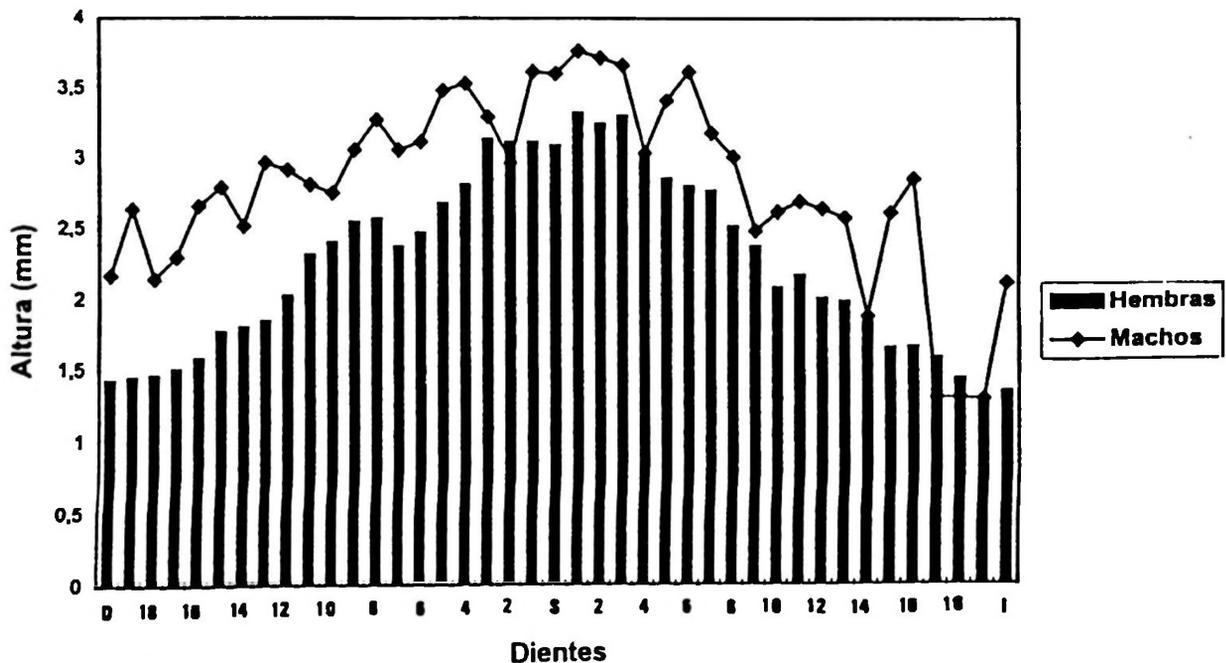


Figura 7. Promedio de las alturas de los dientes de la mandíbula inferior de hembras y machos de *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; I= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth height of the lower mandible in male and female specimens of *Raja (Dipturus) chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S= symphyisial teeth; I= commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I= left arcade).

Tabla 5. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del alto de los dientes de la mandíbula superior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Mean, minimum, maximum and standard deviation of upper mandible teeth height of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	1,23	2,17	1,23	1,14	1,23	2,71	—	0,90
19	1,34	—	1,34	—	1,34	—	—	—
18	1,60	2,99	1,54	2,99	1,65	2,99	0,08	—
17	1,75	2,42	1,54	1,34	1,96	3,08	0,30	0,94
16	1,86	2,43	1,72	1,36	2,00	3,17	0,20	0,94
15	1,85	2,79	1,74	1,56	1,96	3,52	0,16	1,07
14	1,89	2,74	1,72	1,56	2,07	3,52	0,25	1,04
13	2,29	2,71	2,16	1,83	2,42	3,54	0,19	0,86
12	2,21	2,98	2,20	1,91	2,22	3,72	0,02	0,94
11	2,15	2,74	2,13	2,13	2,16	3,34	0,02	0,86
10	2,54	2,98	2,44	2,02	2,64	3,52	0,14	0,83
9	2,42	3,25	2,09	2,42	2,75	3,70	0,47	0,72
8	2,88	3,32	2,64	2,53	3,12	3,81	0,34	0,69
7	2,62	3,23	2,62	2,42	2,62	4,07	—	0,83
6	2,83	3,43	2,49	2,57	3,17	3,96	0,48	0,75
5	2,53	3,15	2,42	2,64	2,64	3,96	0,16	0,71
4	2,56	3,10	2,49	2,49	2,64	3,74	0,11	0,63
3	2,84	3,16	2,82	2,53	2,86	3,78	0,03	0,89
2	2,75	3,63	2,75	3,19	2,75	4,07	—	0,62
1	2,64	2,87	2,64	2,33	2,64	3,41	—	0,76
S	2,64	3,07	2,42	2,42	2,86	3,41	0,31	0,57
1	2,68	2,96	2,68	2,53	2,68	3,39	—	0,61
2	2,42	2,98	2,42	2,42	2,42	3,32	—	0,49
3	2,68	2,91	2,31	2,64	3,06	3,30	0,53	0,35
4	2,84	3,17	2,66	2,71	3,04	3,85	0,26	0,60
5	2,70	3,04	2,49	2,64	2,90	3,85	0,30	0,70
6	2,72	2,93	2,57	2,51	2,86	3,63	0,20	0,61
7	2,67	3,12	2,53	2,53	2,82	3,74	0,20	0,61
8	2,52	3,40	2,46	2,33	2,57	4,22	0,08	0,97
9	2,48	2,98	2,20	2,44	2,75	3,78	0,39	0,71
10	2,41	3,18	2,18	2,42	2,64	4,18	0,33	0,90
11	2,31	3,18	2,05	2,42	2,57	3,85	0,37	0,72
12	2,11	3,11	2,02	2,09	2,20	3,63	0,12	0,88
16	2,08	2,53	1,96	1,98	2,20	3,63	0,17	0,95
14	1,96	2,85	1,83	1,91	2,09	3,34	0,19	0,81
15	1,88	2,68	1,80	1,78	1,96	3,39	0,11	0,82
16	1,73	2,27	1,69	1,41	1,76	3,30	0,05	0,96
17	1,68	2,31	1,65	1,36	1,72	3,12	0,05	0,89
18	1,61	2,05	1,61	1,30	1,61	2,79	—	1,06
I	1,39	1,95	1,36	1,14	1,43	2,77	0,05	1,15

izquierda, se registraron ángulos que varían desde los 57,70° observados en el diente 6, hasta los 72,85° en el diente 1. Los ángulos de los dientes comisurales medidos en la arcada derecha fue de 71,66° y 65,61° en la arcada izquierda. El ángulo observado en la pieza sinfisial fue 71,02°.

En la mandíbula inferior al analizar los án-

gulos de inclinación registrados en las piezas dentarias de las hembras se observa que fluctúan entre los 37,43° en el diente comisural y los 60,01° en el diente sinfisial. En la arcada izquierda, los ángulos de los dientes variaron entre los 31,95° en el diente comisural y los 71,90° en el diente 3, ángulo que se destaca del resto (Fig. 9) (Tabla 8).

Tabla 6. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del alto de los dientes de la mandíbula inferior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja (Dipturus) chilensis*

Mean, minimum, maximum and standard deviation of lower mandible teeth height of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja (Dipturus) chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	1,43	2,17	1,32	1,32	1,54	2,64	0,16	0,74
19	—	2,64	—	2,64	—	2,64	—	—
18	1,46	2,15	1,32	1,30	1,61	2,99	0,20	1,20
17	1,51	2,30	1,34	1,72	1,67	2,88	0,23	0,82
16	1,58	2,66	1,58	1,32	1,58	3,85	—	1,27
15	1,77	2,79	1,74	2,75	1,80	2,84	0,05	0,06
14	1,80	2,52	1,76	1,72	1,85	3,19	0,06	0,75
13	1,85	2,97	1,72	2,97	1,98	2,97	0,19	0,00
12	2,04	2,92	1,96	2,55	2,11	3,34	0,11	0,40
11	2,32	2,82	2,05	2,00	2,60	3,26	0,39	0,71
10	2,41	2,76	2,18	2,07	2,64	3,19	0,33	0,60
9	2,55	3,06	2,09	2,20	3,01	3,54	0,65	0,75
8	2,57	3,27	2,18	2,64	2,97	3,74	0,56	0,57
7	2,38	3,06	2,20	1,87	2,55	3,96	0,25	1,07
6	2,48	3,11	2,31	2,90	2,64	3,32	0,23	0,30
5	2,68	3,48	2,27	2,68	3,10	3,98	0,59	0,70
4	2,82	3,53	2,64	2,75	2,99	4,22	0,25	0,74
3	3,14	3,29	3,08	2,97	3,19	3,74	0,08	0,40
2	3,11	2,97	2,93	2,75	3,30	3,19	0,26	0,22
1	3,11	3,62	2,93	3,32	3,30	3,92	0,26	0,42
S	3,09	3,61	2,77	3,08	3,41	4,00	0,45	0,48
1	3,32	3,76	3,32	3,34	3,32	4,55	0,00	0,68
2	3,25	3,72	3,08	3,01	3,41	4,29	0,23	0,65
3	3,30	3,67	3,08	3,32	3,52	3,87	0,31	0,30
4	3,00	3,04	2,88	2,31	3,12	3,76	0,17	1,03
5	2,86	3,41	2,53	2,64	3,19	3,85	0,47	0,67
6	2,81	3,62	2,75	3,52	2,86	3,72	0,08	0,14
7	2,77	3,18	2,75	2,60	2,79	3,52	0,03	0,50
8	2,52	3,01	2,38	2,22	2,66	3,63	0,20	0,72
9	2,38	2,49	2,33	2,13	2,42	3,08	0,06	0,52
10	2,09	2,63	1,89	1,54	2,29	3,30	0,28	0,95
11	2,18	2,70	2,09	1,87	2,27	3,12	0,12	0,72
12	2,01	2,65	1,96	1,74	2,07	4,03	0,08	1,21
13	1,99	2,58	1,98	1,56	2,00	3,10	0,02	0,88
14	1,85	1,88	1,85	1,34	1,85	2,42	—	0,76
15	1,66	2,62	1,54	2,18	1,78	2,93	0,17	0,39
16	1,67	2,86	1,56	2,64	1,78	3,08	0,16	0,31
17	1,60	1,32	1,47	1,32	1,72	1,32	0,17	—
18	1,45	—	1,34	—	1,56	—	0,16	—
19	1,28	—	1,28	—	1,28	—	—	—
1	1,36	2,12	1,17	1,10	1,56	2,64	0,28	0,89

Por su parte, en los machos, los ángulos varían desde los 63,23° en el diente 7 hasta los 96,71° en el diente 15, valores que se observan en la arcada derecha. El ángulo de inclinación del diente sinfisial fue de 72,50°. En la arcada izquierda, los ángulos fluctuaron entre los 50,47° en el diente 17 hasta los 78,88° en el diente 15. Por su parte, los dientes comisurales registra-

ron ángulos que varían entre los 73,71° en la arcada derecha y los 61,73° en la izquierda (Fig. 9).

Es necesario destacar los ángulos de inclinación observados en la mandíbula inferior derecha de los machos, pues allí fue donde se encontraron ángulos mucho mayores que aquellos de las hembras.

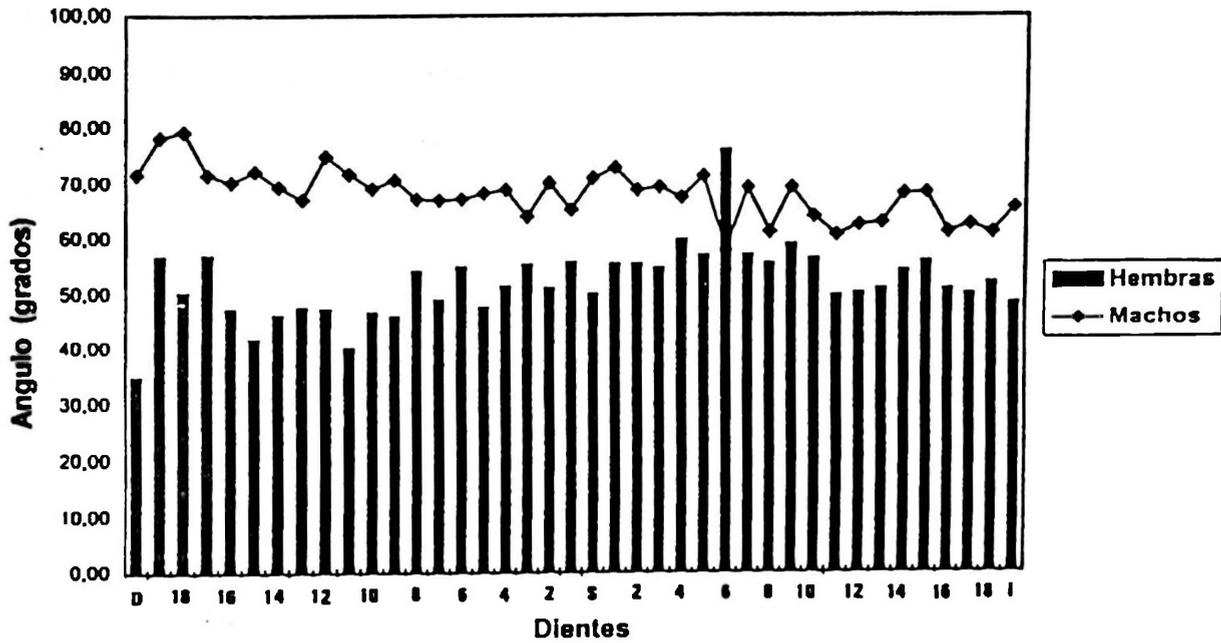


Figura 8. Promedio de los ángulos de los dientes de la mandíbula superior de hembras y machos de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; I= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth angle of the upper mandible in male and female specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S: symphysial teeth; I=commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I=left arcade).

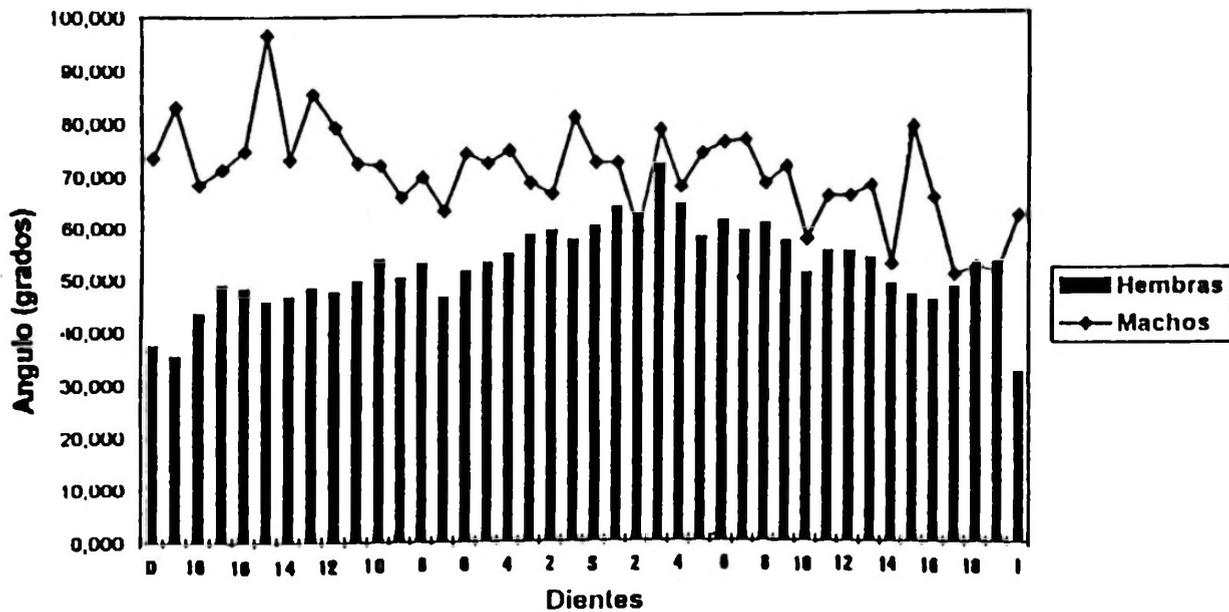


Figura 9. Promedio de las ángulos de los dientes de la mandíbula inferior de hembras y machos de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5). (D= diente comisural derecho; S= diente sinfisial; I= diente comisural izquierdo; 1-D= arcada derecha; 1-I= arcada izquierda).

Average teeth angle of the lower mandible in male and female specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis* (n=5). (D= commissure right teeth; S: symphysial teeth; I=commissure left teeth; 1-D= right arcade; 1-I=left arcade).

Tabla 7. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del ángulo de inclinación de los dientes de la mandíbula superior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja (Dipturus) chilensis*.

Mean, minimum, maximum and standard deviation of upper mandible teeth angle of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja (Dipturus) chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	34,93	71,66	34,93	63,41	34,93	84,03	—	10,90
19	56,79	—	56,80	—	56,80	—	—	—
18	50,46	79,32	46,37	79,32	54,54	79,32	5,78	—
17	56,99	71,66	55,30	66,66	58,67	80,18	2,38	7,42
16	47,55	70,34	46,24	61,22	48,85	76,59	1,84	8,08
15	41,89	72,28	39,40	63,69	44,37	78,23	3,52	7,62
14	46,42	69,46	46,24	53,73	46,59	81,06	0,25	14,13
13	47,83	67,23	46,97	57,53	48,68	80,68	1,21	12,03
12	47,50	74,90	44,58	64,61	50,43	82,15	4,14	9,15
11	40,30	71,77	38,34	66,92	42,26	76,62	2,77	6,86
10	46,86	69,20	39,58	60,22	54,15	77,26	10,30	8,56
9	46,17	70,76	42,98	65,94	49,37	74,65	4,52	4,43
8	54,22	67,26	49,13	62,82	59,31	69,63	7,20	3,85
7	49,24	67,12	49,24	51,52	49,24	80,71	—	14,70
6	54,99	67,26	53,34	56,50	56,63	74,81	2,33	9,56
5	47,84	68,30	43,54	58,89	52,14	73,47	6,08	8,16
4	51,56	68,97	50,20	63,90	52,92	72,13	1,92	4,44
3	55,35	64,05	51,82	63,99	58,89	64,11	5,00	0,08
2	51,23	70,15	50,82	69,67	51,65	70,62	0,58	0,67
1	55,76	65,30	55,76	57,14	55,76	73,46	—	11,54
S	50,17	71,02	49,52	59,65	50,82	82,28	0,92	11,32
1	55,51	72,85	55,51	63,43	55,51	82,28	—	13,33
2	55,48	68,92	55,48	58,89	55,48	76,93	—	9,19
3	54,68	69,41	53,34	56,25	56,03	84,05	1,90	13,96
4	59,77	67,52	57,87	63,14	61,67	70,95	2,69	3,99
5	56,99	71,38	56,89	65,83	57,10	81,20	0,15	8,53
6	75,99	57,70	71,58	40,23	80,41	74,32	6,24	17,06
7	57,09	69,27	56,32	61,13	57,86	81,79	1,09	11,00
8	55,63	61,22	47,77	55,47	63,48	66,27	11,11	5,43
9	58,99	69,36	56,15	53,15	61,83	83,13	4,02	15,14
10	56,45	64,04	56,45	53,13	56,45	70,61	—	9,51
11	49,91	60,66	49,20	48,59	50,63	83,84	1,01	20,08
12	50,32	62,47	44,03	50,20	56,62	68,82	8,90	10,63
13	51,12	62,91	48,80	55,12	53,43	78,12	3,28	13,17
14	54,31	68,22	50,35	53,03	58,27	77,12	5,60	13,22
15	55,91	68,37	55,13	54,79	56,70	81,47	1,11	13,35
16	51,01	61,14	49,58	47,93	52,45	77,25	2,03	14,88
17	50,19	62,53	48,35	47,89	52,03	70,68	2,60	12,70
18	52,13	61,05	52,13	50,95	52,13	71,16	—	14,29
I	48,55	65,61	48,04	46,35	49,07	84,88	0,73	27,24

Tabla 8. Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del ángulo de inclinación de los dientes de la mandíbula inferior de los ejemplares hembras (n=2) y machos (n=3) de *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Mean, minimum, maximum and standard deviation of lower mandible teeth angle of female (n=2) and male (n=3) specimens of *Raja* (*Dipturus*) *chilensis*.

Dientes	Promedio		Mínimo		Máximo		Desv. Estd.	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
D	37,43	73,71	35,66	45,46	39,19	92,80	2,50	24,96
19	—	83,07	—	83,07	—	83,07	—	—
18	43,54	68,52	43,39	57,12	43,69	79,92	0,21	16,12
17	49,03	71,45	43,69	64,53	54,37	78,37	7,55	9,78
16	48,27	74,89	48,27	55,60	48,27	92,71	—	18,60
15	45,80	96,71	45,35	87,80	46,24	105,63	0,63	12,61
14	46,63	73,22	43,39	63,61	49,87	79,68	4,58	8,49
13	48,37	85,50	43,62	85,32	53,12	85,68	6,72	0,26
12	47,51	79,31	46,24	68,30	48,78	88,21	1,80	10,12
11	49,69	72,56	43,57	64,30	55,81	79,38	8,65	7,64
10	53,88	72,12	52,84	63,59	54,93	78,54	1,48	7,69
9	50,38	66,00	40,36	47,43	60,39	82,52	14,16	17,63
8	53,20	69,93	49,46	63,07	56,94	73,63	5,29	5,95
7	46,54	63,23	44,99	54,49	48,09	75,45	2,19	10,90
6	51,43	74,24	49,09	68,19	53,77	80,29	3,31	8,56
5	53,18	72,52	48,19	65,38	58,18	80,39	7,06	7,54
4	54,83	74,79	50,31	69,83	59,34	80,70	6,38	5,49
3	58,31	68,66	56,91	64,50	59,72	71,79	1,99	3,75
2	59,04	66,43	57,70	60,11	60,38	72,35	1,90	6,13
1	57,25	80,82	54,38	74,41	60,12	87,22	4,06	9,06
S	60,01	72,50	58,33	69,42	61,69	75,51	2,37	3,04
1	63,65	72,32	60,86	69,70	66,44	76,23	3,95	3,45
2	62,28	58,86	57,57	53,94	66,99	65,67	6,66	6,08
3	71,90	78,54	69,78	75,15	74,02	84,38	2,99	5,08
4	64,13	67,71	59,17	57,91	69,09	77,50	7,01	13,86
5	57,70	74,14	52,62	62,92	62,78	83,46	7,19	10,40
6	60,85	76,20	59,09	76,04	62,61	76,37	2,49	0,24
7	58,82	76,62	57,70	73,29	59,94	79,13	1,59	3,00
8	60,32	68,31	60,28	64,46	60,37	74,02	0,06	5,04
9	56,97	71,44	54,52	63,33	59,42	80,29	3,47	8,50
10	50,65	57,44	41,13	46,45	60,17	72,05	13,47	13,18
11	54,87	65,74	51,53	51,80	58,21	73,51	4,72	12,11
12	54,79	65,75	46,84	47,89	62,73	88,98	11,23	21,07
13	53,59	67,82	50,61	40,47	56,58	91,96	4,22	25,89
14	48,51	52,47	48,51	35,84	48,51	69,10	—	23,52
15	46,47	78,88	42,65	62,11	50,28	100,51	5,40	19,66
16	45,47	65,25	41,54	41,39	49,40	89,12	5,56	33,75
17	48,04	50,48	43,56	50,48	52,52	50,48	6,34	—
18	51,24	—	48,83	—	53,65	—	3,40	—
19	52,82	—	52,82	—	52,82	—	—	—
I	31,95	61,73	22,56	38,21	41,33	76,45	13,27	20,58

DISCUSION

La morfología dentaria de *Raja (Dipturus) chilensis* indica una heterodontía sexual, es decir, los machos tienen dientes punzantes y arqueados mientras que las hembras presentan dientes más bajos y más anchos, lo que concuerda con la descripción de algunos autores como Delfin (1902), Feduccia & Slaughter (1974), Leible (1987, 1988), McEachran (1977) y McEachran (1982), Menni (1973). Respecto al tipo de irrigación dentaria, Herman *et al.* (1989) mencionan que la raíz de los Rajidae es de tipo holoaulacorhizada, como lo observado en la muestra. Los dientes poseen dos partes, la corona y la raíz, lo que se advierte en ambas mandíbulas. Esta descripción concuerda con lo señalado por Leible (1987). También es evidente una homodontía, es decir, la morfología dentaria en una fila de dientes no presenta variaciones (Herman *et al.*, 1989, 1995).

Herman *et al.* (1995), señalan una especie del mismo subgénero que la analizada en este trabajo, se trata de *Raja (Dipturus) batis* Linnaeus, 1758, donde describen los dientes de forma triangular, de cúspides más aguzadas en machos que en hembras, sin ornamentación y una vascularización de tipo holoaulacorhizada, con lo que concuerda con esta muestra implicando una morfología común para el subgénero. Al comparar los individuos de este estudio la morfología dental de los seis ejemplares preservados de la colección de peces marinos del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile (IZUA), estos últimos mostraron dientes muy pequeños en ambos sexos y sin un dimorfismo sexual dentario ya que se trata de individuos sexualmente inmaduros evidenciado por la talla que no superaba los 300 mm de longitud total promedio (176 mm de longitud promedio en hembras y 270 mm de longitud promedio en machos), como por el tamaño de los claspers de los machos. Sin embargo, esta condición permitió corroborar lo señalado por Leible (1988) y Taniuchi & Shimizu (1993) donde indican que la dentadura varía de acuerdo con la talla y estado de madurez del individuo. Por su parte, Herman *et al.* (1995) indican que la heterodontía sexual aparece sólo en individuos sexualmente maduros.

El número de dientes en *Raja (Dipturus)*

chilensis, varía entre 35 a 39 hileras de dientes sólo en la mandíbula superior y sin muchas variaciones en ambas mandíbulas. Garman (1913) señala un número de 40 hileras de dientes no indicando si esta cantidad corresponde a la mandíbula superior o inferior. Hubo una leve diferencia en el número total de dientes de ambas mandíbulas entre hembras y machos, debido probablemente a la disposición de las hileras de dientes, las que en hembras se presentan menos separadas unas de otras, lo que ayudaría a tener un número levemente mayor de piezas dentales que los machos cuyas hileras se presentan más separadas.

Respecto a la disposición de los dientes, éstos se ordenan en series longitudinales y paralelas en la mandíbula superior e inferior en ambos sexos, aunque los machos presentaban series más separadas que las vistas en las hembras. Estas características concuerdan con lo señalado por Leible (1987, 1988). En los ejemplares preservados, se observó una distribución similar en machos y hembras, sin embargo, en hembras se vio una distribución quincucial, característica propia de individuos inmaduros, concordando nuevamente con lo señalado por Leible *op. cit.*

Referente a la medición del ancho de los dientes, tanto para la mandíbula superior como en la inferior, los machos registran dientes menos anchos y más agudos que las hembras. Estas presentan dientes marcadamente más anchos en ambas mandíbulas, siendo en la mandíbula superior donde se registraron valores más altos. El diente sinfisial de las hembras registró ser más ancho que el diente sinfisial de los ejemplares machos.

Las mediciones efectuadas a las alturas de los dientes, de los ejemplares de *Raja (Dipturus) chilensis* registraron diferencias entre los sexos, presentando los machos alturas promedios más altas que las observadas en hembras, lo que se advierte en ambas mandíbulas. El diente sinfisial también es más alto en machos que en hembras, por lo tanto aquel dimorfismo sexual dentario señalado en la literatura es confirmado con estas observaciones.

Respecto a los ángulos de inclinación, no existe en la literatura referencia alguna con la que se pueda comparar lo realizado en este trabajo, sólo existen antecedentes respecto a la

rotación que se produce en el diente durante su formación en el interior del epitelio dental hasta su irrupción (James, 1953).

Los ángulos de inclinación de los dientes, registraron en ambas mandíbulas, diferencias entre sexos. Las hembras registraron ángulos menores tanto en la mandíbula superior como en la inferior, mientras que en los machos mostraron piezas dentarias más inclinadas. Los ángulos de inclinación del diente sinfusal de los machos, registró una inclinación mayor que las hembras, tanto para la mandíbula inferior como en la superior. Además, se observó que, mientras en la mandíbula superior los ángulos disminuyen, en la inferior aumentan, debido probablemente al mayor desgaste de la mandíbula superior por el roce a que se exponen los dientes produciendo un desgaste que afecta directamente a las cúspides dentarias influyendo en los ángulos de inclinación de los dientes.

Finalmente, las variables analizadas en este estudio principalmente en las mediciones del ancho, alto y ángulo de inclinación de los dientes, ayudan a confirmar el dimorfismo sexual dentario de *Raja (Dipturus) chilensis* y a complementar los estudios sobre la heterodontía sexual condriictios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de la Pesquera Calypso S.A. y a la tripulación de la embarcación "Calypso I" por las facilidades otorgadas en la entrega de los especímenes. Al Dr. Germán Pequeño por la revisión crítica del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- DE BUEN, F. 1959. Lampreas, tiburones, rayas y peces en la Estación de Biología Marina de Montemar, Chile. Revista de Biología Marina Valparaíso, 9 (1 - 3): 1 - 200.
- DELFIN, F. T. 1902. Nuevas especies de la familia Rajidae. Revista Chilena de Historia Natural, 6: 262 - 270.
- DU BUIT, M. H. 1978. Remarques sur la Denture des Rajes et sur leur alimentation. Vie et Milieu, 28 -29 (1), sér AB: 165 - 174.
- FEDUCCIA, A. & B.H. SLAUGHTER. 1974. Sexual dimorphism

- in skates (Rajidae) and its possible role in differential niche utilization. Evolution, 28: 164 - 168.
- GARMAN, S. 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, 36: 529 pp.
- HERMAN, J., M. HOVESTAD-EULER, D.C., HOVESTAD & M. STEHMANN. 1989. Odontology. Additional Character Complex for Interpreting Interrelationships and Systematics of Living Chondrichthyes. 3rd Indo-Pacific Fish Conference, Wellington, New Zealand. 8pp.
- HERMAN, J., M. HOVESTAD-EULER, D.C., HOVESTAD & M. STEHMANN. 1995. Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodorulites in living supraespecific taxa of Chondrichthyan fishes. Part B: Batomorphii No. 1b: Order Rajiformes-Suborder Rajoidei-Family: Rajidae-Genera and Subgenera: *Bathyraja* (with a deep water, shallow water and transitional morphotype), *Psammobatis*, *Raja (Amblyraja)*, *Raja (Dipturus)*, *Raja (Leucoraja)*, *Raja (Raja)*, *Raja (Rajella)* (with two morphotypes), *Raja (Rioraja)*, *Raja (Rostroraja)*, *Raja lintea*, and *Sympterigia*. Ed. M. Stehmann. Biologie. 65: 237 - 307.
- HUBBS, L. & R. ISHIYAMA. 1968. Methods for the Taxonomy Study and Description of Skates (Rajidae). Copeia (3): 483 - 491.
- JAMES, W.W. 1953. The Succession of Teeth in Elasmobranchs. Proceedings of the Zoological Society of London, 123: 419 - 474.
- LEIBLE, D. M. 1987. Descripción Taxonómica de Juveniles y Adultos de *Raja (Dipturus) flavivostri* Philippi, 1892 (Rajiformes, Rajidae), capturados frente a la Costa de Chile Central. Gayana Zoología 51 (1-4): 131 - 176.
- LEIBLE, D. M. 1988. Revisión de Métodos para estudios taxonómicos de Rayas (Rajiformes, Rajidae). Gayana Zoología 52 (1-2): 15 - 93.
- MC EACHRAN, J.D. 1977. Reply to "Sexual Dimorphism in Skates (Rajidae)". Evolution, 31:218-220.
- MC EACHRAN, J.D. 1982. Chondrichthyes. En: Synopsis and Classification of Living Organisms (Parker, P. Sybil, ed.) McGraw-Hill Company, 831 - 858 pp.
- MENNI, R.C. 1973. Rajidae del Litoral Bonaerense. I. Especies de los géneros *Raja*, *Bathyraja* y *Sympterigia* (Chondrichthyes). Physis Sec. A. Buenos Aires 32 (85): 413-439.
- NORMAN, J. B. 1937. Coast fishes Part 2. The Patagonian Region Discovery Reports. 16, 150 pp.
- PEQUEÑO, G. & J. LAMILLA. 1985. Estudio sobre una colección de rayas del sur de Chile (Chondrichthyes, Rajidae). Revista de Biología Marina 21 (2): 255-271.
- PROSTAK, K.S., P. SEIFERT & Z. SKOBE. 1991. Serum Fluoride Level and Fluoride Content of Enameloid. Journal of Dental Research 70 (9): 1266-1271.
- RADINSKY, L. 1961. Tooth Histology as a Taxonomic Criterion for Cartilaginous Fishes. Journal of Morphology 109: 73-92.
- TANIUCHI, T. & M. SHIMIZU. 1993. Dental Sexual Dimorphism and Food Habits in the Stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi. 59 (1): 53-60.

MONTHLY CHANGES IN MUSSEL SPAT (*MYTILUS PLATENSIS* D'ORB) SETTLEMENT ON ARTIFICIAL COLLECTORS IN THE SAN JOSE GULF, ARGENTINA

VARIACIONES MENSUALES EN EL ASENTAMIENTO DE SEMILLA DE MEJILLON (*MYTILUS PLATENSIS* D'ORB) SOBRE COLECTORES ARTIFICIALES EN EL GOLFO SAN JOSE, ARGENTINA

Zulma I. Lizarralde*

ABSTRACT

The monthly settlement of mussel spat (*Mytilus platensis* d'Orb) in the San José Gulf (Argentina, 42°20' S, 64°30' W) was analyzed. Data were collected using artificial substrata immersed for two months. Juveniles settled throughout the year, with a period of maximum settlement in spring and a smaller peak of recruitment in late summer/early fall. The main settlement of plantigrades on immersed substrata was simultaneous with the two annual peaks of chlorophyll "a". The periods of main settlement were dominated by the prevalence of the < 2 mm post-larval fraction.

Key words: Recruitment, seed, collection, culture.

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los cambios mensuales en el asentamiento de semilla de mejillón (*Mytilus platensis* d'Orb) en el Golfo San José (Argentina, 42°20'S, 64°30' W). Los datos fueron obtenidos utilizando colectores artificiales, los cuales permanecieron sumergidos por un período de dos meses. Los juveniles se asientan durante todo el año, con un pico máximo en primavera y uno menor a fines de verano/principios de otoño. El principal asentamiento de plantígrados en los sustratos sumergidos fue simultáneo con los dos picos anuales de clorofila "a". Los períodos de mayor asentamiento se caracterizan por la prevalencia de postlarvas de talla menor a 2 mm.

Palabras clave: Reclutamiento, semilla, recolección, cultivo.

Fecha de recepción: 15 - 06 - 97. Fecha de aceptación: 11 - 11 - 97.

INTRODUCTION

Mussel culture in Argentina has so far remained undeveloped

Nevertheless, there seems to be a rising interest in the field at present due to the fact that natural

populations are becoming limited and wild harvests are not sufficient to meet consumer demand.

Viable commercial mussel culture relies on sufficient availability of mussel spat. In Argentina, there are no areas with dense, regular spatfalls on natural substrates (sublittoral or intertidal) to base a large scale intensive cultivation of mussel on wild seed, so the results of settlement studies on artificial collectors could be of particular importance.

*Universidad Nacional de la Patagonia S. J. Bosco. Boulevard Brown s/n, 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

Very little is known about the period of main settlement of the mussel *Mytilus platensis* in the San José Gulf (Argentina, 42°20'S, 64°30' W).

The study of settlement periods represents a useful tool, not only from a scientific point of view, allowing a better understanding of the life cycle and biology of the species, but also in order to choose suitable planning for optimizing mussel culture (Tursi *et al.*, 1990).

Monthly variation in spat settlement of *Mytilus platensis* on artificial collectors was studied in this paper, in order to determine the peaks of recruitment for potential aquaculture applications.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out over a two years period, starting in September 1987 and finishing in August 1989. The collector used was a net of 11.02 mm of mesh size, cut into strips of 0.30 m in width and 1 m length.

Each month, a set of three collectors was suspended and buoyed at 1 m depth at El Bote (San José Gulf, Fig. 1). The depth at this location was 10 m at high tide.

The collectors were removed after remaining under water for two months. Mussel larvae were counted and their length measured from

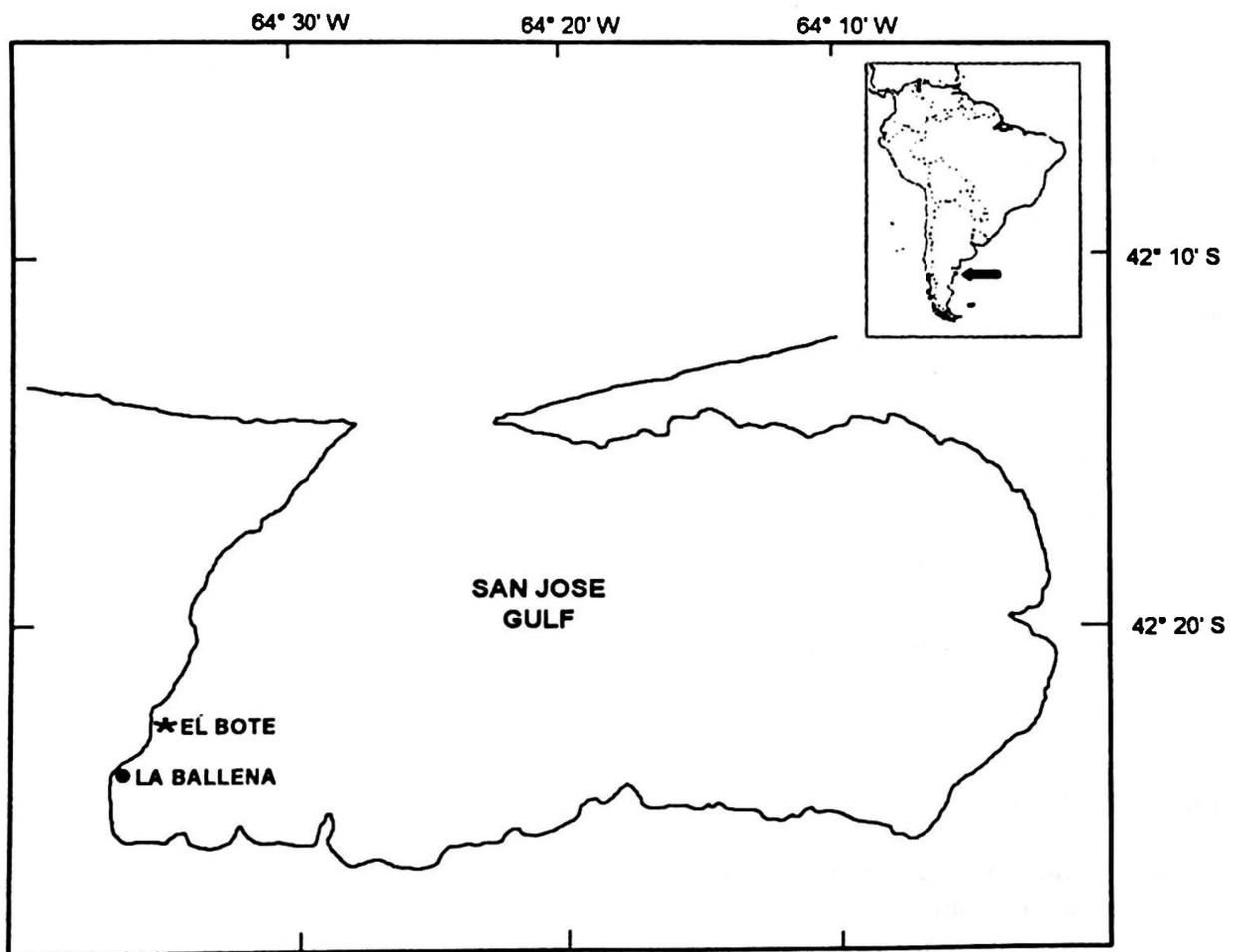


Figure 1: Map of San José Gulf, Patagonia, Argentina.

(*): site of mussel spat collection.

Mapa del Golfo San José, Patagonia, Argentina.

(*): lugar de captación de semilla de mejillón.

the umbo to distal edge using a microscope and an ocular micrometer. When the spat was numerous, only one-fourth of the sample was examined.

The temperature was recorded continuously by thermographs, located 1 m above the bottom. The annual curves were obtained by computing the mean for 5 days from four daily measurements. The food availability was measured monthly as chlorophyll "a" by a fluorometric method (Yentsch and Menzel, 1963).

RESULTS

Water temperature ranges seasonally from approximately 8 to 17 °C (Fig. 2). Minimum values were recorded in August 1988 (8.1 °C) and August 1989 (8.0 °C), and maximum in February 1988 (17.1 °C) and February 1989 (17.2 °C).

The values of chlorophyll "a" are given in Fig. 2. Minimum values occur in May-June and increase to a maximum during spring

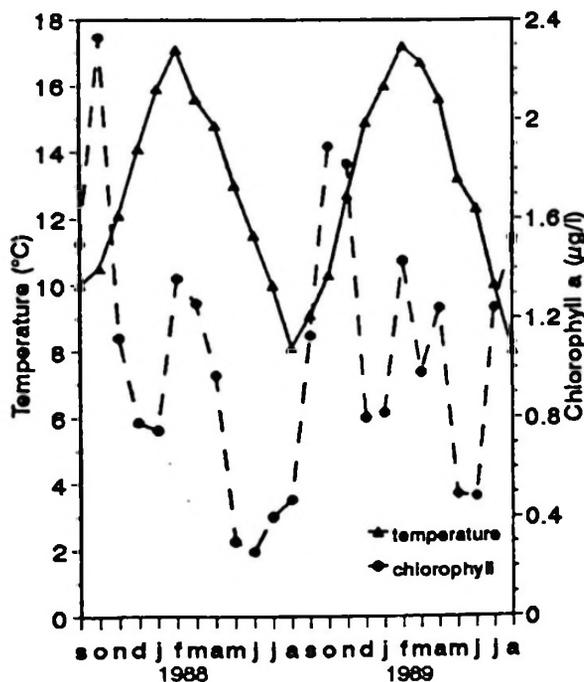


Figure 2: Mean water temperature and values of chlorophyll "a".

Temperatura media del agua y valores de clorofila "a".

(September, October and November). A second smaller peak occurs in late summer/early fall (February, March and April).

The mean number of plantigrades recorded on the collectors is shown in Fig. 3.

Mussel spat settled throughout the year, with a period of maximum settlement in spring (September, October and November) and a smaller peak of recruitment in late summer/early fall (February, March, April).

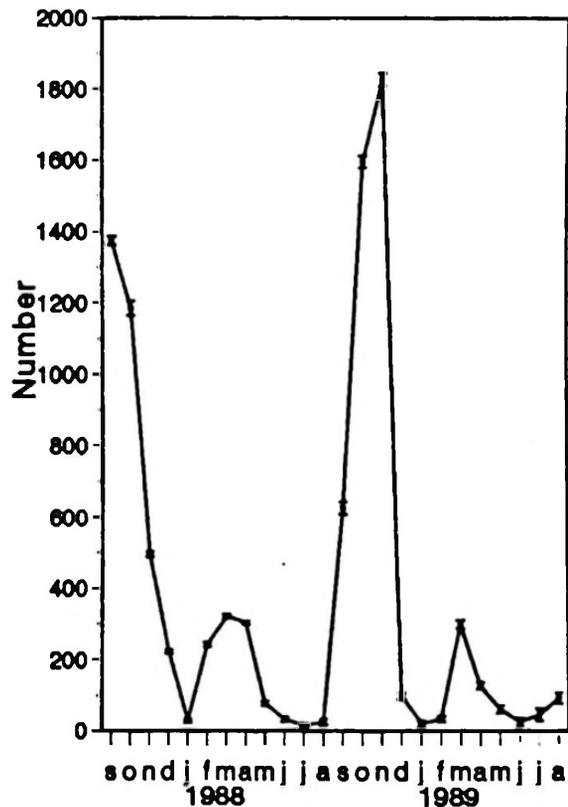


Figure 3: Mean monthly number (± 1 standard error) of plantigrades settled on the collectors.

Promedio mensual (± 1 error estándar) del número de plantígrados asentado sobre los colectores.

The size frequency distribution of mussel spat is shown in Fig. 4. In general, the periods of main settlement, during the months of spring and fall were dominated by the prevalence of the < 2 mm post larval fraction, with the exception of December 1987 and November 1988 when the sample consisted of > 2 mm mussels.

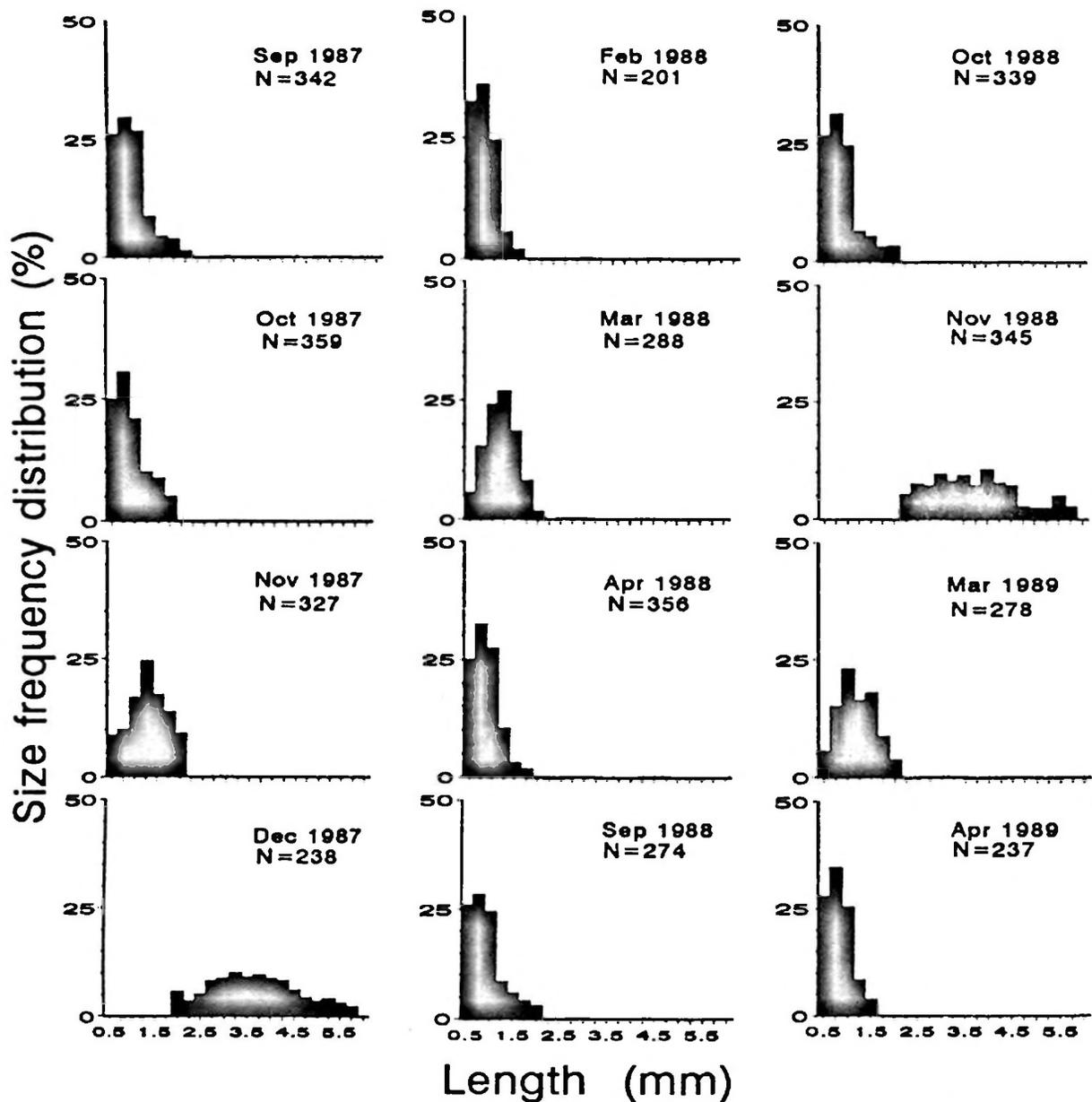


Figure 4: Size frequency distribution (%) of mussel spat during the months of spring and autumn. N = number of measured individuals. Date = initial collector placement.

Distribución de frecuencia de tallas (%) de semilla de mejillón durante los meses de primavera y otoño. N = número de individuos medidos. Se indica la fecha de colocación del colector.

DISCUSSION

The data from this study show a relatively precise pattern of attachment of mussel spat to artificial substrata in the San José Gulf. The major settlement of plantigrades in the study area occurring in spring; this period may be followed by a second, lower settlement in early fall.

The present observations support that of Ruzzante & Guerrero (1984) who found that maximum settlement of mussels on collectors in the San José Gulf occurs from October/November until January.

Bala (1989) described the reproductive cycle of two mussel populations in the San José Gulf, one sublittoral (El Bote) and one intertidal (La Ballena) (Fig. 1). He not only found differences

in the spawning periods of animals from different habitats, but also between animals from the same locality in different years. In El Bote he recorded one or two spawning in spring/early summer and in the intertidal locality he recorded one spawning in spring and a second peak in January.

In the sublittoral population he also recorded mussels spawning throughout the year, and this could explain the continuous settlement of plantigrades on the collectors during the period of investigation.

Mussels start spawning at a sea temperature of approximately 8°C (Bala, 1989). During the period of study this temperature was reached in August (1988 and 1989). One month later mussel spat began to settle on the collectors.

According to Seed (1969) the length of time spent by mussel larvae in the plankton prior to their settlement varies with temperature and local food supply; 3-4 weeks appears to be the most usual duration of planktonic life. But in the absence of suitable substrates for attachment, mussels are known to be able to delay their settlement (Bayne, 1965).

Newell *et al.*, (1982) found that mussel spawning and expected larval occurrence were strongly correlated with food availability. Spawning might be synchronised to coincide with maximum food availability for developing larvae (Seed, 1976).

In the present study, the main settlement of larvae on immersed substrata was simultaneous with the two annual peaks of chlorophyll "a".

During the months of spring and fall, samples contained a large proportion of < 2 mm plantigrades. The size of *Mytilus edulis* larvae at settlement ranges from 250 to 350 µm with a post-settlement growth rate estimated at 25 µm/day (Bayne, 1964). Given a sampling interval of 2 months larvae could have grown on the collectors to a 2 mm shell length.

Mussel size in December 1987 and November 1988 (> 2 mm) was too large for direct settlement from the plankton and could be interpreted as representing recruits from other sites. De Block & Geelen (1958) found that mussel larvae settle preferentially on filamentous substrata and that these young mussels subsequently disappear from the filaments. In British waters Bayne (1964) described the settlement taking place in two steps, a primary settlement (larvae of 250

µm) on filamentous algae and a secondary one, in which the same larvae (juveniles of 900-1500 µm) having detached from the algal filaments migrate to sites of more permanent attachment near adult beds. In Maine, Newell *et al.* (1991) observed a primary attachment of mussel larvae to eelgrass substrate and a late movement of bysally drifting juveniles to a final recruitment site.

The results indicate the seasonality in the attachment of plantigrades of *Mytilus platensis* in the San José Gulf. The prospects for mussel seed procurement by immersed artificial substrata appear to be favorable; mussel farms could obtain the highest number of mussel seed during spring months.

ACKNOWLEDGMENTS

I thank H. Zaixso for helpful discussions and the Centro Nacional Patagónico (CONICET, Argentina) for the facilities for this study. This research was supported by the Universidad Nacional de la Patagonia S.J.B.

LITERATURE CITED

- BALA, L. 1989. Biología y ecología del mejillón (*Mytilus edulis platensis*) en el golfo San José, provincia del Chubut. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. La Plata. Argentina.
- BAYNE, B. L. 1964. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). *Journal of Animal Ecology*, 33: 513-523.
- BAYNE, B. L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia*, 2:1-47.
- DE BLOK, J. W. and H. J. GEELLEN, 1958. The substratum required for the setting of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Arch. néerl. Zool.*, Vol. Jubilaire 13: 446-460.
- NEWELL C. R., H. HIDU, B. J. MC ALICE, G. PODNIESINSKI, F. SHORT & L. KINDBLUM. 1991. Recruitment and commercial seed procurement of the blue mussel *Mytilus edulis* in Maine. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22 (2): 134-152.
- NEWELL, R. I. E., T. J. HILBISH, R. K. KOEHN & C. J. NEWELL. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Biological Bulletin* 162: 299-310.
- RUZZANTE, D. E. & M. T. GUERRERO DE. 1984. Captación de mitflidos sobre colectores. I. Variaciones mensuales en la captación de *Mytilus platensis* d'Orb. y de *Aulacomyza ater* (Molina). *Physis, Argentina*, 42: 55-62.
- SEED, R. 1969. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. *Oecologia* 3: 277-316.

SEED, R., 1976. Ecology. In *Marine mussels: Their ecology and physiology*: 13-65. B. L. Bayne (ed). Cambridge Univ. Press. Cambridge.

TURSI, A., A. MATARRESE, G. COSTANTINO, R. POLLICORO, E. CECERE & C. CAROPPO. 1990. Settlement periods of mussels larvae on artificial substrata, dipped in the "Mar

Piccolo" and the "Mar Grande" of Taranto (Southern Italy). *OBELIA*, XVI: 87-97.

YENTSCH, C. S. & D. W. MENZEL. 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10: 221-231.

RETROCALCULO DEL PESO PROMEDIO A LA EDAD: ¿ES NECESARIO ?

BACK-CALCULATION OF WEIGHT AT AGE: IS IT NECESSARY?

Luis Cubillos S.* y Miguel Araya C.**

RESUMEN

Se analiza el retrocálculo del peso promedio a la edad con el objeto de determinar si este procedimiento se debe considerar como un aspecto separado del retrocálculo de la longitud en estudios de edad y crecimiento. Se simuló la historia de vida de 350 ejemplares, los cuales fueron capturados a partir de la edad 3 hasta la 9. Con estos datos se evaluó la eficiencia de cuatro procedimientos para retrocalcular el peso a la edad, tanto de los individuos no contenidos en la muestra (de edad 1 y 2) como de los capturados, utilizando el error porcentual relativo como medida de sesgo entre los valores estimados y los verdaderos (simulados). Los métodos de retrocálculo evaluados fueron: a) la relación longitud-peso (RLP) usando la longitud retrocalculada; b) la ecuación propuesta por Beyer (1991); c) retrocálculo del peso a partir de las longitudes retrocalculadas, donde el peso es corregido por la razón entre el peso observado y el estimado al momento de la captura; y, d) retrocálculo del peso utilizando una relación entre el peso del pez y el radio de su otolito, sin tomar en cuenta las longitudes retrocalculadas. El cálculo del peso utilizando la RLP produce subestimación en las edades que cuentan con muestras (edad 3 en adelante) y sobreestimación en la edad 1 y 2 (ca. 40% y 10%, respectivamente). Los pesos en las edades más jóvenes fueron sobreestimados con todos los procedimientos, pero el sesgo positivo tiende a cero con la edad. El procedimiento (d) fue más eficiente para las edades más jóvenes y apoya la idea de retrocalcular el peso sin tomar en cuenta las longitudes retrocalculadas.

Palabras clave: Edad y crecimiento, retrocálculo, otolitos, relación longitud-peso.

ABSTRACT

The back-calculation of the weight at age is analyzed in order to determine whether this procedure should be considered as a separated aspect of the back-calculation of length in age and growth studies. The life history of 350 fish was simulated, which were captured from the age 3 until 9. These data were used to evaluate four procedures for the back-calculation of the weight at age. The relative error between the estimates and the true simulated values is used as a measure of bias. The methods of back-calculation of the weight were: a) the relationship length-weight (RLW) using the back-calculated lengths; b) the equation proposed by Beyer (1991); c) back-calculation of the weight using the back-calculated length, where the weight is corrected by the ratio between the observed and estimated weight at the moment of the catch; and, d) back-calculation of the weight using a relationship between the weight of the fish and the radius of their otolith without taking into account the length of fish. The back-calculation of the weight using the RLW produces underestimate in the ages that have samples (ages 3 to 9) and overestimation in the ages 1 and 2 (ca. 40% and 10%, respectively). The weights were overestimated in the most younger ages using all the procedures but the positive bias tends to zero in the most oldest ages. The procedure (d) was more efficient in the most younger ages and the idea of back-calculating the weight at age without taking into account the back-calculation of length is favored.

Key words: Back-calculation, age and growth, weight at age, otolith, relationship length-weight.

Fecha de recepción: 24 - 11 - 97. Fecha de aceptación: 23 - 02 - 98.

*Instituto de Investigación Pesquera, Casilla 350, Talcahuano, Chile. E-mail: inpesca@arauco.reuna.cl, Fax: 56-41-583939. Tel.: 56-41-584820

**Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile. E-mail: maraya@cec.unap.cl, Fax: 56-57-380393. Tel.: 56-57-380222

INTRODUCCION

En estudios de edad y crecimiento usualmente es necesario estimar las longitudes de los peces en edades previas de un mismo individuo, procedimiento que se utiliza particularmente cuando no se cuenta con muestras de ejemplares jóvenes. Esta técnica, conocida como retrocálculo de longitudes también se utiliza con otros propósitos, tales como: (i) identificar el momento de formación de los anillos de crecimiento en los otolitos (Melo, 1984); (ii) estudios de la dinámica de crecimiento de los primeros estadios de vida de los peces (Laiding *et al.*, 1991); (iii) determinar el comienzo de la madurez sexual en hembras de peces (Rijnsdorp & Storbeck, 1991); (iv) analizar los cambios de la longitud a la edad de las clases anuales (Sjöstrand, 1992); y (v) obtener la distribución de fechas de nacimiento de diferentes especies (Woodbury & Ralston, 1991).

Francis (1990) revisa el retrocálculo de las longitudes destacando la importancia de utilizar adecuadamente una función de retrocálculo. En efecto, muy a menudo el procedimiento más utilizado para retrocalcular longitudes consiste en ingresar directamente el radio promedio de todos los ejemplares a la edad en una ecuación de regresión, obtenida entre la longitud del pez y el radio total de su otolito al momento de la captura.

Sin embargo, el método de regresión es indirecto y no toma en cuenta el crecimiento individual, lo que se debe principalmente al efecto de promediar la longitud de los peces para un tamaño dado del otolito (Carlander, 1981; Ricker, 1992; Secor & Dean, 1992). Además, la función de regresión utilizada (lineal, potencial, polinomial) sólo define la relación promedio para la población, no para los individuos. Los métodos de retrocálculo tradicionales, como el de Fraser-Lee, toman en cuenta el crecimiento individual y si bien es cierto se basan en las regresiones, éstas últimas no se utilizan para el cálculo directo de las longitudes (Carlander, 1981; Francis, 1990). A su vez, el método de retrocálculo sólo es válido si la función radio del otolito-longitud del pez explica adecuadamente el crecimiento de los individuos más jóvenes que no están en las muestras, problema típico de extrapolación estadística.

Es evidente la importancia que reviste el cálculo adecuado de las longitudes promedio a

cada edad, particularmente cuando las muestras de peces jóvenes no están disponibles, ya que el objetivo final en estudios de edad es describir adecuadamente el crecimiento, para luego resumir dicho conocimiento mediante la estimación de los parámetros de algún modelo de crecimiento, tal como la función de von Bertalanffy (FCVB). La estimación de parámetros de crecimiento se utiliza para que el conocimiento sobre el crecimiento de la especie bajo estudio pase a una fase predictiva, utilizada generalmente en la evaluación de stock (Hilborn & Walters, 1992).

Aunque se ha dado importancia y énfasis a la estimación adecuada de la longitud a las edades, ¿qué ocurre con el peso promedio de los ejemplares a la edad?, ¿cuál es la razón de no ser tan riguroso con la estimación del peso promedio a la edad de los peces?. Estas preguntas son adecuadas y pertinentes toda vez que el peso promedio a la edad es un dato muy importante en la estimación de la producción, biomasa y niveles de captura si la especie está sujeta a la explotación comercial.

Usualmente, con el propósito de convertir la longitud promedio a peso promedio se utiliza la relación longitud-peso (RLP). Sin embargo, ¿es adecuado realizar el cálculo directo de los pesos promedio utilizando la RLP?. Pienaar & Ricker (1968) recomiendan considerar la varianza de las longitudes a cada edad para obtener estimaciones insesgadas del peso promedio de un grupo de peces. Beyer (1987) propone una ecuación para estimar el peso promedio de un intervalo de longitud, en tanto Beyer (1991) muestra una serie de métodos para estimar el peso promedio a partir de grupos de longitud.

El objetivo de este estudio es analizar el retrocálculo del peso promedio a la edad y proponer un procedimiento adecuado para estimar el peso a edades actuales y pasadas, el cual permita conducir a estimaciones insesgadas del peso promedio a la edad.

MATERIALES Y METODOS

Se simuló la historia del crecimiento de 350 peces, 50 ejemplares por grupos de edad en un rango de edades comprendidos entre 3 y 9 años. A estos peces se les conoce los siguientes datos:

longitud, peso y radio del otolito al momento de cumplir cada año de vida y al momento de la captura (fecha de muerte). La captura de los ejemplares comenzó a partir de la edad 3, peces a los cuales se les conoce toda su historia de vida simulada, pero se supondrá que sólo se conoce los siguientes datos: longitud, peso y radio del otolito al momento de la captura, así como el radio del otolito al momento de cumplir cada edad. Estos últimos datos son los que permiten estudiar el crecimiento y retrocalcular las longitudes en cualquier población real. La diferencia con una población real es que en ésta se desconoce los datos de la historia individual.

El crecimiento promedio de todos los peces se modeló con la ecuación de von Bertalanffy

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

donde L_t es la longitud promedio (cm) a la edad t (años), L_∞ es la longitud asintótica (cm), K es el coeficiente de crecimiento (año^{-1}), y t_0 es una edad hipotética (año) cuando la longitud del pez es cero (Beverton & Holt, 1957). El crecimiento de cada pez se simuló con la siguiente ecuación general

$$(L_\infty, K, t_0)_j = (L_\infty, K, t_0)_p (1 + z_{0,1} CV) \quad (2)$$

donde el subíndice j identifica a un pez, p denota los parámetros promedios de la población, $z_{0,1}$ es un número aleatorio con distribución normal y varianza igual a la unidad, $N(0,1)$, y CV es el coeficiente de variación de los parámetros. En este estudio se utilizó los parámetros $[L_\infty, K, t_0]_p = [70; 0,2; -0,5]$ y $CV = 20\%$ para cada uno, asumiendo que varían independientemente. Estos parámetros reflejan el crecimiento en longitud de una especie de tamaño medio y de crecimiento relativamente rápido.

Para simular el peso promedio de cada pez a lo largo de su vida, se utilizó

$$W_{jt} = a_j L_{jt}^{b_j} \quad (3)$$

donde W_{jt} es el peso promedio del pez j a la edad t , que se estima a partir de la longitud L_{jt} a la edad t , a_j y b_j son parámetros para cada uno de los peces, cuyos valores promedio poblacionales

se fijaron en $a = 0,009$ y $b = 3$. Sin embargo, debido a que los parámetros a y b tienden a covariar entre sí, en la determinación de los parámetros de un pez individual se utilizó la siguiente relación

$$b_j = 1,8 - 0,27 \cdot \ln(a_j) \quad (4)$$

El procedimiento consistió entonces en generar valores alternativos e igualmente probables del parámetro "a" para el pez j , según

$$a_j = a \cdot \exp(z_{0,1} EE) \quad (5)$$

donde EE representa el error estándar del parámetro, obtenido con un $CV = 20\%$ (i.e. $EE = 0,009 \cdot 0,2$). Los valores de a_j , así obtenidos, se reemplazaron en la ecuación (4), cuyos resultados fueron modificados aleatoriamente asumiendo un error estándar de 0,01 para dicha ecuación.

El radio de los otolitos a cada edad de los peces se estimó considerando la siguiente relación

$$R_{jt} = 2,5 + 1,2L_{jt} \quad (6)$$

donde R es el radio del otolito del pez j a la edad t (por ejemplo en divisiones de micrómetro ocular, dmo) que se estima a partir de la longitud a la edad t del pez j . Los valores de los parámetros de esta ecuación lineal fueron modificados aleatoriamente para cada pez j , utilizando un $CV = 10\%$ y suponiendo que ambos parámetros varían en forma independiente.

La longitud, peso y radio del otolito al momento de la captura (L_c , W_c y R_c respectivamente) se obtuvo incrementando aleatoriamente la longitud de una cierta edad en el rango 0-5%. Así, un pez de edad 5 años, podría haber sido capturado a una longitud mayor o igual que al momento de cumplir 5 años, pero no más allá que 1,05 veces la longitud que alcanzaría a los 5 años. Se consideró adecuado este nivel máximo para evitar que los peces al momento de la captura alcanzaran una longitud mayor que la edad siguiente por cumplir, sobre todo en las edades más viejas.

METODOS DE RETROCALCULO

Retrocálculo de las longitudes

La estimación de la longitud promedio que habría tenido un pez a una edad determinada, se realizó considerando la hipótesis de proporcionalidad de la longitud del pez (Francis, 1990), en la cual la longitud estimada a la edad t del pez j está dada por

$$\hat{L}_{jt} = f(R_{jt}) \left(\frac{L_{qj}}{f(R_{qj})} \right) \quad (7)$$

donde $f(R)$ es una función que relaciona la longitud del pez con el radio del otolito. En este estudio se consideró una función lineal, i.e.

$$\begin{aligned} f(R_{jt}) &= \hat{L}_{jt} = a + bR_{jt} \\ f(R_{qj}) &= \hat{L}_{qj} = a + bR_{qj} \end{aligned} \quad (8)$$

donde los parámetros "a" y "b" se obtienen mediante regresión entre la longitud del pez y el radio del otolito al momento de la captura. La función se utiliza para predecir la longitud del pez j a la edad t a partir del radio observado del otolito del mismo pez a la edad t , $f(R_{jt})$, corregida por la razón existente entre la longitud observada del pez al momento de la captura (L_{qj}) y la longitud estimada al momento de la captura utilizando el radio total observado, $f(R_{qj})$.

La ecuación (7) permite corregir la desviación entre la longitud que se estima a través del modelo de regresión y la longitud actual al momento de la captura (Francis, 1990). No obstante, el método más utilizado consiste en el método de regresión, considerando los radios promedios de todos los peces a la edad, i.e.

$$\bar{L}_t = f(\bar{R}_t) \quad (9)$$

donde $f(R)$ es la función existente entre la longitud del pez y el radio del otolito, utilizando como dato de entrada para esta relación el radio promedio observado de todos los peces a cada edad. En este estudio se considera solamente las longitudes retrocalculadas utilizando la ecuación (7) y (8).

RETROCALCULO DEL PESO

• Procedimiento A

Consiste en utilizar la relación longitud-peso (RLP), i.e.

$$\bar{W}_t = a\bar{L}_t^b \quad (10)$$

donde la longitud promedio a cada edad t es la longitud retrocalculada con la ecuación (7), a y b son los parámetros estimados a partir de la relación entre la longitud y el peso al momento de la captura.

• Procedimiento B

El segundo procedimiento consiste en estimar el peso promedio a la edad t con la ecuación propuesta por Beyer (1991), i.e.

$$\bar{W}_t = a\bar{L}_t^b [1 + 0,5b(b-1)CV^2] \quad (11)$$

donde CV es el coeficiente de variación de las longitudes promedio retrocalculadas. La ecuación (11) es válida cuando los datos de longitud presentan una distribución log-normal o cuando la distribución es normal con un CV $\leq 1/3$ (Beyer, 1991).

• Procedimiento C

Este procedimiento considera la longitud de cada pez j , obtenida con la ecuación (7), y los parámetros a y b de la RLW estimados a partir de las longitudes y pesos observados al momento de las capturas, i.e.

$$\hat{W}_{jt} = a\hat{L}_{jt}^b \left(\frac{W_{qj}}{aL_{qj}^b} \right)$$

De acuerdo con la ecuación (12), para cada pez j , el peso promedio estimado con los parámetros a y b se corrige por la razón entre el peso observado y el estimado al momento de la captura.

• Procedimiento D

Este procedimiento supone la existencia de una relación entre el peso del pez y el tamaño del otolito al momento de la captura, *i.e.*

$$W = g(R) \quad (13)$$

donde $g(R)$ puede ser una función potencial ya que dimensionalmente se está relacionando un volumen o masa con una longitud, *i.e.*

$$W = qR^d \quad (14)$$

En consecuencia, el método de retrocálculo del peso que se propone consiste en la siguiente ecuación considerando la hipótesis de proporcionalidad del cuerpo, *i.e.*

$$\hat{W}_{jt} = qR_{jt}^d \left(\frac{W_{ct}}{qR_{ct}^d} \right) \quad (15)$$

Se destaca que en la ecuación (15) sólo el radio del otolito se utiliza para estimar el peso promedio a edades pasadas, el retrocálculo de las longitudes no se toma en cuenta.

Evaluación de los procedimientos

Las verdaderas longitudes y pesos por edad de los 350 individuos capturados se conocen. Se han simulado los procedimientos de retrocálculo para la longitud y peso, antes descritos, considerando que en cualquier estudio de edad y crecimiento solamente se conoce la longitud, peso y radio del otolito al momento de la captura, así como los radios a cada edad de cada ejemplar.

Para cuantificar el grado de desviación que se genera con los distintos procedimientos, se utilizó el error porcentual relativo, que viene dado por

$$EPR = \left| \frac{X^{\text{Estimado}} - X^{\text{Verdadero}}}{X^{\text{Verdadero}}} \right| \cdot 100 \quad (16)$$

donde X^{Estimado} es el atributo de interés estimado, el cual se compara con el valor verdadero ($X^{\text{Verdadero}}$), en este caso la longitud y peso retrocalculados a la edad t con respecto al verdadero valor de las longitudes y pesos a la edad.

RESULTADOS

Cuando se realiza un estudio de edad y crecimiento, los únicos datos con los que el investigador cuenta son la longitud, el peso y el radio del otolito al momento de la captura, así como el radio a cada edad para los peces individuales. Se desconoce absolutamente la historia de vida de cada ejemplar en términos de los parámetros que describen su crecimiento. Por esta razón, solamente se pueden obtener relaciones promedio para un conjunto de individuos.

Una de esas relaciones promedio es la relación longitud-peso (Pauly, 1984), la cual se estima a partir de los datos de longitud (L) y peso (P) al momento de la captura (Figura 1a). A su vez, la relación existente entre la longitud del pez y el radio del otolito (R) también se obtiene a partir de la longitud del pez y el radio total de su otolito al momento de la captura (Figura 1b). Para el total de individuos que han sido capturados ($n=350$), las relaciones quedan descritas por $\ln(P) = a + b\ln(L)$, donde $a = -4,818 \pm 0,121$ y $b = 3,099 \pm 0,031$ ($r^2 = 0,991$; $P < 0,01$) en el caso de la relación longitud-peso; $L = a + bR$, donde $a = 3,820 \pm 2,01$ y $b = 0,743 \pm 0,032$ ($r^2 = 0,860$; $P < 0,01$) para la relación longitud del pez-radio del otolito; y $\ln(P) = a + b\ln(R)$ para la relación peso-radio (Figura 1c), donde $a = -4,970 \pm 0,494$ y $b = 2,971 \pm 0,121$ ($r^2 = 0,870$; $P < 0,01$). Esta última relación se utiliza para desarrollar el retrocálculo del peso según el procedimiento D (Ecuación 15).

La relación longitud-peso y peso del pez-radio del otolito son funciones no-lineales, cuyos parámetros se estimaron utilizando regresión lineal, previa transformación logarítmica de los datos. Luego, el antilogaritmo del intercepto de cada relación se multiplicó por el factor de corrección " $\exp(s^2/2)$ ", donde s^2 es el error estándar de estimación. En el caso de la relación longitud-peso, el ajuste indica que el exponente b es distinto de 3 a pesar que para generar los datos simulados se utilizó $b=3$ (poblacional), situación que se podría deber al procedimiento utilizado para generar los valores de los individuos (ver Ecuación 4) o bien a que la relación se establece sólo a partir de las longitudes y pesos de los individuos de más de 3 años.

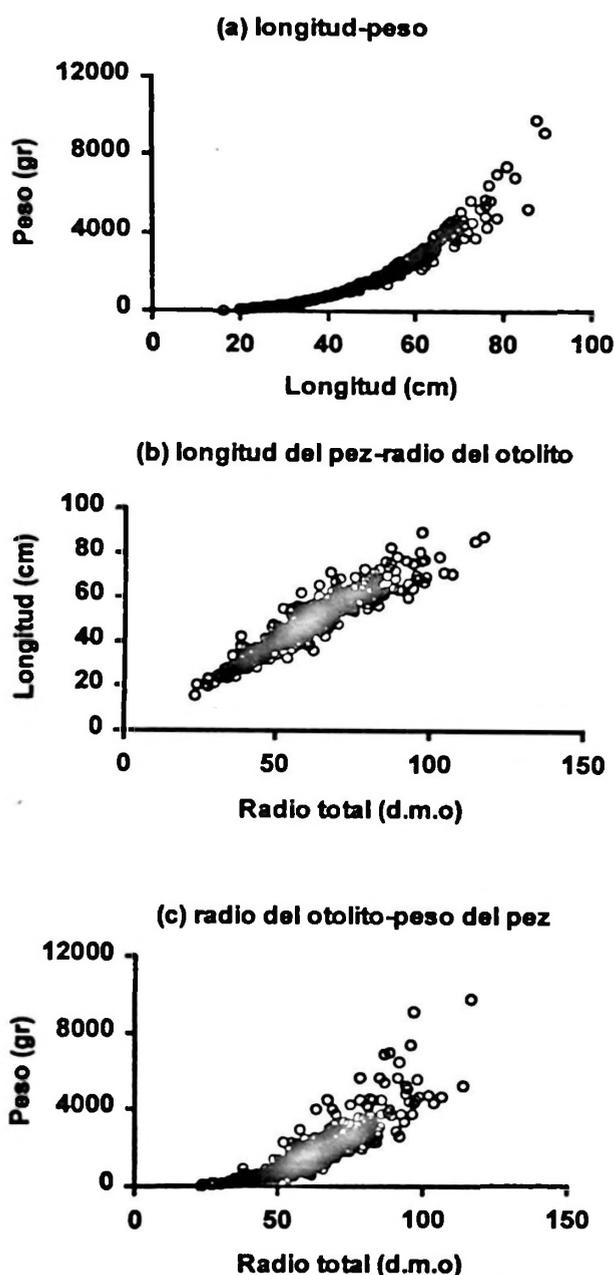


Figura 1. Relaciones entre las variables de 350 peces al momento de la captura (datos simulados).

Relationships between variables of 350 fish at the moment of the catch (simulated data).

Longitudes retrocalculadas y observadas

Las longitudes retrocalculadas utilizando el procedimiento de Francis (1990) (Ecuación 7), se presenta en la Tabla 1. Asimismo, se presentan las longitudes promedio verdaderas, por edad, de los peces capturados, así como la longitud

que predice el modelo de crecimiento para la población utilizado en la simulación ($L_{\infty}=70$ cm; $K=0,2$ año⁻¹; $t_0=-0,5$ año). Se observa que las longitudes al momento de la captura (L_c) son siempre mayores que las longitudes retrocalculadas y que las verdaderas al momento de cumplir cada edad; sean éstas del modelo o bien las longitudes promedio verdaderas de los peces a los cuales se les retrocalculó la longitud. El coeficiente de variación se mantiene relativamente estable, en alrededor del 22%. La longitud retrocalculada de los peces no contenidos en las muestras (edad 1 y 2) tiende a ser mayor que la longitud promedio verdadera de los peces en 20,5% y 9,3% para la edad 1 y 2 respectivamente.

Retrocálculo del peso

El peso promedio verdadero de los ejemplares a la edad y su desviación estándar se indica en la Tabla 2, y también el peso retrocalculado con los procedimientos A y B. Se observa en general que el procedimiento A determina pesos promedio más bajos por edad que el procedimiento B, de Beyer (1991).

Los resultados de los procedimientos C y D para el retrocálculo del peso promedio a la edad se presenta en las Tablas 3 y 4, respectivamente. Se destaca que, al contrario de los procedimientos A y B, los procedimientos C y D toman en cuenta la proporción entre los valores observados y estimados del peso promedio al momento de la captura. Situación que permite tomar en cuenta el crecimiento individual y, si bien es cierto se basan en las regresiones, éstas últimas no se utilizan para el cálculo directo de los pesos promedio.

Al comparar cada uno de los procedimientos respecto de los verdaderos pesos promedio de los peces capturados a la edad (Tabla 2), se observa que el cálculo del peso promedio utilizando la relación longitud-peso a partir de las longitudes retrocalculadas produce en general subestimaciones de los pesos promedio en todas las edades que cuentan con muestras (edad 3 en adelante). En las edades 1 y 2, sin embargo, produce una sobreestimación del orden del 40% y 10%, respectivamente (Figura 2).

Los procedimientos B y C generan sobreestimaciones en las edades más jóvenes,

Tabla 1. Longitud a la edad retrocalculada según el método de Francis (1990), longitud promedio al momento de la captura (Lc), longitud por edad del modelo de von Bertalanffy usado en la simulación, y longitud promedio verdadera de los peces capturados por edad.

Length at age back-calculated using the method of Francis (1990), mean length at the moment of the catch (Lc), length by age from the von Bertalanffy growth model used in the simulation and true average length by age of the fish captured.

Edad (años)	Datos observados				E D A D (años)								
	n	Lc (cm)	d.e. (cm)	CV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	50	34,6	8,6	0,25	20,1	27,7	33,9						
4	50	41,2	9,8	0,24	20,9	28,7	35,1	40,3					
5	50	46,4	10,2	0,22	21,2	29,1	35,7	41,0	45,4				
6	50	50,4	11,6	0,23	21,0	29,1	35,7	41,1	45,7	49,4			
7	50	54,4	10,1	0,19	21,5	29,7	36,4	42,0	46,5	50,2	53,3		
8	50	58,5	12,2	0,21	22,1	30,5	37,4	43,1	47,7	51,5	54,6	57,2	
9	50	60,1	13,3	0,22	21,8	30,1	36,9	42,5	47,1	50,9	54,0	56,6	58,7
Longitudes retrocalculadas por edad				L _i (cm) =	21,2	29,3	35,9	41,7	46,5	50,5	54,0	56,9	58,7
				d.e. (cm) =	4,55	6,49	8,00	9,07	9,91	10,69	11,09	12,13	13,05
				n =	350	350	350	300	250	200	150	100	50
				CV =	0,21	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22
Von Bertalanffy				L _t (cm) =	18,1	27,5	35,2	41,5	46,7	50,9	54,4	57,2	59,5
Longitud promedio verdadera de los peces capturados				L _i (cm) =	17,6	26,8	34,2	40,5	45,6	49,9	53,6	56,6	58,6
				d.e. =	4,46	6,42	7,94	9,03	9,89	10,68	11,09	12,13	13,06
				n =	350	350	350	300	250	200	150	100	50
				CV =	0,25	0,24	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,22

Tabla 2. Peso promedio verdadero y su desviación estándar (d.e.) para los individuos capturados y retrocálculo del peso a la edad utilizando los procedimientos A y B, consistentes en la relación longitud-peso (RLP) y la ecuación propuesta por Beyer (1991), respectivamente.

True mean weight and standard deviation of the weight for the individuals captured, and back-calculation of the weight using the procedures A and B, which are based respectively on the relationship length-weight and the equation of Beyer (1991).

Edad (años)	Peso verdadero simulado (gr)			Procedimientos	
	Promedio	d.e.	n	A RLP (gr)	B Beyer (1991) (gr)
1	75,9	59,2	350	104,5	120,7
2	262,9	187,7	350	284,5	329,9
3	550,1	375,6	350	534,0	620,5
4	905,2	586,4	300	849,1	980,0
5	1295,9	808,6	250	1191,2	1367,2
6	1702,9	1058,8	200	1541,3	1766,0
7	2098,5	1279,0	150	1895,1	2155,0
8	2552,2	1625,5	100	2228,0	2557,4
9	2919,7	1931,7	50	2459,5	2854,8

del orden de 60% y 25% para las edades 1 y 2, respectivamente. En general, el sesgo positivo tiende a cero con la edad en todos los procedimientos contemplados, excepto en el procedimiento A que genera subestimaciones del peso promedio en las edades más viejas.

En general, el procedimiento D generó el sesgo más bajo en todas las edades, particularmente en la edad 1. Al parecer, ello se debe a que este procedimiento utiliza directamente el radio del otolito a cada edad para estimar el peso sin pasar por una estimación de las longitudes.

Tabla 3. Pesos promedio retrocalculados utilizando el procedimiento C.

Mean weight back-calculated using the C procedure.

Edad (años)	n	Datos observados			E D A D (años)									
		Wc (g)	d.e. (gr)	CV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	50	584,7	461,4	0,79	108,6	294,5	550,0							
4	50	970,0	694,5	0,72	119,2	320,3	594,3	907,7						
5	50	1362,1	832,8	0,61	119,7	323,5	605,0	931,2	1273,6					
6	50	1784,9	1164,2	0,65	117,7	325,3	616,3	957,6	1319,3	1679,0				
7	50	2059,7	1046,0	0,51	117,2	318,6	599,0	926,6	1272,9	1616,5	1943,1			
8	50	2744,2	1721,4	0,63	132,4	365,4	689,4	1065,6	1460,2	1848,1	2213,7	2547,9		
9	50	3150,5	2058,6	0,65	135,6	373,4	704,8	1091,2	1497,8	1899,3	2279,0	2627,4	2940,1	
Peso promedio retrocalculado por edad		Wt (gr)	=		121,5	331,6	622,7	980,0	1364,8	1760,7	2145,3	2587,6	2940,1	
		d.e. (gr)	=		80,8	222,0	414,6	628,8	851,0	1096,5	1313,0	1649,4	1944,7	
		n	=		350	350	350	300	250	200	150	100	50	
		CV	=		0,67	0,67	0,67	0,64	0,62	0,62	0,61	0,64	0,66	

Tabla 4. Pesos promedio por edad retrocalculados utilizando el procedimiento D.

Mean weight back-calculated using the D procedure.

Edad (años)	n	Datos observados			E D A D (años)									
		Wc (gr)	d.e. (gr)	CV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	50	584,7	461,4	0,78	92,5	280,4	548,0							
4	50	969,9	694,5	0,72	98,4	297,2	578,3	904,8						
5	50	1362,1	832,8	0,61	97,0	295,6	580,4	915,7	1270,4					
6	50	1784,9	1164,2	0,65	94,3	294,5	586,4	934,0	1305,2	1675,7				
7	50	2059,7	1046,1	0,51	92,7	285,6	565,2	897,3	1251,2	1603,7	1939,5			
8	50	2744,2	1721,3	0,63	106,2	329,9	652,5	1032,5	1433,6	1829,2	2202,4	2543,9		
9	50	3150,4	2058,6	0,65	109,0	336,8	666,0	1055,0	1467,2	1875,4	2262,1	2617,1	2935,9	
Peso promedio retrocalculado por edad		W _i (gr)	=		98,6	302,9	596,7	956,6	1345,5	1746,0	2134,7	2580,5	2935,9	
		d.e. (gr)	=		71,6	211,6	405,8	622,0	846,1	1093,4	1311,0	1648,5	1944,4	
		n	=		350	350	350	300	250	200	150	100	50	
		CV	=		0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,64	0,66	

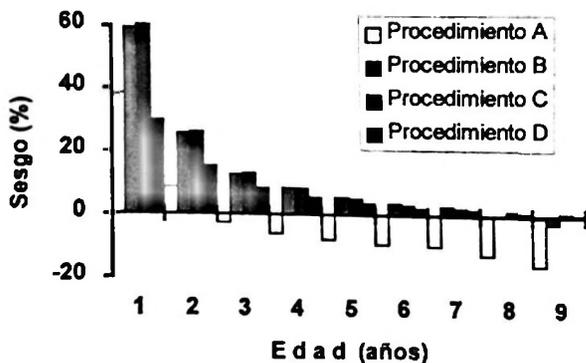


Figura 2. Error porcentual relativo por edad del peso promedio retrocalculado en relación con el peso promedio verdadero de los peces (ver texto).

Relative error percent by age of the mean back-calculated weight in relation to the true mean weight of fish (see text).

DISCUSION

Uno de los objetivos de este estudio fue establecer un procedimiento adecuado para estimar correctamente los pesos promedio a la edad, especialmente cuando se debe retrocalcular las longitudes y pesos a edades no contenidas en las muestras. La palabra "correctamente", previamente expuesta, se refiere particularmente a un criterio de exactitud, *i.e.* evitar cualquier desviación (sesgo) respecto de los valores verdaderos (poblacionales). Para determinar la exactitud de un procedimiento de estimación cualquiera, se debe conocer los valores actuales que se desean estimar. Subsecuentemente, se

procede a calcular la diferencia entre los valores reales y los valores estimados con el procedimiento en cuestión.

Sin embargo, los valores verdaderos de una población natural de cualquier animal marino tal vez no se podrán conocer nunca en forma exacta, particularmente en animales que deben ser sacrificados para determinar la edad y el crecimiento. Por esta razón, en este estudio la eficiencia de varios procedimientos de estimación del peso promedio a la edad se analiza a partir de una población hipotética (simulada), con características lo más similares posible a aquellas de una población natural. A partir de la población hipotética, se extrae un conjunto de datos para el análisis del procedimiento que se desea estudiar. La diferencia entre los valores estimados con un procedimiento particular y aquellos verdaderos de la población hipotética provee una medida de la exactitud del método.

Varios autores han conducido evaluaciones de la ejecución y sensibilidad de varios métodos aplicados a diversos tipos de datos y en diferentes combinaciones que son de utilidad para estudiar el crecimiento. Por ejemplo, Isaac (1990) estudia la exactitud de algunos métodos basados en datos de longitud para estudiar poblaciones de peces. Rosenberg & Beddington (1987) ejecutaron pruebas Monte Carlo de ELEFAN I (Pauly & David, 1981) y el método de Breen & Fournier (1984), un antecesor de MULTIFAN (Fournier *et al.*, 1990), encontrando que son limitados en aplicabilidad, siendo ELEFAN I más sensible a datos donde la varianza de la longitud se incrementa con la edad. Castro & Erzini (1988) analiza la capacidad del ELEFAN I a datos de frecuencia de tallas con un patrón similar al observado en peces tropicales. Terceiro *et al.* (1992) realizan un análisis comparativo de la ejecución de MULTIFAN y el método de Shepherd (1987) a datos de frecuencia de tallas simulados.

La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy es la expresión más utilizada para describir el crecimiento corporal de una gran variedad de animales marinos, cuya naturaleza determinística es la problemática primordial cuando la variabilidad individual en el crecimiento existe (Isaac, 1990). Es decir, se asume que cada individuo crece de acuerdo con el modelo, pero con sus propios parámetros, *i.e.* la longitud asintótica (L_{∞}) y coeficiente de creci-

miento (K). La población simulada en este estudio generó longitudes cuya variabilidad se incrementa con la edad. Es decir, el coeficiente de variación de las longitudes por grupos de edad fue constante a lo largo del rango de edades simulada. Tal situación se podría deber, en parte, al supuesto de simular la variabilidad de L_{∞} , K y t_0 en forma independiente, sabiendo que estos parámetros se encuentran altamente correlacionados (Sparre & Venema, 1995). Se destaca que cuando L_{∞} varía, mientras los demás parámetros permanecen constantes, la varianza de la longitud se incrementa con la edad lo que determina que el coeficiente de variación permanezca constante. A su vez, cuando sólo K varía, la variabilidad de la longitud se refleja en las edades más jóvenes e intermedias. Si ambos parámetros varían, una combinación de ambos patrones debería observarse (Isaac, 1990).

En este estudio, se puso a prueba cuatro procedimientos para retrocalcular y estimar el peso promedio a la edad, observándose diferencias que indican que el uso de las longitudes retrocalculadas en la estimación del peso promedio usando la relación longitud-peso fueron menos eficientes. El uso de la relación longitud-peso aplicada directamente a partir de las longitudes retrocalculadas tiende a subestimar el peso promedio en las edades más viejas, llegando a niveles del orden de -16%. En cambio, el resto de los procedimientos convergen a una estimación correcta de los pesos promedio en las edades de los individuos muestreados. El sesgo positivo en las edades más jóvenes en los métodos que utilizan las longitudes retrocalculadas se puede deber a la mayor longitud obtenida con el método de retrocálculo de las longitudes, aspecto que se podría deber a las relaciones establecidas entre la longitud y el radio del otolito y la misma relación longitud-peso, que se basaron sólo en los ejemplares capturados. Esta situación demuestra, en parte, la necesidad de validar el retrocálculo con muestras de ejemplares jóvenes para determinar de mejor manera las relaciones utilizadas en el retrocálculo. Se destaca que más que un número elevado de ejemplares, para establecer una buena relación entre dos variables interesa mucho más cubrir el rango más amplio posible con el objeto de evitar las extrapolaciones con la función ajustada a los datos.

Por otra parte, aunque las diferencias entre los procedimientos para retrocalcular el peso promedio a la edad son leves, el procedimiento más eficiente consistió en establecer una relación entre el peso del pez y el radio del otolito, la que se utilizó directamente para retrocalcular el peso promedio a la edad sin pasar por las longitudes. Este procedimiento parece no haberse utilizado en estudios previos, ya que lo más usual es utilizar las longitudes para inferir el peso promedio a través de una relación longitud-peso. El uso de una relación peso del pez-radio del otolito puede ser más adecuada para internalizar la variabilidad individual de las variables de interés. Este procedimiento, por lo tanto, parece ser recomendable y necesario para retrocalcular el peso en estudios de edad y crecimiento, particularmente cuando las edades más jóvenes no se encuentran presentes en las muestras. Sin embargo, previamente se debe evaluar la robustez del procedimiento considerando su efectividad en poblaciones con diferentes historia de vida y relaciones entre las variables.

Además se debe considerar que el fundamento del método de retrocálculo de longitudes a edades pretéritas se basa en la hipótesis de proporcionalidad de la longitud del pez y de la estructura dura (i.e. otolitos) donde se registra y se interpreta la edad del pez. En este estudio se asumió una relación lineal entre ambas, i.e. directamente proporcionales. Sin embargo, en varios casos suele ocurrir una relación no lineal entre ambas variables, lo que incide directamente en los resultados del retrocálculo de las longitudes, y por ende, en el peso promedio. Por esta razón, podría ser pertinente y más correcto utilizar directamente la relación peso del pez-radio del otolito para retrocalcular el peso a edades pretéritas, sin pasar por el retrocálculo de las longitudes. La secuencia lógica de nuestra investigación será validar esta relación y analizar un mayor espectro de especies con diferentes tasas de crecimiento, tamaño, y relaciones entre las variables.

En consecuencia, los resultados de este estudio apoyan la necesidad que el retrocálculo del peso promedio a la edad sea considerado como un aspecto separado del retrocálculo de la longitud a través del uso de un procedimiento que permita estimar el peso directamente.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece las facilidades otorgadas por el Instituto de Investigación Pesquera para desarrollar este estudio en el ámbito de una Unidad de Investigación durante estudios de postgrado en el programa de Magister en Ciencias mención Oceanografía de la Universidad de Concepción. Asimismo, los autores agradecen la revisión del manuscrito por dos revisores anónimos, cuyos comentarios no sólo han permitido mejorar el manuscrito sino también generar nuevas ideas sobre el tópico.

LITERATURA CITADA

- BEVERTON, R.J.H. & S.J. HOLT. 1957. On the dynamics of the exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food, G.B.* (19), 533 p.
- BEYER, J.E. 1987. On the length-weight relationship. Part I. Computing mean weight from length statistics. *Fishbyte* 5(1): 12-14.
- BEYER, J.E. 1991. On the length-weight relationship. Part II. Computing the mean weight of the fish in a given length class. *Fishbyte* 9(2):50-54.
- BREEN, P.A. & D.A. FOURNIER. 1984. A user's guide to estimating total mortality rates from length frequency data with the method of Fournier and Breen. *Can. Tech. Rept. of Fish. and Aquat. Sci.* 1239.
- CARLANDER, K.D. 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating length from scales measurements. *Fisheries* 6:2-4.
- CASTRO, M. & K. ERZINI. 1988. Comparison of two length-frequency based packages for estimating growth and mortality parameters using simulated samples with varying recruitment patterns. *Fish. Bull. U.S.* 86:645-654.
- FOURNIER, D.A., J.R. SIBERT, J. MAJKOWSKI & J. HAMPTON. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(2):301-317.
- FRANCIS, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883-902.
- HILBORN, R. & C.J. WALTERS. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, London, 570 p.
- ISAAC, V.J. 1990. The accuracy of some length-based method for fish population studies. *ICLARM Tech. Rep.* 27. 81 p.
- LAIDING, T.E., S. RALSTON & J.R. BENCE. 1991. Dynamics of growth in the early life history of shortbelly rockfish *Sebastes jordani*. *Fish. Bull. U.S.* 89: 611-621.
- MELO, Y.C. 1984. Age studies on anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist off south west Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 2:19-31. Philippines. 323 p.
- MORALES-NIN, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictos en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn. Inv. Pesq.* 143:3-30.

- PAULY, D. & N. DAVID. 1981. ELEFAN-1: a basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung* 28:205-211.
- PAULY, D. 1984. Fish population dynamical and tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for living aquatic resources management. Manila, Philippines., 323 p.
- PIENNAR, L.V. & W.E. RICKER. 1968. Estimating mean weight from length statistics. *J. Fish. Res. Board Com.* 25:2743-2747.
- RICKER, W.E. 1992. Back-calculation of fish lengths based on proportionality between scale and length increments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:1018-1026.
- RIJNSDORP, A.D & F. STORBECK. 1991. A method to determine the onset of sexual maturity from back-calculated growth curves from otoliths of individual female north sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. ICES C.M. 1991/G:48.
- ROSENBERG, A..A. & J.R. BEDDINGTON. 1987. Monte Carlo testing of two methods for estimating growth from length-frequency data with general conditions for their applicability. In: Length-based methods in fisheries research, D. Pauly & G.R. Morgan (Eds.), ICLARM Conference Proceedings 13, p. 283-298.
- SECOR, D.H. & J.M. DEAN. 1992. Comparison of otolith-based back-calculation methods to determine individual growth histories of larval striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:1439-1454.
- SHEPHERD, J.G. 1987. A weakly parametric method for the analysis of length frequency analysis of length composition data. In: Length-based methods in fisheries research, D. Pauly & G.R. Morgan (Eds.), ICLARM Conference Proceedings 13, p. 353-362.
- SJÖSTRAND, B. 1992. Changes in length at age in Baltic herring, studied back-calculation from scales. ICES C.M. 1992/J:21.
- SPARRE, P. & S.C. VENEMA. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Téc. Pesca. N° 306.1 Rev. 1., 440 pp.
- TERCEIRO, M.; D.A. FOURNIER & J.R. SIBERT. 1992. Comparative performance of MULTIFAN and Shepherd's Length Composition Analysis (SRLCA) on simulated length-frequency distributions. *Trans. Am. Fish. Soc.* 121:667-677.
- WOODBURY, D. & S. RALSTON. 1991. Interannual variation in growth rates and back-calculates birthdate distributions of pelagic juvenile rockfishes (*Sebastes* spp.) off the

Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

ISSN 0067 - 8767



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Los trabajos, escritos en idioma español o inglés deberán ser enviados al Editor en cuadruplicado (original y tres copias).

El texto, incluyendo referencias bibliográficas, tablas, notas al pie de página, y leyendas de figuras, deberá ser escrito a máquina a doble espacio, en hojas tamaño carta (21,5 por 28 cm.) con un margen de 2,5 cm por lado.

Numere correlativamente todas las páginas del manuscrito y coloque en la esquina superior derecha de cada hoja el apellido de los autores; en caso de múltiple autoría, se utilizará la forma *et al.* a continuación del primer autor.

Se sugiere que el manuscrito conste de las siguientes secciones:

a) Portada, b) Resumen y Abstract, c) Introducción, d) Materiales y Métodos, e) Resultados, f) Discusión, g) Agradecimientos (opcional), h) Literatura citada, i) Tablas y Figuras.

Comience en hoja separada cada una de las siguientes secciones:

a) Portada, b) Resumen y Abstract, c) Texto, incluyendo introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Agradecimientos, d) Literatura citada, e) Notas al pie de página, f) Leyendas de figuras, g) Cada una de las Tablas.

Portada. La portada debe incluir el título del trabajo, nombre completo de los autores, institución en que se efectuó el trabajo seguido de su dirección postal, y nueva afiliación institucional si es que corresponde. Proporcione también en la portada un encabezamiento de página (título acortado) de no más de 50 caracteres, incluyendo espacios y una lista de no más de cinco palabras claves (key words) que no estén incluidas en el título del trabajo. Si el trabajo se presenta en español al título debe seguir su traducción al inglés.

Resumen y Abstract. Todo trabajo deberá contar con un Resumen en español y uno en inglés. Este último debe presentar una descripción detallada del problema los objetivos del trabajo, los métodos usados, los resultados y las principales conclusiones de la investigación que se describe, sin necesidad de hacer referencia al resto del trabajo.

Texto. El texto debe incluir: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura citada.

En su manuscrito subraye sólo los nombres científicos (Género, subgénero, especie y subespecie).

Los nombres científicos deberán escribirse completos, incluyendo el nombre de su descriptor, al menos la primera vez que se mencionan en el texto.

Deberá evitarse el uso de abreviaturas no aceptadas internacionalmente, pero si son usadas, su significado debe ser explicado en el texto al ser usadas por primera vez.

Las unidades utilizadas deben ajustarse al International System of Units (SI).

Las referencias se indicarán en el texto por el apellido del autor, seguido del año de publicación. Si son dos los autores, se separarán por el signo &. Si son más de dos autores, se utilizará el apellido del primero seguido de *et al.* Si un mismo autor tiene varios trabajos en el mismo año se indicará cada uno con letras a, b, c, etc., después del año (e.g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer *et al.*, 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite solamente trabajos publicados en la prensa. En este último caso, indique en la lista de Literatura Citada el nombre del autor o autores, las palabras "en prensa" entre paréntesis, la cita del título y la revista. Incluya en el texto entre paréntesis, o en una nota al pie de página, no en Literatura Citada, cualquier mención a "manuscritos en preparación", "comunicación personal". Las comunicaciones personales se citarán en el texto, señalando el o los autores, seguido entre paréntesis por "comunicación personal" indicando, si es posible, año de la comunicación.

Literatura Citada. En la sección Literatura Citada, anote solamente los trabajos citados en el texto, ordenados por orden alfabético de apellidos. Iniciales y apellido de los autores irán en mayúscula.

La cita de artículos de revistas debe seguir el siguiente orden: apellido del autor; coma; iniciales del o los nombres; punto; año de publicación; punto; título del artículo; punto; nombre completo de la revista; coma; volumen en números árabes subrayados, número de fascículo entre paréntesis; dos puntos; primera y última página del artículo separadas por un guión; punto. (e.g. PAINE, R. T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103 (929): 91-93). Si la cita tiene más de un autor, a partir del segundo la inicial del nombre precede al apellido, y los autores irán separados por coma. Separe el último autor de esa cita del anterior por medio del signo &.

La cita de libros lleva el siguiente orden: Apellido del autor, coma, inicial del autor (seguido de la expresión ed. si se trata de editor); punto; año de publicación; punto; título; punto; número de la edición del libro (sólo a partir de la segunda edición); coma; Editorial; coma; ciudad de publicación; punto; páginas; punto.

Si se refiere a capítulo de un libro use el siguiente ejemplo: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. En: *Physiology of Mollusca*. 2: 97-124. K.M. Wilburn and C.M. Younge (ed.) Academic Press, New York.

Tablas y Figuras. Los gráficos, mapas, dibujos de línea y fotografías que se incluyan en el texto deben denominarse "figuras", y se abreviarán como Fig. en el texto. Las figuras se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada figura debe ir acompañada por un título y una leyenda explicativa. Las leyendas de todas las figuras deberán escribirse en una misma hoja bajo el título "Leyendas de figuras". Cada leyenda debe describir la figura con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto.

Las tablas se enumerarán en forma correlativa con números árabes. Cada tabla debe tener un título, seguido de una leyenda que describa la tabla con suficiente detalle como para que ella sea comprensible sin referencia al texto. El encabezamiento de cada columna debe expresar claramente su contenido y la unidad.

La publicación del artículo en español requerirá que se agregue un resumen en inglés (Abstract), a continuación del resumen en español. Los trabajos en inglés requerirán un resumen en español a continuación del resumen en inglés (Abstract). En ambos tipos de artículos, las Tablas y Figuras llevarán sus leyendas en inglés y español, o viceversa, de acuerdo al idioma en que se encuentre el texto.

Las ilustraciones pueden ser dibujos originales o fotografías de muy buena calidad en papel brillante. Los dibujos originales deberán hacerse con tinta china en papel de buena calidad. El tamaño de los gráficos y de las letras y símbolos debe calcularse de manera que, una vez reducidos a un ancho de columna (7 cm) o doble columna, mantengan su legibilidad.

Cada copia del manuscrito deberá acompañarse de una copia de las Tablas y Figuras, cada una de las cuales no debe exceder 21,5 x 28 cm (hoja tamaño carta).

Se imprimirán sólo fotografías en blanco y negro. Gastos de impresión de fotografías en colores serán por cuenta de los autores, pero se aceptarán excepcionalmente.

Pruebas de imprenta y Apartados. Los autores recibirán una prueba de imprenta que deberán devolver corregida de inmediato. Estas correcciones se referirán sólo a errores de composición.

El autor recibirá gratuitamente 50 (cincuenta) apartados de su trabajo. Un número mayor debe cancelarlos anticipadamente. La cantidad adicional debe ser indicada al devolver la prueba de imprenta.

Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

ISSN 0067 - 8767



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Manuscripts written either in Spanish or English should be sent to the Chief Editor in one original and three copies.

Text, including literature cited, tables, foot-page notes and figure captions, should be typewritten, double-spaced on sheets of approximately 21.5x28 cm with a margin of 2.5 cm.

Manuscript's pages should be numbered correlatively with the author's name in the upper-right corner; in case of several authors use the form "et al", after the first author's name.

It is suggested that submitted papers should have the following sections:

- a. Title page.
- b. Abstract and Resumen and viceversa.
- c. Introduction.
- d. Material and Methods.
- e. Results.
- f. Discussion.
- g. Acknowledgments (optional).
- h. Literature cited.
- i. Tables and Figures.

Start on a separate page each of the following sections: a) Title page; b) Abstract and Resumen; c) Text, including Introduction, Material and Methods, Results, Discussion and Acknowledgments; d) Literature cited; e) Foot-page notes; f) Figure captions; g) Each of the Tables.

Title page. Title page should include the title of the paper, name of the author(s), name of the institution(s) and postal address where the work was done; and new institutional affiliation(s) and postal address if appropriate. Give also a running head not longer than 50 caracteres including spaces, and a list of key-words that do not appear in the paper's title with a maximum of five. In papers written in English, the title should be followed by its translation into Spanish.

Abstract and Resumen. All manuscripts should include an Abstract in English and a Resumen in Spanish (Abstract can be translated into Spanish by the Editors). Abstract and Resumen should record succinctly the main findings of the paper rather than making vague references to the results and discussion. Both Abstract and Resumen should be understandable without reference to the text.

Text. The text should include: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments and Literature cited.

In the manuscript, underline only the scientific names (Genus, subgenus, species and subspecies).

The scientific names should be written in full including the descriptor's name when given for the first time (The descriptor's paper should not be cited in the Literature section).

The use of non standard international abbreviations, should be avoided. However, if necessary, their meaning have to be explained when used for the first time.

The units in the manuscript should follow the International System of Units (Système International d' unités, SI).

References should be indicated in the text by the name of the author, followed by the year of publication. If two authors collaborated in a same paper, their names should be separated by an ampersand (&). If there are more than two authors, the name of the first author should be followed by the form "et.al." In the case of citation of several works of the same author in a given year, use a, b, c, after the year to make the distinction among the different publications (e.g. Jones, 1981; Jones & Brown, 1976; Palmer et.al., 1977; Smith, 1982a, 1982b).

Cite only papers that have been published or in-press. In this last case in the Literature Cited section mention the name of the author, comma, the form "in-press" between parenthesis, the citation of the title, and the name of the journal. Do not include in the Literature Cited section references to "manuscript in preparation" or "personal communication". In this case, it should be cited in the text, giving the name(s) of the author(s) followed by the form "Personal communication" between parenthesis, and if possible, the year it took place.

Literature Cited. In this section cite only papers referred in the text in alphabetical order by first author's name. Use capital letters for initials and names.

Citation of papers should be made in the following order: name of the author; comma, initials, period, year of publication; period, title of the article, period; full reference of the journal's name; comma; volume number underlined in arabic numerals; issue number between parenthesis; colon; number of the first and last paper's page separated by an hyphen; period. [e.g. PAINE, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103(929):91-93]. In case of citation with more than one author, the initials should precede the name of the second and following authors. Separate authors names by commas and the last one by an ampersand(&).

Citation of books should follow this sequence: Author's name; comma; author's inicial(s); period; followed by the form "ed" if it is the book editor's; period; year of publication; period; title; period; number of the edition (starting with the second edition); comma; Editorial name; comma; city of issue; period; number of pages; period.

To cite a book's chapter, use the following example: BIDDER, A.M. 1966. Feeding and digestion in Cephalopods. In: *Physiology of Mollusca*. 2:97-124. K.M. Wilburn and C.M. Yonge (ed.) Academic Press, New York.

Tables and Figures. Illustrations (either graphs, or maps, or drawings) and photographs included in the texts should be nominated "figures" and abbreviated as "Fig." in the text. Figures should be numbered correlatively with arabic numerals. Each figure should have a title and an explanatory caption. Figure captions should be typed together in the same sheet under the heading "Figure Captions". Each caption should give a detailed description of the figure, understandable without reference to the text.

Tables should be numbered correlatively with arabic numerals. Each table should have a title followed by a legend giving a detailed description of its content, understandable without reference to the text. The head of each column should clearly state its content and their units.

The publication of the article in Spanish will require the addition of an Abstract in English, after the Spanish Summary. Papers in English should have a Spanish Summary after the Abstract. In Spanish -or English- written articles, Tables and Figures should have their legends/captions in both Spanish and English.

Illustrations should be either originals or good quality glossy prints. Original drawings should be made in Indian ink on good quality paper. The size of graphs, letters and symbols should be calculated in such a way that once the Figure is reduced to the width of one column (7 cm) or double column, it should still be readable.

Each copy of the manuscript should be sent together with one copy of the set of figures and tables, in the appropriate format (21,5x28 cm, letter size). Only B/W photographs will be accepted. Color photographs will be exceptionally considered and printing costs will be charged to the author.

Galley proof and Reprints. Authors will receive galley proof to be returned within 72 hours. Corrections on galley proof should be only on printer's errors.

The authors will receive 50 reprints free of charge. Additional copies could be ordered with the returning galley proof enclosing payment.

**Esta
publicación
se terminó de imprimir
en el mes de junio de 1998
en los talleres de
EDITORIA ANIBAL PINTO S.A.,
Maipú 769, Concepción,
Chile**

Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA
DE LA SANTISIMA CONCEPCION



INDICE N° 26

1997

González, J., I. Meneses y J. Vázquez

Field studies in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing: Seasonal and spatial variations in life-cycle phases. *Estudios de Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing en terreno: variaciones estacionales y espaciales en fases del ciclo de vida. 3 - 12

Pequeño, G. y J. Lamilla

Las pesquerías de condriictios en Chile: Primer análisis. *The fisheries of chondrichthyes in Chile: First analysis.* 13 - 24

Sáez, S. y J. Lamilla

Morfología y disposición de los dientes en una especie con heterodontía sexual: *Raja (Dipturus) chilensis* Guichenot, 1848. *Morphology and arrangement of the teeth in a species with sexual heterodonty: Raja (Dipturus) chilensis* Guichenot, 1848. 25 - 41

Lizarralde, I.

Monthly changes in mussel spat (*Mytilus platensis* d'Orb.) settlement on artificial collectors in the San Jose Gulf, Argentina. *Variaciones mensuales en el asentamiento de semilla de mejillón (Mytilus platensis d'Orb.) sobre colectores artificiales en el Golfo San José, Argentina.* 43 - 48

Cubillos, L. y M. Araya

Retrocálculo del peso promedio a la edad: ¿es necesario?. *Back- calculation of weight at age: is it necessary?* 49 - 59



FONDO DE PUBLICACION
VICERRECTORIA ACADEMICA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

EDITORA
anibal
pinto..