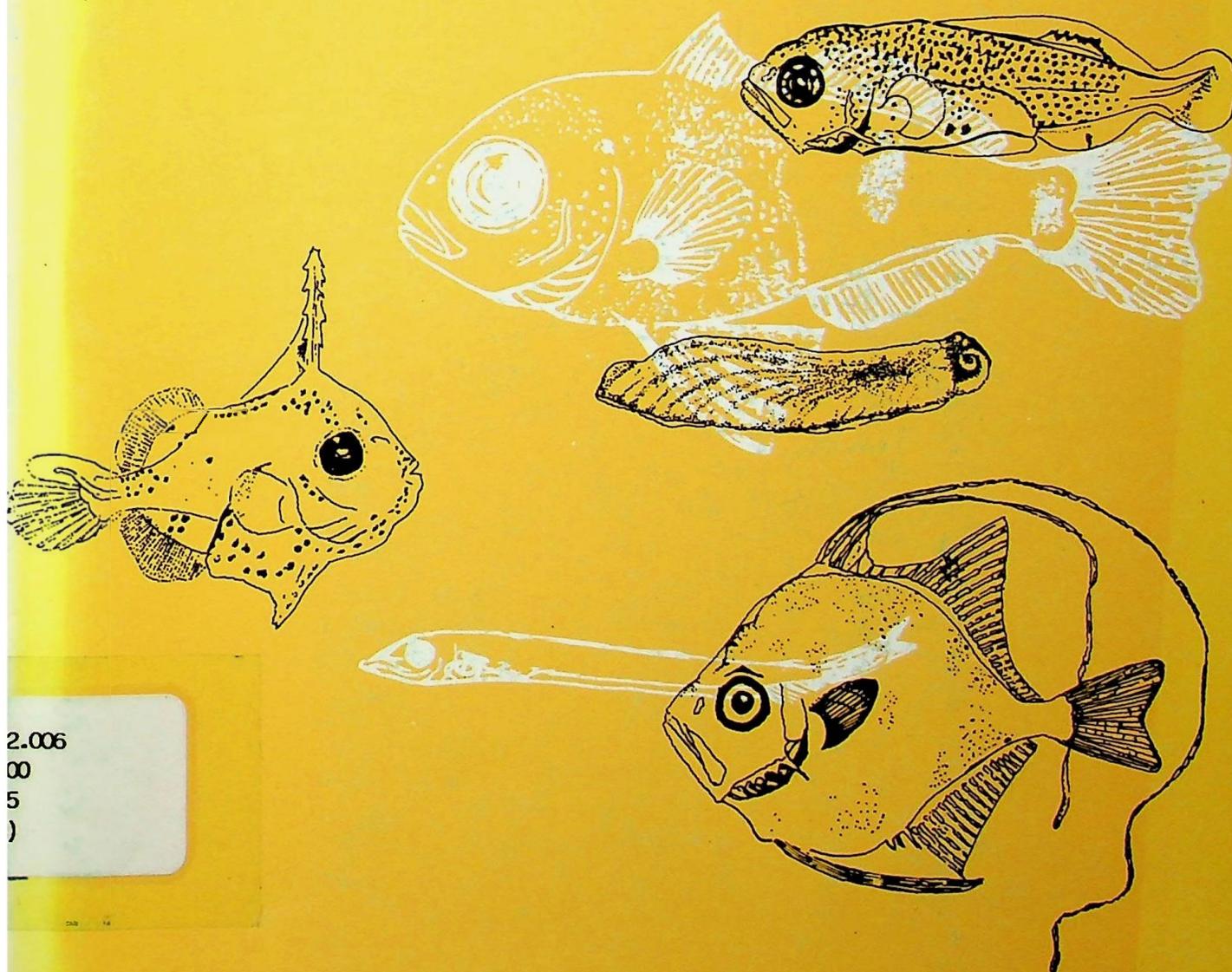


# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Nº 24



2.006  
00  
5  
)

## COMITE EDITOR

**Dr. Juan Cancino**  
Director responsable

**Dr. Mario George-Nascimento**  
Editor jefe  
FAX 056-41-543294

## COMITE ASESOR

**Dr. Ramón Ahumada**  
U. Católica Sma. Concepción

**Ing. Patricio Arana**  
U. Católica Valparaíso

**Dr. Hugo Arancibia**  
Instituto de Investigación Pesquera

**Prof. Nivaldo 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**  
U. Católica Sma. Concepción

**Dr. Patricio Ojeda**  
Pontificia U. Católica de Chile

**Ing. Eleuterio Yáñez**  
U. Católica Valparaíso

**Lic. Ciro Oyarzún**  
U. Católica Sma. Concepción

**Dr. Bernabé Santelices**  
Pontificia U. Católica de Chile

© 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 056-41-245908  
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° 24

1995

**Toro, J., A. Vergara y R. Galleguillos**

Deficiencia de heterocigotos en una cohorte de *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845). *Heterozygote deficiency in a cohort of Ostrea chilensis* (Philippi 1845) ..... 3-6

**Carvacho, A., R. Tapia y C. Vidal**

Aspectos reproductivos de la jaiba mora, *Homalaspis plana* (Milne-Edwards, 1834) (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) en el seno de Reloncaví, Chile. *Reproductive aspects of the purple crab Homalaspis plana* (Milne-Edwards, 1834) (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) in the Reloncaví gulf, Chile ..... 7-15

**Valdebenito, I., J. Bariles, R. Vega, P. Dantagnan, A. Bórquez y E. Carreño**

Análisis cualitativo y cuantitativo del semen de puye *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae). *Qualitative and quantitative analysis of the milt of puye Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae) ..... 17-21

**Aldana, M., J. Oyarzún y M. George-Nascimento**

Isópodos parásitos como indicadores poblacionales del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) (Pisces: Carangidae) frente a las costas de Chile. *Parasitic isopods as population indicators in the horse mackerel (Nichols, 1920) Trachurus symmetricus murphyi* (Pisces: Carangidae) off the Chilean coast ..... 23-32

**Hernández, S. y E. Fernández**

Variación estacional de la concentración de Cd, Zn y Pb en sedimentos superficiales de la Bahía Concepción, Chile. *Seasonal variation in the concentration of Cd, Zn and Pb in superficial sediments of Concepcion Bay, Chile* ..... 33-37

**Chong, J. y P. González**

Ciclo reproductivo del lenguado de ojos chicos, *Paralichthys microps* (Günther, 1881) (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) frente al litoral de Concepción, Chile. *Reproductive cycle of the small-eyed flatfish, Paralichthys microps* (Günther, 1881) (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) off Concepcion Bay, Chile ..... 39-50

**Muñoz, G., N. Cortés, M. Arriaza y C. Oyarzún**

Alimentación de una especie poco conocida, *Brama australis* Valenciennes, 1836 (Pisces: Bramidae) en la costa centro-sur de Chile. *Trophic habits of a little known species, Brama australis Valenciennes, 1836* (Pisces: Bramidae) off the central and southern coastline of Chile ..... 51-55

## DEFICIENCIA DE HETEROCIGOTOS EN UNA COHORTE DE *OSTREA CHILENSIS* (PHILIPPI, 1845)

### HETEROZYGOTE DEFICIENCY IN A COHORT OF *OSTREA CHILENSIS* (PHILIPPI 1845)

---

Jorge Toro, Ana Vergara y Ricardo Galleguillos\*

#### RESUMEN

Una cohorte de *Ostrea chilensis* fijada en colectores artificiales en el estuario Quempillén, Chiloé, fue utilizada para determinar las frecuencias genotípicas a los 6, 18 y 30 meses de edad, de las enzimas polimórficas: leucin-aminopeptidasa (LAP), fosfoglucoisomerasa (PGI) y anhidrasa carbónica (AC). Se analizó cada locus, utilizando la prueba de Chi-cuadrado para bondad de ajuste, expresando los resultados a través del índice relativo de desviación del valor esperado de heterocigotos (D). No se encontró valores negativos de D en los individuos de 6 meses de edad. Se encontró una deficiencia significativa de heterocigotos para los loci LAP (D= -0.260) y AC (D= -0.153) en los individuos de 18 meses de edad. En los adultos se observó valores negativos para D en todos los loci, presentando valores significativos para LAP (D= -0.243) y AC (D= -0.353). Considerando que la mortalidad entre los 6 y 18 meses y entre 18 y 30 meses fue de un 25 % y 17 % respectivamente, se puede concluir que en esta cohorte existiría un proceso de selección en contra de los heterocigotos en la etapa de juveniles, lo cual concuerda con lo registrado en la literatura para otras especies de moluscos bivalvos.

*Palabras claves:* Heterocigosidad, ostra chilena, Chile.

#### ABSTRACT

A cohort of *Ostrea chilensis* settled on artificial collectors in the Quempillén estuary, Ancud, Chiloé was used to investigate genotype frequencies at the LAP, PGI and CA loci, in random samples of oysters taken at 6, 18 and 30 months of age. Individual testing of each locus, using the  $\chi^2$  goodness of fit test was carried out, using "D" as an index of heterozygote deviation. In 6 months old oysters no negative values for D were found. Significant deficiency of heterozygotes were found at LAP (D= -0.260) and AC (D= -0.153) loci in oysters 18 months old. In adults (30 months) negative values of D were present at all analyzed loci presenting significant values at LAP (D= -0.243 and AC (D= -0.353). Considering that mortality between 6 and 18 months and between 18 and 30 months was 25 % and 17 % respectively, we conclude that there is a selection against heterozygotes in juvenile oysters, which is in agreement with the reports in the literature for other mollusc species.

*Key words:* Heterozygosity, Chilean oyster, Chile.

Fecha de recepción: 2 - 5 - 94. Fecha de aceptación 21 - 7 - 95

#### INTRODUCCION

En estudios electroforéticos llevados a cabo en bivalvos marinos, un fenómeno muy común reportado en la literatura es el de una deficien-

cia de heterocigotos, es decir, que el número de individuos heterocigotos observados para un determinado locus es significativamente menor al que se esperaría de acuerdo al modelo de Hardy-Weinberg (Skibinski *et al.*, 1983; Zouros & Foltz, 1984a; Guíñez & Galleguillos, 1985; Beaumont, 1991). Explicaciones que no involucran procesos selectivos para este fenómeno incluyen la presencia de endogamia, el efecto Wahlund, presencia de alelos nulos y aneu-

---

Instituto de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

\* Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile.

ploidía. Sin embargo, la mayoría de las explicaciones mencionadas anteriormente han sido descartadas como factores importantes en la producción de deficiencias de heterocigotos en moluscos bivalvos (Gaffney *et al.*, 1990; Gosling, 1992), y por lo tanto la causa de este fenómeno podría deberse a procesos de selección en contra de los heterocigotos.

Este fenómeno ha sido estudiado utilizando cultivos de laboratorio de *Mytilus edulis* (Mallet *et al.*, 1985; Beaumont, 1991) y en individuos de la misma especie provenientes de asentamientos producidos en la naturaleza (Gosling & Wilkins, 1985; Gosling & McGrath, 1990). Específicamente en la ostra chilena, Guíñez & Galleguillos (1985) reportan una deficiencia de heterocigotos para el locus anhidrasa carbónica (AC) en una población proveniente de la localidad de Melinka (Islas Guaitecas).

Se han propuesto en la literatura varios modelos para explicar el fenómeno de deficiencia de heterocigotos en poblaciones naturales, entre los cuales están los descritos por Zouros & Foltz (1984a; 1984b). En estudios de laboratorio con *Mytilus edulis*, se ha observado (Beaumont, 1991) que en semillas recién fijadas (< 5 mm de longitud de la valva) no hay desviaciones significativas con respecto a lo esperado de acuerdo a Hardy-Weinberg. Sin embargo, la desviación es significativa en juveniles (10 - 20 mm de longitud de valva) provenientes del mismo experimento, lo cual sugeriría que la deficiencia de heterocigotos sería un fenómeno característico de etapas tempranas del desarrollo, cuando los individuos están recién fijados.

En el presente trabajo se analiza electroforéticamente distintas etapas del ciclo de vida de una cohorte de *Ostrea chilensis*, con el fin de establecer el período en que esta deficiencia de heterocigotos se estaría generando.

## MATERIALES Y METODOS

Los individuos de *Ostrea chilensis* utilizados en el presente estudio fueron captados en colectores artificiales durante la temporada de reproducción 1989/1990 utilizando ostras provenientes de un banco natural de dicha especie presente en el estuario del río Quempillén, Ancud, Chiloé (41° 52' S y 73° 46' W). A los 6 meses de edad, 3.000 juveniles fueron despren-

didados de los colectores y transferidos a pearl-nets para continuar su crecimiento en forma suspendida en la bahía de Hueihue. Con el propósito de realizar un estudio de variación alozímica en diferentes estados del ciclo de vida de *O. chilensis*, una muestra aleatoria de 150 individuos de la cohorte se tomó a los 6, 18 y 30 meses de edad. Estos individuos experimentales fueron congelados a -30 °C para su posterior análisis enzimático. Se utilizó análisis de electroforesis horizontal sobre gel de almidón, en buffer Tris Cítrico discontinuo, pH 5.1-6.0 para la enzima LAP y pH 6.3-6.7 para las enzimas PGI y AC (Shaw & Prasad, 1970; Selander *et al.*, 1971). Se determinó las frecuencias genotípicas de las siguientes enzimas polimórficas: leucin-aminopeptidasa (LAP, EC 3.4.1.1), fosfo-glucoisomerasa (PGI, EC 5.3.1.9) y anhidrasa carbónica (CA, EC 4.2.1.1). En los loci analizados, los alelos fueron identificados por un número, el cual correspondió al porcentaje de movilidad en relación al alelo más común. Se realizaron análisis individuales para cada locus, utilizando la prueba de Chi-cuadrado para bondad de ajuste, expresando los resultados a través del índice relativo de desviación de heterocigotos ( $D$ ) del valor esperado. Las desviaciones a partir del modelo se expresaron como  $D = (H_o - H_e) / H_e$  (Selander, 1970), en donde  $H_o$  = número observado, y  $H_e$  = número esperado de heterocigotos asumiendo equilibrio Hardy-Weinberg.

## RESULTADOS

El porcentaje de mortalidad fue de un 25 % para el período entre los 6 y 18 meses y de 17 % para el período comprendido entre los 18 y 30 meses.

La Tabla 1 presenta las frecuencias de heterocigotos para los loci estudiados en la cohorte de *Ostrea chilensis*, e incluye la proporción de heterocigotos observados ( $H_o$ ), la proporción de heterocigotos esperados ( $H_e$ ) bajo equilibrio Hardy-Weinberg, el índice relativo de desviación de heterocigotos del valor esperado ( $D$ ) y la probabilidad para la prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste con el equilibrio Hardy-Weinberg ( $p$ ). En la Tabla 1, que resume el análisis para cada locus, se observa que los valores de  $D$  son positivos, lo que indica que no

Tabla 1. Frecuencias de heterocigotos para los loci estudiados en la cohorte de *Ostrea chilensis* fijada en la temporada 1989/1990. Proporción de heterocigotos observados ( $H_o$ ), proporción de heterocigotos esperados ( $H_e$ ) bajo equilibrio Hardy-Weinberg, índice relativo de desviación de heterocigotos del valor esperado (D) y la probabilidad para la prueba de Chi-cuadrado para bondad de ajuste con el equilibrio Hardy-Weinberg (p).

Frequency of heterozygotes in 3 loci analyzed in a cohort of *Ostrea chilensis* settled in 1989/1990 season. Proportion of observed ( $H_o$ ) and expected ( $H_e$ ) heterozygotes, under Hardy-Weinberg, index of relative deviation of heterozygotes from expected value (D) and the probability, of Chi-square goodness of fit test (p).

LOCUS	6 meses			18 meses			30 meses		
	$H_o$	$H_e$	D	$H_o$	$H_e$	D	$H_o$	$H_e$	D
LAP	0.419	0.398	0.053*	0.338	0.457	-0.260**	0.447	0.591	-0.243**
PGI	0.581	0.458	0.283*	0.373	0.389	-0.041*	0.268	0.292	-0.082*
AC	0.645	0.617	0.046*	0.514	0.607	-0.153**	0.408	0.631	-0.353**
Promedio			0.127			-0.151			-0.226

\* N.S.; \*\*  $p < 0.05$

hay deficiencia de heterocigotos en las semillas de 6 meses de edad, aunque los valores de D no son estadísticamente significativos. En los individuos de 18 meses de edad, se observó dos loci con valores negativos para D, los cuales son estadísticamente significativos: LAP y AC, lo que indica que ambos loci no se encuentran en equilibrio Hardy-Weinberg. En ostras de 30 meses de edad, se observa que los tres loci presentan valores negativos para D, es decir una clara deficiencia de heterocigotos con desviaciones estadísticamente significativas para LAP y AC, lo cual explicaría su alejamiento del equilibrio Hardy-Weinberg.

## DISCUSION

El hallazgo de una deficiencia de heterocigotos corresponde a un hecho común en moluscos. En efecto, Zouros & Foltz (1984a), en una amplia revisión dan cuenta de 24 especies de bivalvos marinos en las cuales se ha encontrado esta deficiencia. Estos mismos autores proponen como posibles causas la selección diferencial en estados larvales o un desove genotipo

dependiente. Otras posibles causas para este fenómeno pueden ser el efecto Wahlund o la consanguinidad (Singh & Green, 1984). Los datos obtenidos en el presente estudio sobre deficiencia de heterocigotos, demuestran que entre el período de semilla (6 meses) y juveniles (18 meses), ocurre una mortalidad diferencial entre genotipos homocigotos y heterocigotos en dos de los loci estudiados. Esta mortalidad diferencial va generando en la cohorte una deficiencia general significativa de heterocigotos, detectable ya en la etapa de juveniles (18 meses). Uno de los tres loci estudiados (PGI), no mostró deficiencia ni exceso de heterocigotos, lo cual está de acuerdo con lo citado para estudios llevados a cabo en poblaciones naturales de moluscos bivalvos (Koehn *et al.*, 1976; Zouros *et al.*, 1983).

La mayoría de las hipótesis que proponen explicar la deficiencia de heterocigotos en moluscos bivalvos, por medio de eventos que no involucran procesos selectivos, pueden ser descartadas. La alta fecundidad, fertilización externa y dispersión larval, común en la mayoría de los moluscos bivalvos, tienden a poner evidencia en contra para las hipótesis de consanguinidad y efecto Wahlund como gestoras de deficiencia de heterocigotos. A pesar de que en la especie de ostra chilena la fertilización es interna y el período larval pelágico muy reducido (Toro & Chaparro, 1990), no se observó una deficiencia de heterocigotos en los primeros estadios de su ciclo de vida, eliminando de esta forma las hipótesis de efecto Wahlund y consanguinidad como probables causas de la deficiencia de heterocigotos encontrada en esta cohorte. Estudios llevados a cabo por Gosling & Wilkins (1985), Mallet *et al.* (1985), Borsa *et al.* (1991) y Gaffney (1993), descartan la posibilidad de que la deficiencia de heterocigotos se deba al efecto Wahlund, consanguinidad o alelos nulos. Otra posible causa para el déficit de heterocigotos propuesta por Thiriott-Quievreux *et al.* (1988), es la presencia de aneuploidía, la cual, sin embargo, fue descartada a través de los resultados obtenidos en estudios llevados a cabo por Gaffney *et al.* (1990). Por lo tanto, descartando otras hipótesis alternativas, se tiende a quedar con la selección contra ciertos genotipos heterocigotos, como la causa más probable en la generación de deficiencias de heterocigotos en moluscos bivalvos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman lo reportado por Mallet *et al.* (1985) y Beaumont (1991), incrementando de esta forma la evidencia sobre la existencia de una selección en contra los heterocigotos, como la causa del fenómeno de deficiencia de heterocigotos en moluscos bivalvos, la que ocurriría durante la etapa de post-fijación.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por FONDECYT a través del Proyecto 91-0897 y la Dirección de Investigación y Desarrollo de la UACH, Proyectos: S-91-05 y S-94-18.

## LITERATURA CITADA

- BEAUMONT, A.R. 1991. Genetic studies of laboratory reared mussels, *Mytilus edulis*: heterozygote deficiencies, heterozygosity and growth. *Biological Journal of the Linnean Society*, 44: 273 - 285.
- BORSA, P., M. ZAINURI & B. DELAY. 1991. Heterozygote deficiency and population structure in the bivalve *Ruditapes decussatus*. *Heredity*, 66: 1 - 8.
- GAFFNEY, P.M. 1993. Heterosis and heterozygote deficiencies in marine bivalve: more light? En: *Genetics and Evolution of Aquatic Organisms*. A.R. Beaumont (editor). London, Chapman & Hall.
- GAFFNEY, P.M., T.M. SCOTT, R.K. KOEHN & W.J. DIEHL. 1990. Interrelationships of heterozygosity, growth rate and heterozygote deficiencies in the Coot Clam, *Mulinia lateralis*. *Genetics*, 124: 687 - 699.
- GOSLING, E.M. 1992. Genetics of *Mytilus*. En: *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and culture*: 309- 382. E.M. Gosling (editor). Holland, Elsevier.
- GOSLING, E.M. & N.P. WILKINS. 1985. Genetics of settling cohorts of *Mytilus edulis* (L.): preliminary observations. *Aquaculture*, 44: 115 - 123.
- GOSLING, E.M. & D. MCGRATH. 1990. Genetic variability in exposed-shore mussels, *Mytilus* spp. along an environmental gradient. *Marine Biology*, 104: 413 - 418.
- GUÍÑEZ, R. & R. GALLEGUILLOS. 1985. Clinal variation in morphological distance between genotypes at the carbonic anhidrase locus in the Chilean oyster, *Tiostrea chilensis* (Philippi, 1845) Chanley and Dinamani, 1980. *Brazilian Journal of Genetics*, 8: 609-616.
- KOEHN, R.W., R., MILKMAN & J.B. MITTON. 1976. Population genetics of marine pelecypods. IV. Selection, migration and genetic differentiation in the blue mussel *Mytilus edulis*. *Evolution*, 30: 2-32.
- MALLET, A.L., E. ZOUROS, K.E. GARTNER-KEPKAY, K.R. FREEMAN & L.M. DICKIE. 1985. Larval viability and heterozygote deficiency in populations of marine bivalves: evidence from pair matings of mussels. *Marine Biology*, 87:165-172.
- SELANDER, R.K. 1970. Behaviour and genetic variation in natural populations. *American Zoologist*, 10: 53 - 66.
- SELANDER, R.K., M.H. SMITH, S.Y. YANG, W.E. JOHNSON & J.B. GENTRY. 1971. Biochemical polymorphism and systematics in the genus *Peromyscus*. I. Variation in the oldfield mouse (*Peromyscus polionotus*). University of Texas Publication N° 7103. *Studies in Genetics*, 6: 49-90.
- SHAW, CH., R. PRASAD. 1970. Starch gel electrophoresis of enzymes: a compilation of recipes. *Biochemical Genetics*, 4: 297-320.
- SINGH, S.M. & R.H. GREEN. 1984. Excess of allozyme homozygosity in marine molluscs and its possible biological significance. *Malacologia*, 25: 569-581.
- SKIBINSKI, D.O.F., J.A. BEARDMORE & T.F. CROSS. 1983. Aspects of the population genetics of *Mytilus* (Mytilidae: Mollusca) in the British Isles. *Biological Journal of the Linnean Society*, 19: 137-183.
- TORO, J.E. & O.R. CHAPARRO. 1990. Conocimiento biológico de *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845): Impacto y perspectivas en el desarrollo de la ostricultura en Chile. En: *Cultivo de Moluscos en América Latina*: 231-264. A. Hernández (editor). C.I.I.D., Bogotá, Colombia.
- VERGARA, A.M., J.E. TORO & K.A. PASCHKE. 1992. Relaciones entre variables fisiológicas, heterocigosidad y eficiencia de crecimiento en *Ostrea chilensis* (Philippi 1845). *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 27: 283-297.
- ZOUROS, E., D.W. FOLTZ. 1984a. Possible explanations of heterozygote deficiency in bivalve molluscs. *Malacologia*, 25: 583-591.
- ZOUROS, E. D.W. FOLTZ. 1984b. Minimal selection requirements for the correlation between heterozygosity and growth, and for the deficiency of heterozygotes, in oyster populations. *Developmental Genetics*, 4: 393 - 405.
- ZOUROS, E., S.M. SINGH, D.W. FOLTZ & A.L. MALLET. 1983. Post-settlement viability in the American oyster (*Crassostrea virginica*): an overdominant phenotype. *Genetics Research, Cambridge*, 41: 259-270.

# ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA JAIBA MORA , *HOMALASPIS PLANA* (MILNE-EDWARDS, 1834) (CRUSTACEA: BRACHYURA: XANTHIDAE) EN EL SENO DE RELONCAVI, CHILE

## REPRODUCTIVE ASPECTS OF THE PURPLE CRAB *HOMALASPIS PLANA* (MILNE-EDWARDS, 1834) (CRUSTACEA: BRACHYURA: XANTHIDAE) IN THE RELONCAVI GULF, CHILE

---

Alberto Carvacho<sup>1</sup>, Robinson Tapia y Carlos Vidal

### RESUMEN

Entre marzo de 1989 y diciembre de 1991 se recolectaron 419 ejemplares juveniles y adultos de la jaiba mora *Homalaspis plana*. La proporción sexual de 2,8 hembras por macho sugiere un sistema de apareamiento poligínico. Se mantuvo un número variable de ejemplares en cautiverio, donde se observó que el apareamiento ocurre en verano. La pareja se establece con la hembra blanda, pero la cópula se realiza días después, cuando el tegumento del caparazón está completamente duro. La gónada del macho madura a fines de invierno con el alza de la temperatura del agua de mar y la de la hembra lo hace en verano, luego de la fecundación, reteniendo los espermátóforos en grandes espermatecas, cuyo volumen decrece a medida que la gónada se desarrolla. Las hembras se encuentran ovígeras entre junio y septiembre y la talla mínima de primera madurez es de 80 mm de ancho de caparazón. La fecundidad varía entre 180.000 y 700.000 huevos. El desarrollo larvario se lleva a cabo en primavera entre octubre y enero.

*Palabras claves:* Cópula, desarrollo gonádico, morfometría, calendario reproductivo.

### ABSTRACT

Four hundred and nineteen adult and juvenile crabs *Homalaspis plana* were sampled between may 1989 and december 1991. The sex ratio (2.8 females : 1 male) suggests a polygynic mating type. Mating took place during summer and was observed in specimens kept in the laboratory: the couple is established when the female molts, but copulation is carried out several days later, when the female's carapace is already hard. The ovary matures after fertilization and spermatophores are retained in two large spermathecae, whose volume decreases as the gonad develops. Oviparous females were found between june and september and their minimum size at sexual maturity was about 80 mm in carapace width. Fecundity ranged between 180.000 and 700.000 eggs and the larval cycle occurred in spring, between october and january.

*Key words:* Copulation, gonadic development, morphometry, reproductive calendar.

Fecha de recepción: 18 - 7 - 94. Fecha de aceptación: 20 - 9 - 95.

### INTRODUCCION

Las capturas de cangrejos en Chile han experimentado un aumento explosivo en los últimos

diez años, seguramente como consecuencia de la pauperización y medidas restrictivas que han afectado a numerosas otras especies sometidas a explotación artesanal. Como consecuencia de esto, parte de los pescadores parece haberse dedicado a la extracción de jaibas, lo que explica que entre los años 1981 y 1988 (último año de estadísticas FAO al momento de

---

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de los Lagos, Osorno, Chile.

<sup>1</sup> Dirección actual : SINERGOS, Casilla 1282, Valdivia.

elaborar este manuscrito), el incremento haya sido desde aproximadamente 1.200 a 7.000 ton, es decir de un 483 %, lo que debe ser el mayor incremento de una pesquería en Chile (FAO, 1988).

Dentro de este grupo que la FAO encasilla bajo el rótulo de cangrejos NEP<sup>1</sup>, una especie de interés –cuya biología es casi desconocida– es la “jaiba mora”, *Homalaspis plana*, cuya área de distribución se extiende desde Guayaquil hasta el Estrecho de Magallanes e Islas Juan Fernández (Garth, 1957), pudiendo encontrarse entre la zona de mareas y los 272 m de profundidad (Henríquez y Bahamonde, 1976).

Son escasos los conocimientos sobre su ciclo de vida. Antezana *et al.* (1965) indican que la época de desove en Valparaíso (33°02'S) se sitúa entre julio y diciembre y calculan su fecundidad entre 15.000 y 500.000 huevos. Fagetti (1960, 1970) describe sus larvas y señala que, en la misma región, el período larvario se extiende por 70 días durante la primavera y comprende cuatro estadios zoea y uno de megalopa.

*Homalaspis plana* es una especie de amplia distribución, extendiéndose desde aguas tropicales (Ecuador) hasta zonas templado-frías (Estrecho de Magallanes), distribución que abarca 53° de latitud, es decir, aproximadamente 6.000 km. Se trata, en consecuencia, de una especie particularmente propicia para realizar estudios sobre modificaciones biológicas ligadas a factores geográficos.

El objetivo de este trabajo es presentar observaciones sobre conducta sexual, desarrollo gonádico, fecundidad y calendario reproductivo, las que fueron realizadas a través de muestreos periódicos y observaciones de laboratorio en el Seno de Reloncaví (41°36'S; 72°42'W), sector sur de su amplia área de distribución.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental de Acuicultura y Ciencias del Mar de la Universidad de los Lagos, situado en Punta Metri (41°36'S; 72°42'W) (Fig. 1) donde se realizaron las observaciones y muestreos que se detallan más adelante, entre mayo de 1989 y diciembre de 1991.

<sup>1</sup> NEP: No Especifica Partida (especie).

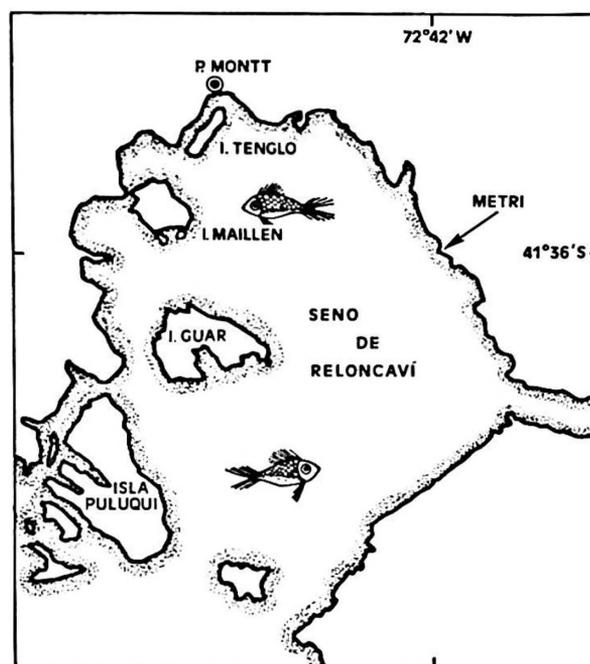


Figura 1. Situación geográfica de Punta Metri, sitio de estudio.

Geographic location of Punta Metri, the study site.

Las capturas de juveniles –es decir, animales sexualmente inmaduros– se hicieron a mano en los pisos meso e infralitoral rocosos, durante las mareas de sicigias, donde excepcionalmente se capturaron también adultos en condición reproductiva. Estos fueron recolectados, en su mayoría, con seis nasas por mes similares a las utilizadas por pescadores artesanales, caladas a profundidades de entre 8 y 20 m y que, cebadas con carne y vísceras de pescado, se dejaron por aproximadamente 15 horas. Los animales se llevaron vivos al laboratorio donde se midió, con aproximación de 1 mm, el ancho y el largo del caparazón.

La madurez se determinó adaptando el método propuesto por González-Gurriarán (1985). Es decir, se establecieron, tanto para machos como para hembras, cuatro estadios que se distinguen tanto por el color de las gónadas como por el volumen que ocupan éstas en la cavidad corporal. El estadio 1, inmadurez absoluta, corresponde a la no presencia observable de gónada, mientras el 4 equivale al máximo desarrollo gonadal.

Se mantuvieron en cautiverio, además, algunas parejas reproductivas en acuarios con 55 litros de agua de mar circulando en circuito

abierto y alimentadas con carne de bivalvos. Su número fue variable a lo largo del estudio y en total llegó a seis.

Con la única finalidad de detectar el momento de aparición de las distintas fases larvarias en el plancton se realizaron muestreos con una red de 300 micras de luz de malla. Estos se hicieron coincidir en fecha con los muestreos de juveniles y adultos, aunque en los períodos de mayor abundancia de larvas se intensificaron los arrastres con red de plancton.

La fecundidad se estimó modificando las técnicas propuestas por Ros & Menocal (1978) y por Campbell & Eagles (1983). Los huevos se separaron del abdomen –previamente amputado– con ayuda de una pinza fina y se pusieron a secar en placas de Petri durante dos horas bajo un foco de 75 W ubicado 15 cm por encima de la muestra. Cada 15 minutos se removían los huevos para asegurar un secado uniforme. Una vez secos, se tamizaron a través de una malla de 1 mm de luz para separarlos de los restos de pleópodos y filamentos de sujeción. Finalmente se procedió al recuento, separando 5 submuestras de 500 huevos cada una. Cada submuestra se pesó, se eliminaron los dos valores extremos y se obtuvo un promedio de los restantes. Simultáneamente se pesó la masa total de huevos (NTH) para aplicar una fórmula simple y calcular su número total:

$$NTH = \frac{Pt \times n}{Pn}$$

donde Pt es el peso total de la masa de huevos, n es número de huevos presentes en la submuestra (500), y Pn es el peso promedio de las submuestras.

La temperatura del agua se midió 4 veces al día (8:00, 12:00, 16:00, 20:00 horas), pero se obtuvieron promedios diarios. Estos promedios sirvieron de base para calcular la temperatura media mensual, a la que se hace referencia en el trabajo y que se usó para relacionarla con el ciclo de desarrollo gonadal.

## RESULTADOS

### Cópula

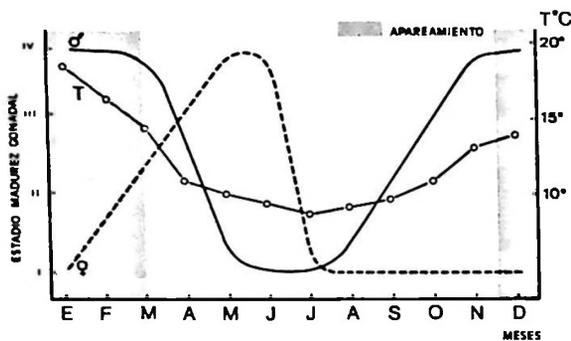
En dos ocasiones, durante mareas excepcional-

mente bajas a comienzos de verano del mismo año, se encontraron parejas en las que el macho tenía el caparazón normalmente endurecido mientras que la hembra estaba recién mudada, con el caparazón blando. Los animales coexistían en grietas rocosas que les servían de refugio en el mesolitoral inferior y, aun cuando muy juntos, no estaban en la posición de abrazo característica de la precópula (y cópula) de la mayor parte de los braquiuros. En una de ellas se observó la cópula, que se realizó siete días después de la captura, cuando la hembra ya tenía endurecido el caparazón. Al realizar las primeras observaciones en el laboratorio (8:30 horas AM), los animales ya estaban copulando. Para ello se situaron en posición vertical, la hembra semienterrada en la arena, el macho ligeramente más arriba, abrazados con los pereiópodos, pero sin que en el abrazo intervinieran los quelípodos. El abdomen de la hembra, muy abierto, se encontraba enterrado en la arena. El del macho, también bastante abierto, se ubicaba entre el abdomen y el cuerpo de la hembra, moviéndose rítmica y lentamente. Los pleópodos masculinos (órganos copuladores) estaban introducidos en los gonoporos femeninos, pero sin que se advirtiera movimiento en ellos. El macho agitaba activamente los dos pares de maxilípodos externos y movía a veces las pinzas, las que mantenía en alto, sin tocar con ellas a la hembra. Durante la cópula, la hembra mantuvo el único quelípodo que le quedaba (perdió uno al llegar al laboratorio) pegado a su cuerpo, atravesado bajo la cavidad bucal, moviendo ocasionalmente los terceros maxilípodos. A la 10:05 AM el macho sacó los pleópodos de los orificios femeninos, pero el abrazo se deshizo sólo algún tiempo después. Los animales se agitaron buscando enterrarse y luego se calmaron. La hembra permaneció en el lugar, mientras el macho se alejó unos 15 cm y se enterró bajo una roca. Si bien es imposible determinar el tiempo total del apareo, ya que la observación se inició cuando los animales estaban ya copulando, puede decirse que éste fue de más de una hora y media y que se realizó de día.

### Desarrollo gonádico

Entre fines de otoño y comienzos de primavera (mayo a julio) la gónada masculina no presen-

taba desarrollo alguno. Inicia su aumento de volumen hacia fines de julio o comienzos de agosto (Fig. 2), lo que coincide con el alza de temperatura del mar luego del período invernal. El máximo desarrollo de la gónada en los machos adultos sólo se logra a fines de noviembre y se mantiene hasta marzo.



Calendar of gonadic development in females and males, overlaid to the curve of mean temperature of the seawater. Sample sizes for each month are shown in Table 1.

La gónada femenina sigue un ciclo estacional diferente. El desarrollo se inicia en verano, cuando la temperatura del mar ha alcanzado su máximo (18°C aproximadamente) y su mayor volumen se logra en otoño. Es necesario señalar que en las hembras de esta especie es notable la presencia de un par de espermatecas que, cuando llegan a alcanzar su mayor tamaño, se convierten en las estructuras más voluminosas y llamativas del tracto genital, ubicándose vecinas a su extremo distal. El ciclo estacional de la espermateca es aproximadamente inverso al del ovario: alcanza su tamaño máximo a fines de primavera y comienzos de verano –lo que coincide, obviamente, con la época del apareamiento– para iniciar su total regresión en el momento en que comienza el desarrollo ovárico, luego de la fecundación.

#### Relaciones morfométricas ligadas a la sexualidad

En busca de diferencias alométricas entre machos y hembras, ligadas de algún modo a la reproducción y que se expresen en la forma del

caparazón, en la Fig. 3 se exponen los resultados que se refieren a individuos recolectados en torno a la primera estación reproductiva, con tallas fluctuantes entre los 45 y los 130 mm de ancho de caparazón. Al comparar las ecuaciones resultantes de la relación lineal entre largo y ancho del caparazón para 109 machos y 310 hembras se detecta un dimorfismo: hasta el momento de la madurez sexual las hembras son proporcionalmente más largas que los machos, pero a partir de entonces la proporción se invierte, de modo que las hembras llegan a ser más anchas.

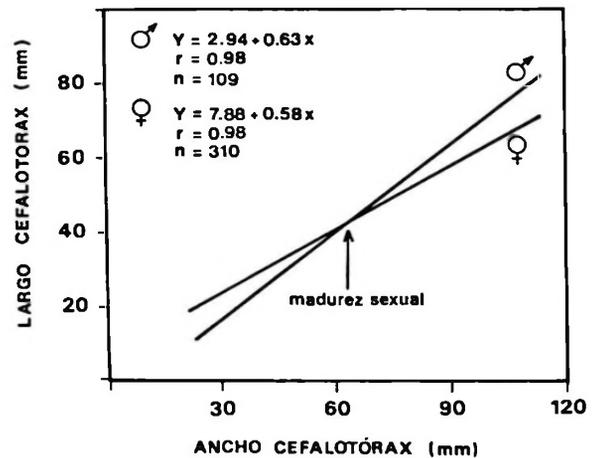


Figura 3. Relación largo/ancho de caparazón para hembras y machos.

Relation length/width of the carapace for females and males.

Las relaciones morfométricas están representadas por las siguientes ecuaciones:

Para hembras:  $Y = 7,88 + 0,58 X$  ( $r = 0,934$ ),  
 Para machos:  $Y = 2,94 + 0,63 X$  ( $r = 0,978$ ),

donde Y es el largo de caparazón y, X es el ancho del caparazón.

El cruce de ambas rectas, en la Fig. 3, coincide con la talla de la primera reproducción.

#### Fecundidad

Se calculó el número de huevos en 20 hembras cuyas tallas variaron entre 85 y 130 mm de ancho de caparazón y que fueron capturadas en el invierno de 1991. La Fig. 4 relaciona las variables número de huevos y ancho de caparazón, resultando la siguiente ecuación exponencial:

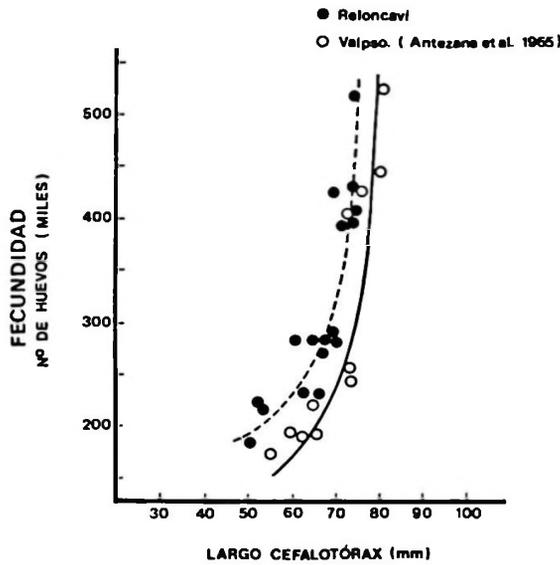


Figura 4. Fecundidad de *Homalaspis plana* en el Seno de Reloncaví (este trabajo) y en Valparaíso (según Antezana *et al.*, 1965) en relación al ancho del caparazón.

Fecundity of *Homalaspis plana* in the gulf of Reloncaví (this study) and in Valparaíso (Antezana *et al.* 1965), according to carapace width.

$$Y = 7.302,29 e^{0,035 X}, (r = 0,95 ; n = 20)$$

donde Y es el número de huevos y X el ancho del caparazón.

**Proporción sexual**

La Tabla 1 muestra el total de los individuos recolectados en los muestreos con nasas. De 419 ejemplares capturados, 109 eran machos (26%) y 310 hembras (74%), de las cuales 20 portaban huevos. La proporción general es de 2,8 hembras por macho y, si se excluyen los dos meses de valores extremos (febrero y noviembre), es posible advertir una cierta constancia en ella (Fig. 5).

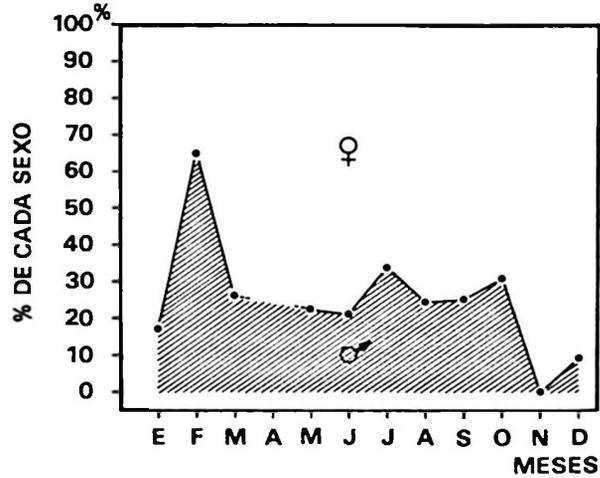


Figura 5. Razón sexual. Porcentaje relativo de machos y hembras a lo largo del año. Ver tamaño muestral de cada mes en Tabla 1.

Sex ratio. Percentage of males and females along the year. Sample sizes for each month in Table 1.

**Calendario reproductivo**

El seguimiento de la población de *Homalaspis plana* residente en Punta Metri permite resumir las observaciones en el calendario reproductivo propuesto en la Fig. 6.

El apareamiento y la cópula se producen en los meses de verano, período en el que el macho tiene sus gónadas completamente maduras, mientras en la hembra sólo la espermateca, que recibirá los espermatozoides de la fecundación, ha alcanzado un grado importante de desarrollo. Luego de la cópula, temprano en otoño, sobreviene la regresión de las gónadas masculinas y, a la inversa, la maduración gonadal en las hembras ya fecundadas. La puesta de huevos se produce entre fines de otoño y comienzos de invierno, y es posible encontrar hembras ovígeras hasta primavera. Hacia fines de sep-

Tabla 1. Total de jaibas mora capturadas por mes y según sexo.

Total number of purple crabs sampled by month and sex.

Año	Ene.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.		Jul.		Ago.		Sep.		Oct.		Nov.		Dic.	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
1989									23	12	8	6	15	11	18	8	24	9	19	5	2	0	19	2
1990	10	1			14	5			57	11	14	0	17	11								2	0	
1991	24	6	6	11									17	3	10	1	6	1	5	6				
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>5</b>			<b>80</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>49</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>2</b>

H = Hembras  
M = Machos

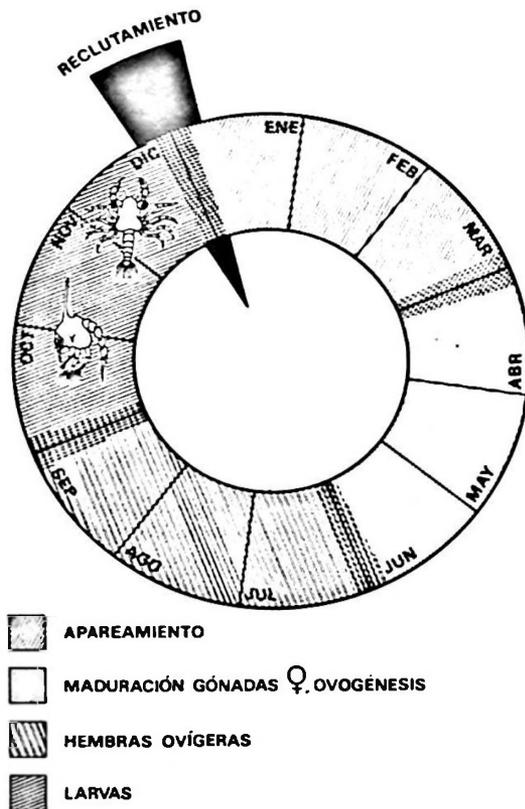


Figura 6. Calendario propuesto para el ciclo reproductivo de *Homalaspis plana*.

Proposed calendar for the reproductive cycle of *Homalaspis plana*.

tiembre comienzan a aparecer en el plancton las primeras larvas; las formas más avanzadas (zoea 3, zoea 4 y megalopa) se encuentran hacia diciembre. El reclutamiento que le sigue coincide, en consecuencia, con el apareo que dará origen a la siguiente generación.

## DISCUSION

### Apareo y cópula

La familia Xanthidae dista de ser un grupo homogéneo. Prueba de ello es la cantidad de subdivisiones a que ha sido sometida recientemente (Pilumnidae, Panopeidae, etc.). Esta heterogeneidad se expresa, sobre todo, en los variados tipos de reproducción que se reconocen en ella, los que han sido explicados por Knudsen (1960) y por Hartnoll (1969). Este último autor plantea que, entre los braquiuros, hay dos modelos básicos de apareamiento: en

uno la cópula se realiza entre un macho con el tegumento duro, normal, y una hembra recién mudada, es decir, con su cutícula aún blanda; en el otro, tanto macho como hembra tienen el tegumento duro en el momento del apareo. Entre los Xanthidae, se registra cópula con hembra dura en *Paraxanthias taylora* y *Lophopanopeus bellus* (ver Hartnoll, 1969); *Rhithropanopeus harrisii* (ver Morgan et al., 1983); *Carpilius corallinus* (ver Laughlin, 1982); *Neopanope sayi* (ver Swartz, 1978), mientras que la hembra está blanda en el apareo de *Menippe mercenaria* (ver Savage, 1971) y *Eriphia smithii* (ver Tomikawa & Watanabe, 1992).

En el caso de *H. plana* aparece como inédita una forma de apareo en la cual la pareja se establece cuando la hembra está recién mudada (y, posiblemente, antes de la muda), pero el momento de la cópula se retrasa hasta su endurecimiento. La posición vertical durante el apareo tampoco parece ser frecuente. El género *Homalaspis*, por otra parte, es monoespecífico, de modo que no es fácil encontrar referentes cercanos para esta particularidad de *H. plana*.

Gleeson (1991) observó en *Callinectes sapidus*, especie que se apareo con la hembra blanda, que en condiciones de laboratorio la cópula puede diferirse hasta por 4 semanas, lo que pudiera reflejar que situaciones anormales sean causal de una conducta no habitual. Resulta extremadamente riesgosa, sin embargo, la extrapolación de los resultados de Gleeson, ya que ambas especies no sólo están filogenéticamente muy alejadas sino, además, *Callinectes sapidus* tiene anecdisis terminal, lo que no sucede en *Homalaspis plana*, y que condiciona, en principio, la obligatoriedad de una sola fecundación en la vida. Es éste, precisamente, el argumento que esgrime el autor para explicar una situación aparentemente anómala.

### Desarrollo gonadal

Aparecen aquí dos características notables como factores desencadenantes del desarrollo gonadal. La gónada masculina, que inicia su proceso de maduración antes que la femenina, parece estar estimulada por el alza en la temperatura del mar en primavera (Fig. 2), como sucede con bastante frecuencia en la mayor parte de los invertebrados marinos.

En el caso de la gónada femenina pareciera que el factor que condiciona el inicio de la madurez es la fecundación, lo que es frecuente en braquiuros (González-Gurriarán, 1985; Abelló, 1989, entre otros). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que para que exista fecundación viable es necesario el desarrollo previo de la espermateca. Así, espermateca y testículos maduran simultáneamente, siendo posible que ambos sean termodependientes.

Se conoce el caso de otras especies de Xanthidae en que una cópula basta para fecundar varias cohortes. Es decir, la espermateca puede almacenar espermátóforos viables por mucho tiempo, aun de un ciclo de intermuda a otro, lo que asegura que los huevos pueden seguir siendo fecundados sin el concurso de nuevos machos. Es el caso de *Rhithropanopeus harrisi* (ver Morgan *et al.*, 1983) o de *Neopanope sayi* (ver Swartz, 1978), especies que pueden poner hasta cuatro veces sin necesidad de una nueva fecundación. La situación de *Menippe mercenaria* es más llamativa, ya que puede desovar hasta 13 veces como consecuencia de una sola fecundación y suele retener los espermátóforos de un ciclo de intermuda a otro (Cheung, 1968; 1969). Claramente éste no es el caso de *Homalaspis plana*, ya que a medida que madura el ovario, la espermateca reduce su tamaño e incluso desaparece inmediatamente después de la puesta.

#### Relaciones morfométricas ligadas a la sexualidad

Las diferencias alométricas en el crecimiento del caparazón de machos y hembras es una medida que sirve para expresar la madurez sexual. Como se muestra en la Fig. 3, el entrecruzamiento de las rectas de alometría largo/ancho del caparazón, para ambos sexos, se produce con bastante precisión en torno al momento de la primera reproducción. A partir de entonces la hembra se va haciendo progresivamente más ancha que el macho, lo que tiene una obvia explicación adaptativa: se está ganando, de manera gradual, un espacio cada vez mayor para el desarrollo gonadal porque, tal como se ha visto (Fig. 4), el número de huevos aumenta exponencialmente con el tamaño de la hembra.

#### Fecundidad

El estudio de fecundidad se refiere sólo a la población muestreada regularmente con nasas en Punta Metri, por lo que el número se limitó a las 20 hembras ovígeras recolectadas con este arte. El gráfico de la Fig. 4 se ajusta a las generalizaciones bien conocidas para la fecundidad en braquiuros, comentadas por Hartnoll en 1985, quien establece que, en general, a mayor tamaño de las hembras, éstas tendrán un mayor número de huevos. En un estudio parecido al nuestro, Antezana *et al.* (1965) obtuvieron resultados similares con una metodología comparable (M.T. López, com. personal), aunque es posible establecer algunas diferencias de gran interés. Los individuos estudiados por Antezana y colaboradores en la bahía de Valparaíso, a latitudes bastante más bajas, tenían fecundidades menores a los analizados en este trabajo para tallas similares. Para hacer una adecuada comparación es que en la Fig. 4 combinamos nuestros datos con los de Antezana *et al.* Si se examinan las cifras de huevos para animales comprendidos entre 55 y 70 mm de largo de caparazón se encontrarán 15 observaciones, cinco corresponden a material de Valparaíso y diez a especímenes de Reloncaví. Los cinco del norte tienen fecundidades inferiores a 225.000 huevos, mientras los del sur están por sobre esa cifra. Este hecho se puede asociar a los esquemas de variación latitudinal descritos por Jones & Simons (1983), quienes señalan que los animales de bajas latitudes alcanzan su madurez a tallas menores que los de altas latitudes, encontrándose una menor cantidad de huevos en tallas similares. Algo parecido señala Hines (1989) para el xántido del Atlántico norteamericano *Panopeus herbstii*, que disminuye brusca-mente su talla de madurez sexual al norte de Cabo Hatteras, un límite biogeográfico bien conocido.

#### Proporción sexual

La proporción sexual concuerda con la encontrada para la misma especie por Steffen (1975), que señala 2,8 hembras por macho, y por Antezana *et al.* (1965) en Valparaíso, quienes señalan una relación de dos hembras por macho. Esto indica que no se trata de un carácter local y podría explicarse de varias maneras.

Una hipótesis atractiva es postular un sistema de apareamiento poligínico similar al de *Cancer porteri* sugerido por Carvacho (1989), aunque pudieran plantearse también formas de migración selectiva. Si la causa fuera esta última, debieran haber variaciones significativas en cuanto a la superioridad numérica de uno u otro sexo en algunos momentos del año, hecho que no se manifiesta en este caso. Más aún, en la época del apareamiento la proporción femenina aumenta considerablemente con respecto al resto del año, hecho que no sería explicable si se tratara de algún sistema de migración selectiva en donde la proporción, por lo menos en esa época, debiera acercarse a la unidad. El hecho de que la proporción femenina aumente en la época del apareamiento es posible explicarla suponiendo que los machos liberan productos químicos (feromonas) cuando sus gónadas están maduras, lo que atraería a las hembras en esa época. Este argumento concordaría con lo explicado por Gleeson (1991), quien manifiesta que los machos de *Callinectes sapidus* liberan al medio una feromona que atrae a las hembras. La hipótesis del apareamiento poligínico resulta particularmente interesante debido a que se observa un claro predominio de las hembras durante todo el año, excepto en el mes de febrero.

Analizando las posibilidades de una explicación de este tipo, se han revisado los modelos citados por Orensanz & Galluci (1978), basados a su vez en aquéllos propuestos por Emlen & Oring (1977). El primer modelo se establece como una poliginia por defensa de un recurso crítico o escaso, de modo que los machos controlan indirectamente a las hembras a través de la monopolización de dicho recurso. Al respecto hay que recordar que *Homalaspis plana* es un "cangrejo de roca", es decir, vive refugiado entre grietas en sustratos duros, lugar que podría suponerse un recurso crítico en zonas como Metri, con predominio de fondos arenosos y pocas rocas dispersas sobre este sustrato. En estas rocas el macho mantiene el control sobre las hembras refugiadas en la madriguera, pero es probable que se apodere del territorio antes de la muda de pubertad con el fin de asegurarlo para el momento en que esté apto para la reproducción. En las especies en que existe este tipo de apareamiento, el macho experimenta el desarrollo precoz de una o ambas pinzas para

poder así conquistar y defender su territorio. Dentro de este tipo de poliginia es posible situar a *Homalaspis plana* debido al temprano desarrollo de sus quelas. El mismo tipo de poliginia –y por las mismas razones– ha sido postulado por Christy (1987) para *Menippe mercenaria*, una especie de Xanthidae tropical con características parecidas a *H. plana*, tanto en el tamaño como en el desarrollo de los quelípodos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a un proyecto financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad de los Lagos (entonces Instituto Profesional de Osorno). Los autores desean expresar su agradecimiento a Lorenzo Chávez, empleado del Centro de Investigaciones de Metri, sin cuya responsable colaboración no habría sido posible el trabajo. Agradecemos especialmente al profesor Nibaldo Bahamonde, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, y a Pedro Báez, del Museo de Historia Natural, por la lectura crítica de este manuscrito y los valiosos aportes a la redacción final, y a Clara Yáñez, autora de las ilustraciones.

## LITERATURA CITADA

- ABELLÓ, P. 1989. Reproductive biology of *Macropipus tuberculatus* (Roux, 1830) (Brachyura, Portunidae) in the northwestern Mediterranean. *Ophelia*, 30:47-53.
- ANTEZANA, T., E. FAGETTI & M.T. LÓPEZ, 1965. Observaciones bioecológicas en decápodos comunes en Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Chile*, 12:1-60.
- CAMPBELL, J. & M.D. EAGLES, 1983. Size at maturity and fecundity of rock crab, *Cancer irroratus*, from the Bay of Fundy and Southern Nova Scotia. *Fisheries Bulletin*, 81:357-362.
- CARVACHO, A., 1989. *Cancer johngarthi* n.sp. and *Cancer porteri* (Crustacea, Decapoda) : comparisons and hypothesis. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 102:613-619.
- CHEUNG, T.S., 1968. Transmolt retention of sperm in the adult female stone crab, *Menippe mercenaria* (Say). *Crustaceana*, 15:117-120.
- CHEUNG, T.S., 1989. The environmental and hormonal control of growth and reproduction in the adult female stone crab, *Menippe mercenaria* (Say). *Biological Bulletin*, 136:327-346.
- CHRISTY, J.H., 1987. Competitive mating, mate choice and mating association of brachyuran crabs. *Bulletin of Marine Science*, 41:177-191.

- EMLÉN, S.T. & L.W. ORING, 1977. Ecology, sexual selection and the evolution of mating systems. *Science*, 197(4300):215-223.
- FAGETTI, E., 1960. Primer estadio larval de cuatro crustáceos braquiuros de la Bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Chile*, 10:143-154.
- FAGETTI, E., 1970. Desarrollo larval en el laboratorio de *Homalaspis plana* (Milne Edwards) (Crustacea, Brachyura, Xanthidae). *Revista de Biología Marina, Chile*, 29:29-49.
- FAO, 1981-1988. Anuarios Estadísticos de Pesca. Capturas y Desembarcos. Roma, Italia.
- GARTH, J.S., 1957. The Crustacea Decapoda Brachyura of Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49, vol. 20. *Lunds Universitets Arsskrift. Avd. 2*, 53:1-127.
- GLEESON, R.A., 1991. Intrinsic factors mediating feromone communication in the blue crab, *Callinectes sapidus*. In: Bauer, R.T. & J.W. Martin (Eds.) *Crustacean Sexual Biology*, cap.2, pp. 17-32. Columbia University Press, N. York.
- GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E., 1985. Reproducción de la Nécora, *Macropipus puber* (L.) (Decapoda, Brachyura) y ciclo reproductivo en la Ría de Arousa (Galicia, NW España). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 2:10-32.
- HARTNOLL, R.G., 1969. Mating in the Brachyura. *Crustaceana*, 16:161-181.
- HARTNOLL, R.G., 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. In: Wenner, A.M. (Ed.) *Factors in Adult Growth*. *Crustacean Issues*, 3:101-128, Balkema, Rotterdam.
- HENRÍQUEZ, G. & N. BAHAMONDE, 1976. Clave de identificación y datos ecológicos de jaibas y pancoras frecuentes en las pescas comerciales de Chile (Crustacea, Decapoda, Brachyura). *Serie Investigaciones Pesqueras, IFOP*, 21:1-73.
- HINES, A.H., 1989. Geographic variation in size at maturity in brachyuran crabs. *Bulletin of Marine Science*, 45:356-368.
- JONES M. & M. SIMONS, 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bulletin of Marine Science*, 33:656-670.
- KNUDSEN, J.W., 1960. Reproduction, life history and larval ecology of the California Xanthidae, the pebble crabs. *Pacific Science*, 19:3-17.
- LAUGHLIN, R.A., 1982. Some observations on the occurrence, reproduction and mating of the coral crab, *Carpilius corallinus* (Herbst, 1783) (Decapoda, Xanthidae) in the Archipiélago Los Roques, Venezuela. *Crustaceana*, 43:219-221.
- MORGAN, S.G., J.W. GOY & J.D. COSTLOW, 1983. Multiple oviposition from single mating in the mud crab, *Rhithropanopeus harrisi*. *Journal of Crustacean Biology*, 3:542-547.
- ORENSANZ, J.M. & V.F. GALLUCCI, 1988. Comparative study of post-larval life-history schedules in four sympatric species of *Cancer* (Decapoda, Brachyura, Cancridae). *Journal of Crustacean Biology*, 8:189-220.
- ROS, R.M. & R. MENOCA, 1978. Método para determinar la fecundidad en Crustáceos Decápodos con freza externas. *Ciencias (Cuba), Serie 8, Investigaciones Marinas*, 40:1-19.
- SAVAGE, T., 1971. Mating of the stone crab, *Menippe mercenaria* (Say) (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 20:315-316.
- STEFFEN, W., 1975. Contribución al estudio biológico-poblacional de *Homalaspis plana* Milne Edwards y *Cancer edwardsi* Bell en Mehuín (Crustacea, Decapoda). *Medio Ambiente*, 1:50-57.
- SWARTZ, R.C., 1978. Reproductive and molt cycle in the xanthid crab, *Neopanope sayi* (Smith, 1869). *Crustaceana*, 34:14-32.
- TOMIKAGUA, N. & S. WATANABE, 1992. Reproductive ecology of the xanthid crab, *Eriphia smithii* McLeay. *Journal of Crustacean Biology*, 12:57-67.



## ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL SEMEN DE PUYE *GALAXIAS MACULATUS* (JENYNS, 1842) (SALMONIFORMES: GALAXIIDAE)

### QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE MILT OF PUYE *GALAXIAS MACULATUS* (JENYNS, 1842) (SALMONIFORMES: GALAXIIDAE)

---

Iván Valdebenito, Juan Bariles, Rolando Vega, Patricio Dantagnan, Aliro Bórquez y Eriko Carreño

#### RESUMEN

En la presente investigación se estudió cuali y cuantitativamente el semen del puye (*Galaxias maculatus*). Para ello se capturaron especímenes adultos ( $6,24 \pm 0,84$  cm de longitud estándar) de aguas límnicas del Sur de Chile y luego fueron mantenidos en cautiverio. Una vez maduros, diez especímenes fueron anestesiados y mediante masaje abdominal se les extrajo una muestra de semen que se sometió a examen visual, recuento espermático, espermatocrito y motilidad. Los resultados obtenidos muestran que el semen del puye es poco abundante (máximo 0,2 ml por individuo), de color blanquecino y gran viscosidad. Cuantitativamente se encontró un promedio de  $55,3 \times 10^6$  espermatozoides/ml, un espermatocrito de 89,63 % y una correlación entre ambas variables de  $r=0,97$ . La motilidad frente a distintos activadores es muy baja y sólo se observó una motilidad igual a 2 (en una escala de 0 a 5) por aproximadamente 30 min al utilizar un activador en base a carbamida.

**Palabras claves:** Peces, reproducción, semen, espermatozoide, motilidad.

#### ABSTRACT

In the present investigation milt of puye (*Galaxias maculatus*) was studied qualitatively and quantitatively. Adult specimens ( $6.24 \pm 0.84$  cm of standard length) were captured from fresh waters of the South of Chile and were kept in captivity. Once they were mature, the specimens were anesthetized and a sample of milt was extracted by stripping. This was subjected to visually examined and spermatic count, spermatocrit and sperm motility determined. The results obtained show that milt of puye is not very abundant (maximum 0.2 ml per individual), of a whitish color and great viscosity. Quantitatively, it was found an average of  $55.3 \times 10^6$  sperm/ml, a spermatocrit of 89.63 % average with a correlation between both variables of  $r=0.97$ . Motility check with different activators is very slow and it was only observed a motility equal to 2 (in a scale of 0 to 5) for approximately 30 min when carbamide was used.

**Key words:** Fish, reproduction, milt, sperm, motility.

Fecha de recepción: 9 - 11 - 94. Fecha de aceptación: 28 - 10 - 95.

#### INTRODUCCION

*Galaxias maculatus* es un pequeño pez salmoniforme cuyo estado juvenil cristalino es intensa-

mente explotado para satisfacer la demanda de restaurantes y hoteles nacionales e internacionales que lo ofrecen como un fino plato de mesa. Esto ha hecho que la especie se encuentre en peligro de extinción y sus poblaciones naturales colapsadas. Estos antecedentes muestran la necesidad de preservar esta especie median-

te su cultivo, con fines comerciales y/o de repoblamiento. Para esto es fundamental conocer y manejar diversas etapas del ciclo de vida de la especie, hábitos alimentarios, condiciones de cultivo, tecnoestructura y manejar en forma adecuada los procesos reproductivos como son los desoves, fecundación e incubación.

Se ha estudiado la gametogénesis, el ciclo reproductivo, los hábitos alimentarios de poblaciones naturales y su alimentación artificial y se ha establecido la tecnoestructura mínima para su cultivo (Campos, 1970, 1972, 1973, 1974, 1979; Peredo & Sobarzo, 1993; Vega *et al.*, 1993; Dantagnan *et al.*, 1995). Entre los estudios sobre las características seminales de peces de interés comercial, destacan los trabajos de Pérez (1978) y Almendras (1993) en trucha arco iris, desconociéndose totalmente antecedentes biológicos del semen del puye. Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar cuali y cuantitativamente el semen de *G. maculatus*, antecedentes esenciales para el manejo artificial de los procesos reproductivos de la especie en pisciculturas con fines comerciales o de repoblamiento.

## MATERIALES Y METODOS

Se capturaron en el mes de septiembre de 1993 aproximadamente 500 especímenes silvestres adultos de *G. maculatus* en zonas del río Cautín próximas a la ciudad de Temuco, IX Región, Chile. El acondicionamiento se efectuó en estanques circulares de 100 l de capacidad, con flujo abierto y alimentados con pellet comercial de trucha al que se le ajustó el contenido lipídico. Una vez alcanzada la madurez sexual (fines de octubre), los especímenes fueron anestesiados con MS-222 para posteriormente extraer el semen por masaje abdominal.

El semen de 10 individuos se utilizó para determinar la densidad espermática (número de espermatozoides por mm<sup>3</sup>) y el hematocrito (volumen porcentual de espermatozoides en el semen). Se utilizó cámara de Neubauer según metodología tradicional utilizada para el recuento hematológico descrito por Oppenheim (1973). El hematocrito se cuantificó mediante microcentrifugación por 12 min a 10.000 rpm, similar a la técnica señalada por

Oppenheim (1973) para el hematocrito. Ambas variables se ajustaron a una ecuación de regresión por el método de los mínimos cuadrados.

La motilidad fue evaluada en semen combinado de cinco machos, sometiendo pequeñas alícuotas a la acción de 9 diferentes activadores (Tabla 1) a temperatura ambiente de 13 °C y bajo observación microscópica con un aumento de 10x según metodología descrita por Billard y Cosson, 1989. La escala de evaluación fue la utilizada por Sánchez-Rodríguez & Billard (1977), estos autores utilizan un rango de valores de 0 para la nula actividad flagelar y 5 para la máxima (Tabla 2).

Tabla 1: Soluciones utilizadas en la activación espermática de *Galaxias maculatus*. Activadores:

Solutions used for activation of the sperm of *Galaxias maculatus*. Activators:

- 1: Carbamida 0,3 % más cloruro de sodio al 0,4 %.
- 2: Solución fisiológica con agua de río a pH = 9.
- 3: Agua de río al 125 mM de NaCl más 200 mM de tris a pH = 9.
- 4: Agua de río natural a pH = 7,5.
- 5: Agua de pozo a pH = 7,2.
- 6: Solución de ac. bórico (1,22%) y tetraborato disódico (7,6%) diluido.
- 7: Agua de río con lavado de ovocitos.
- 8: Agua de mar, 5 ‰.
- 9: Agua de mar, 10 ‰.

Tabla 2: Escala de evaluación de la motilidad espermática según Sánchez-Rodríguez & Billard (1977).

Scale used to assess sperm motility according to Sánchez-Rodríguez & Billard (1977).

VALOR	TIPO MOTILIDAD
5	Todos los espermatozoides se desplazan vigorosamente, es imposible fijar la vista en uno de ellos.
4	La mayoría de los espermatozoides se desplazan rápido, algunos lo hacen lento.
3	Los espermatozoides presentan tres comportamientos: - algunos se desplazan vigorosamente. - algunos se desplazan lentamente. - algunos están inmóviles.
2	Pocos espermatozoides se desplazan rápidamente, muchos lo hacen lentamente. La mayoría está inmóvil.
1	Algunos espermatozoides se agitan ligeramente. La mayoría está inmóvil.
0	Todos los espermatozoides están inmóviles.

Debido al escaso volumen de semen extraído de cada individuo, no fue posible evaluar su fertilidad.

## RESULTADOS

El máximo volumen de semen extraído por individuo fue de 0,2 ml, correspondiendo éstos a 10 machos adultos de una longitud estándar media de  $6,24 \pm 0,84$  cm. El semen se observa de color blanquecino y denso, frecuentemente el pequeño volumen extraído se adhiere a la piel del individuo, dificultando su extracción y manipulación.

El análisis cuantitativo se realizó con una muestra de 10 individuos y el semen mostró una densidad espermática media de  $55,33 \pm 11,13$  ( $\times 10^6$ ) espermatozoides/ $\text{mm}^3$ , con un valor máximo de  $68,20 \times 10^6$  espermatozoides/ $\text{mm}^3$  y un mínimo de  $42,40 \times 10^6$  espermatozoides/ $\text{mm}^3$ . El valor medio del espermatocrito fue de  $89,63 \pm 7,65$  %, con un máximo de 100 % y mínimo de 80 %. Al correlacionar la densidad espermática con el porcentaje de espermatocrito, se determinó un alto grado de asociación entre ambas variables, obteniéndose un  $r=0,97$  (Fig. 1).

El máximo valor de la motilidad espermática observada según la escala de Sánchez-Rodríguez & Billard (1977) es de "2", con un activador en base a carbamida. Luego se determinó una motilidad igual a "1" con agua de río tamponada y tris y el valor "0" fue observado con otras seis soluciones activadoras (Fig. 2). En estos últimos se encuentra el agua de río sin tratamiento. La duración de la motilidad alcanzó un tiempo aproximado de 30 min, tiempo después del cual sólo se observa una vibración que dura más de un día.

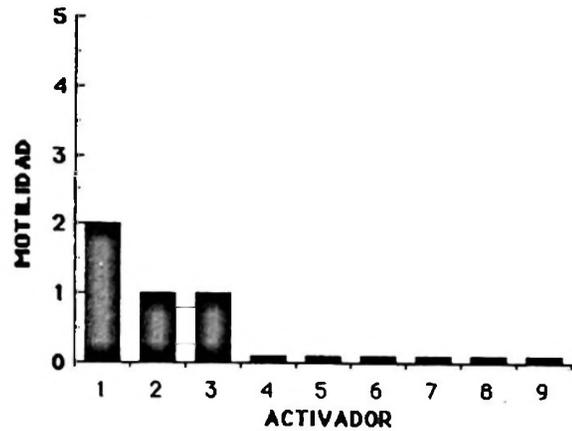


Figura 2: Nivel de motilidad obtenida con cada activador para el semen de *Galaxias maculatus* según la escala de motilidad descrita por Sánchez-Rodríguez & Billard (1977).

Level of motility attained by the sperm of *Galaxias maculatus* with each activator according to a scale described by Sánchez-Rodríguez & Billard (1977).

En experiencias rutinarias desarrolladas en laboratorio, se ha observado regularmente esta baja motilidad del espermatozoide de *G. maculatus*. Sin embargo, se han obtenido en muchas experiencias, porcentajes de fecundación de hasta un 100% al utilizar semen con características de volumen, densidad y motilidad, similares al analizado en esta experiencia (datos sin publicar).

En experiencias rutinarias desarrolladas en laboratorio, se ha observado regularmente esta baja motilidad del espermatozoide de *G. maculatus*. Sin embargo, se han obtenido en muchas experiencias, porcentajes de fecundación de hasta un 100% al utilizar semen con características de volumen, densidad y motilidad, similares al analizado en esta experiencia (datos sin publicar).

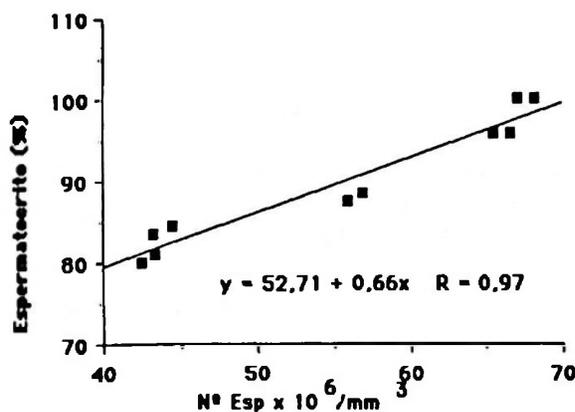


Figura 1: Correlación obtenida entre densidad espermática (N° espermatozoides/ $\text{mm}^3 \times 10^6$ ) y espermatocrito (%) para el semen de 10 especímenes adultos de *Galaxias maculatus*.

Correlation between sperm density (Number of sperm cells /  $\text{mm}^3 \times 10^6$ ) and the spermatocrit (%) for the milt of 10 *Galaxias maculatus* adults.

## DISCUSION

La baja motilidad observada en el espermatozoide de *G. maculatus* es una característica atípica para los peces, que podría ser el resultado de una situación de manejo o una estrategia reproductiva aún no conocida. En salmónidos, los espermatozoides una vez maduros se almacenan en un virtual conducto deferente inmersos en el fluido testicular, donde permanecen inmóviles (Levanduski & Cloud 1988), producto de los altos niveles de  $K^+$  del semen (Schlenck & Kahmann, 1937; Billard & Jalabert

1974; Billard 1990; Perchec *et al.*, 1993). Su actividad flagelar empieza al tomar contacto con el agua, solución salina o fluido ovárico (Levanduski & Cloud 1988). Estas soluciones no han resultado totalmente efectivas en *G. maculatus*. La actividad flagelar del espermatozoide de trucha llega sólo a 20-30 seg (Billard & Cosson 1988; 1989; Billard 1990; Perchec *et al.*, 1993), en cambio, en el puye se ha observado una actividad flagelar de aproximadamente 30 min. Sin embargo, Campos (1970) señala que el espermatozoide de esta especie permanece varios horas con actividad flagelar. Por otra parte, en forma rutinaria se ha observado que los espermatozoides mantienen una leve vibración después de 24 h de ser diluidos en solución fisiológica, aún cuando no se ha evaluado su capacidad fecundante.

La motilidad del espermatozoide depende además de otros factores, como la concentración externa de  $Ca^{2+}$  (Perchec *et al.*, 1993), ya que sin este ión en el medio extracelular, la motilidad no se gatilla y la reposición de éste después de 15 min es capaz de iniciar nuevamente la actividad flagelar en el espermatozoide de truchas (Billard & Cosson 1988). Para espermatozoides de salmónidos, el pH del medio idealmente debe ser 9 (Nomura 1964; Baynes *et al.*, 1981; Billard, 1990; Perchec *et al.*, 1993), y la temperatura también es un factor que afecta la actividad espermática en peces (Cosson *et al.*, 1985). Billard & Cosson (1988) señalan que en truchas, las temperaturas de 25 °C provoca mayor movimiento flagelar, pero por un tiempo menor que el obtenido a 5°C. En *G. maculatus*, a pesar de haber probado gatillar la actividad espermática con nueve activadores que aportan los iones, pH y temperatura dentro de los rangos señalados en literatura, no fue posible activar la motilidad espermática más allá de un nivel 2.

La densidad espermática es muy alta en salmónidos, alcanzando entre 7,12 y 18,7×10<sup>6</sup> espermatozoides/mm<sup>3</sup> en especies como trucha arco iris, salmón coho y salmón del Atlántico (Pérez, 1978; Bouck & Jacobson, 1976; Aas *et al.*, 1991). En cambio, *G. maculatus* registra valores mucho mayores que los señalados, lo que se corrobora con los valores del espermatozocrito. Bouck & Jacobson (1976) señalan un espermatozocrito de 27,1% para trucha cabeza de acero y 25,6 % para salmón coho. Aas *et al.*

(1991), determinan para *Salmo salar* un espermatozocrito de 23,4%. En cambio, *G. maculatus* registró una media de 89,6 %, lo que se correlaciona con la alta densidad observada en el semen de esta especie. La alta correlación obtenida entre la densidad espermática y espermatozocrito es mayor a la obtenida por Bouck & Jacobson (1976) en semen de trucha. Debido a esta alta correlación, se recomienda utilizar el espermatozocrito debido a su alta precisión y rapidez, para cuantificar el número de espermatozoides.

Estas diferencias seminales observadas entre *G. maculatus* y otras especies salmonídeas son difíciles de explicar, aún cuando no se descarta la posibilidad que los especímenes, al estar mantenidos en cautiverio, no logren una "capacitación espermática" óptima, fenómeno observado en algunas especies de carpas chinas y colosomas. Por otra parte, esta baja actividad flagelar podría ser normal y el espermatozoide necesitar del movimiento mecánico del agua (corriente u oleaje) para encontrar el ovocito y fecundarlo, ya que a pesar de su inmovilidad, el espermatozoide es fértil.

Estos resultados muestran la necesidad de continuar estudiando los aspectos de la biología reproductiva de esta especie, ya que de esta manera se podrá obtener óptimos resultados en las fertilizaciones artificiales y se asegurará la obtención de un número adecuado de larvas que permitan reiniciar un nuevo ciclo productivo. Sólo así se podrá asegurar la existencia de las poblaciones de puye en nuestros cuerpos de agua, o intentar su manejo en piscicultura.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue financiada por los Proyectos FONDECYT N° 1930134; DIUCT N° 93-2-03 y 92-2-02 y la colaboración de BIOMASTER, empresa que proporcionó el alimento para la mantención de los especímenes cultivados.

## LITERATURA CITADA

- AAS, G.H., T. REFSTIE & D. GJERDE. 1991. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95: 125-132.
- ALMENDRAS, F.E. 1993. Ensayo de un sistema de criopreservación de semen de salmonídeos aplicado a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para

- optar al Grado de Licenciado en Medicina Veterinaria. U. Austral de Chile. 46 .
- BAYNES, S.M., A.P. SCOTT & A.P. DAWSON. 1981. Rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, spermatozoa: effects of cations and pH on motility. *Journal of Fish Biology*, 19: 259-267.
- BILLARD, R. 1990. Artificial insemination in fish. In *Marshall's Physiology of reproduction*. G. E. Lamming (Ed.), 2: 870-888.
- BILLARD, R. & M.P. COSSON. 1988. Sperm motility in rainbow trout, *Parasalmo mykiss*; effect of pH and temperature. *Les colloques de l'INRA*, 44: 161-167.
- BILLARD, R. & M.P. COSSON. 1989. Measurement of sperm motility in trout and carp. In: *Aquaculture, a biotechnology in progress*, N. De Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors & N. Wilkins (Eds). European Aquaculture Society, Bredene, Belgium : 449-503.
- BILLARD, R. & B. JALABERT. 1974. L'insémination artificielle de la truite *Salmo gairdneri* Richardson. II. Comparaison des effets de différents dilueurs sur la conservation de la fertilité des gamètes avant et après insémination. *Annales de biologie animale, biochimie et biophysique* 14: 601-610.
- BOUCK, G.R. & J. JACOBSON. 1976. Estimation of salmonid sperm concentration by microhematocrit technique. *Transactions of the American Fisheries Society*, 105: 534-535.
- CAMPOS, H. 1970. *Galaxias maculatus* (Jenyns) en Chile, con especial referencia a su reproducción. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago-Chile*. 31: 5-20.
- CAMPOS, H. 1972. Karyology of three galaxiid fishes *Galaxias maculatus*, *G. platei* and *Brachygalaxias bullocki*. *Copeia*, 2: 368-371.
- CAMPOS, H. 1973. Migration of *Galaxias maculatus* (Jenyns) (Galaxidae: Pisces) in Valdivia estuary, Chile. *Hydrobiología*, 43(3-4): 301- 312.
- CAMPOS, H. 1974. Population studies of *Galaxias maculatus* (Jenyns ) (Osteichthys: Galaxidae) in Chile with reference to the number of vertebrae. *Studies on the Neotropical Fauna*, 9: 55-76.
- CAMPOS, H. 1979. Avances en el estudio sistemático de la familia Galaxidae (Osteichthys: Salmoniformes). *Archivos de Biología y Medicina Experimental*, 12: 107-118.
- COSSON, M. P., R. BILLARD, J. L. GATTI & R. CHRISTEN. 1985. Rapid and quantitative assessment of trout spermatozoa motility using stroboscopy. *Aquaculture*, 46: 71-75.
- DANTAGNAN, H.P., A. BÓRQUEZ, J. BARILES, I. VALDEBENITO & R. VEGA. 1995. Effects of different diets on the survival and growth of puye (*Galaxias maculatus*). Larvi '95-Fish & Shellfish Larviculture Symposium. Gent, Belgium. P. Lavens, E. Jaspers and I. Roelands (Eds.). European Aquaculture Society, Special Publication, (24): 435-437.
- LEVANDUSKI, M. J. & J.G. CLOUD. 1988. Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) semen: effect of nonmotile sperm on fertility. *Aquaculture*, 75:171-179.
- MITCHEL, CH. P. 1989. Laboratory culture of *Galaxias maculatus* and potential applications. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 23: 325-336.
- NOMURA, M. 1964. Studies on reproduction of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with special reference to egg taking. VI. The activities of spermatozoa in different diluents and preservation of semen. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 30: 723-733.
- OPPENHEIM, I. A. 1973. Manual para técnicos de laboratorio. Ed. Panamericana. Bs. As.: 188.
- PERCHEC, G., J. COSSON, F. ANDRÉ & R. BILLARD. 1993. La motilité des spermatozoides de truite (*Oncorhynchus mykiss*) et de carpe (*Cyprinus carpio*). *Journal of Applied Ichthyology*, 9: 129-149.
- PEREDO, S. & C. SOBARZO. 1993. Microestructura del ovario y ovogénesis en *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Teleostei: Galaxiidae). *Biología Pesquera*, 22: 23-32.
- PÉREZ, W. A., 1978. Determinación de las variables seminales fundamentales en la trucha arco iris (*Salmo gairdneri* Gibbons, 1855) en la Piscicultura de Pullinque, Chile. Tesis de Grado para optar al Título de Médico Veterinario. U. Austral de Chile. Valdivia. 29.
- SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M. & R. BILLARD. 1977. Conservation de la motilité et du pouvoir fécondant du sperme de truite arc en ciel maintenu a des températures voisines de 0° C. *Bulletin Francais de Pisciculture*, (265): 143-152.
- SCHLENK, W. & H. KAHMANN. 1937. Die chemische Zusammensetzung des spermaliqours und ihre physiologische Bedeutung. *Untersuchung am Forellensperma*. *Biochemische Zeitschrift*, 295: 283-301.
- VEGA, R., A. PIZARRO, D. FIGUEROA, J. BARILES, A. MARDONES, S. PEREDO, G. LARA, VALDEBENITO & F. FIGUEROA. 1993. Tolerancia a la salinidad de una población lacustre de puyes *Galaxias maculatus*. *Fac. Cs. del Mar. U. Católica del Norte. Coquimbo, Chile. Serie Ocasional* 2: 231-238.



# ISOPODOS PARASITOS COMO INDICADORES POBLACIONALES DEL JUREL *TRACHURUS SYMMETRICUS MURPHYI* (NICHOLS, 1920) (PISCES: CARANGIDAE) FRENTE A LAS COSTAS DE CHILE

## PARASITIC ISOPODS AS POPULATION INDICATORS IN THE HORSE MACKEREL (NICHOLS, 1920) *TRACHURUS SYMMETRICUS MURPHYI* (PISCES: CARANGIDAE) OFF THE CHILEAN COAST

Marcela Aldana, José Oyarzún y Mario George-Nascimento

### RESUMEN

Se indagó si los isópodos *Ceratothoa* spp. Dana 1853, que habitan en la cavidad bucal y cámara branquial del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920), podrían servir como indicadores poblacionales de su hospedador. Para esto, entre enero y octubre de 1990 se obtuvo 801 ejemplares de *Ceratothoa* spp. de 900 jureles recolectados mensualmente en las zonas de pesca de Iquique y Talcahuano. Además, entre julio y octubre del mismo año se obtuvo 793 ejemplares de *Ceratothoa* spp. de 289 jureles recolectados en las zonas de pesca de Caldera y Coquimbo. Se encontraron dos especies, *Ceratothoa gaudichaudii* (Milne-Edwards, 1840) y *Ceratothoa trigonocephala* (Leach, 1818) en similares proporciones en todas las localidades. Para cada especie se comparó, entre zonas de pesca, la composición de tallas corporales, la proporción de hembras con crías en distintos estados de desarrollo, la relación entre la fecundidad y la talla, y la relación entre el tamaño corporal del hospedador y de los parásitos. *C. trigonocephala* presentó un tamaño corporal y fecundidad mayores que *C. gaudichaudii*. No hubo relación significativa entre el tamaño del hospedador y de los parásitos. Las comparaciones de las variables estimadas mostraron diferencias significativas en ambas especies, al menos para las localidades extremas. Se discute la medida en la cual estos resultados sugieren la existencia de diferenciación poblacional del jurel en las áreas norte y centro-sur de Chile.

*Palabras clave:* Isópodos, jurel, indicadores biológicos, Chile.

### ABSTRACT

It was assessed whether the parasitism by the isopods *Ceratothoa* spp. Dana 1853 could be useful indicators of populations of the horse mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) off Chile. Eight hundred and one *Ceratothoa* spp. specimens were collected from the oral cavity and gill chamber of 900 *T. s. murphyi* individuals sampled monthly near Iquique (19°S-21°30'S; 70° 25'W-71°30'W) and Talcahuano (35°S-39°S; 72°15'W-74° 30' W) from January to October, 1990. Another 793 specimens of isopods were collected from 289 individuals *T. s. murphyi* sampled from July to October of the same year, from the vicinity of Caldera (27°04'S; 70° 50'W) and Coquimbo (29° 30'S; 71°22'W). We found two isopod species, *Ceratothoa gaudichaudii* (Milne-Edwards, 1840) and *Ceratothoa trigonocephala* (Leach, 1818) in similar proportions in all localities. We compared between fishing areas the body size composition, proportion of females with brood in different developmental stages, and the relationship between the fecundity and the body size for each isopod species. *C. trigonocephala* had a higher fecundity and larger body size than *C. gaudichaudii*. The comparisons showed significant differences in each isopod species for the most distant localities. The extent to which these differences indicate different populations of the *T. s. murphyi* inhabiting waters off north and south-central Chile is discussed.

*Keys words:* Isopods, horse mackerel, biological indicators, Chile.

Fecha de recepción: 6 - 3 - 95. Fecha de aceptación: 11 - 10 - 95.

## INTRODUCCION

La biología de parásitos y hospedadores está enlazada históricamente, por lo que es posible inferir aspectos evolutivos y ecológicos de ambos interactuantes (Williams *et al.*, 1992). En estudios en que se emplea a los parásitos como indicadores ecológicos de peces marinos, usualmente se indaga acerca de la estructura poblacional (discriminación de stocks), reclutamiento, migraciones, ecología trófica y conducta de sus hospedadores (Lester, 1990; Williams *et al.*, 1992; MacKenzie, 1993; Williams & Jones, 1994).

Aunque el jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) es el principal recurso pesquero de Chile, sólo un estudio ha tratado de identificar unidades de stock mediante la comparación de la morfometría y parasitofauna de ejemplares provenientes de zonas de pesca oceánicas y de las vecindades de Iquique y Talcahuano (George-Nascimento & Arancibia, 1992). Allí se mostró la existencia de stocks ecológicos en Iquique y Talcahuano que se originarían de la diferenciación geográfica por aislamiento acumulado a lo largo de la ontogenia. Estos resultados se contraponen con lo propuesto por Serra (1991), que sugirió que existiría sólo un stock frente a Chile, en base a la información de abundancia, distribución, estacionalidad, composición de tallas, así como a la existencia de una sola gran área de desove de *T. s. murphyi* desde Antofagasta al sur. Sin embargo, otros estudios morfológicos y genéticos en *T. s. murphyi* del Océano Pacífico Suroriental han señalado la existencia de poblaciones diferenciadas en el área norte y centro-sur de Chile (Storozhuk *et al.*, 1994).

En este estudio se evalúa si aspectos de la biología poblacional de los isópodos parásitos *Ceratothoa gaudichaudii* (Milne-Edwards, 1840) y *C. trigonocephala* (Leach, 1818) (Isopoda: Cymothoidae) pueden servir como indicadores de la biología poblacional de su hospedador, *T. s. murphyi* en Chile. Con este objeto se compara la distribución de frecuencias de la longitud total, la proporción de especies, la proporción de hembras con crías en distintos estados de desarrollo y la fecundidad de los isópodos *Ceratothoa* (= *Meinertia*) *gaudichaudii* y *C. trigonocephala* recolectados durante 1990 de ejemplares de *T. s. murphyi* provenientes de los desembarques realizados en Iquique, Caldera,

Coquimbo y Talcahuano. La idea subyacente es que si los isópodos recolectados desde especímenes de *T. s. murphyi* capturados casi simultáneamente en las zonas en estudio muestran características similares, entonces se podría interpretar que provienen de una misma población. En caso contrario, podrían representar algún grado de diferenciación poblacional de su hospedador.

Los isópodos de la familia Cymothoidae se encuentran principalmente en la cámara branquial y cavidad bucal de peces marinos (Richardson, 1905; Szidat, 1965; Trilles, 1972; Brusca, 1981). Son hermafroditas protándricos, y las larvas de vida libre se establecen como machos sobre los arcos branquiales de su hospedador, sufriendo posteriormente un cambio de sexo que está asociado con un movimiento hacia la cavidad bucal del hospedador y un incremento en el tamaño corporal (Trilles, 1968; Brusca, 1981; Garrey & Maxwell, 1982).

Se ha sostenido que la identidad específica del isópodo de *T. s. murphyi* a lo largo de la costa occidental de Sudamérica sería *Ceratothoa gaudichaudii* (ver Richardson, 1905; Szidat, 1965; Trilles, 1972; Brusca, 1977; Jaramillo, 1977; Brusca, 1981; Wrzesinski, 1982). Sin embargo, Avdeyev (1992) postuló la existencia de dos especies en el área, *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala*, y sostuvo además que la ocasional presencia de *C. trigonocephala* en el Océano Pacífico Suroriental indicaría la existencia de migraciones "trans-Pacíficas" de *T. s. murphyi*, ya que sería una especie endémica de las costas de Nueva Zelanda y Australia, donde es la especie dominante en *Trachurus*.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizó 801 individuos isópodos recolectados en el contexto de otro estudio similar (George-Nascimento & Arancibia, 1992), entre enero y octubre de 1990, desde 900 ejemplares de *T. s. murphyi* muestreados mensualmente en las zonas de pesca de Iquique y Talcahuano. Además, se utilizó 793 individuos isópodos recolectados de 289 jureles muestreados en las zonas de pesca de Caldera (27° 04'S; 70° 50'W) y Coquimbo (29° 30'S; 71° 22'W), entre julio y octubre del mismo año.

Los isópodos fueron guardados en frascos

individuales por pez examinado, fijados en formalina al 10% y rotulados con el mes, la localidad y el tamaño corporal del hospedador. Luego, fueron medidos en su longitud total (LT) en mm, con un vernier de 0,1 mm de precisión. El sexo de cada isópodo se determinó según Brusca (1981). Las hembras grávidas fueron categorizadas de acuerdo al estado de desarrollo de las crías en el marsupio como: 1) hembras con huevos, 2) hembras con crías en estado intermedio de desarrollo, definido como huevo-larva, y 3) hembras con larvas. Se determinó la fecundidad de cada hembra mediante conteo de la progenie en el marsupio, bajo microscopio estereoscópico.

Para distinguir las hembras de *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala* se utilizó el criterio descrito por Avdeyev (1992), que establece que: 1) *C. gaudichaudii* presenta la mayor amplitud torácica en el cuarto segmento, mientras *C. trigonocephala* la presenta en el quinto, 2) la diferencia en amplitud entre el segmento más ancho y el primer segmento es significativamente mayor en *C. trigonocephala*, y 3) en *C. gaudichaudii* el abdomen es más ancho que el último segmento torácico, mientras que en *C. trigonocephala* son iguales.

En el análisis de los datos se comparó entre zonas de pesca, la composición de tallas corporales, la proporción de especies, la proporción de hembras con crías en distintos estados de desarrollo, y la fecundidad de los isópodos. Cuando se comparó las cuatro zonas de pesca se consideró sólo los individuos parásitos recolectados durante un mismo lapso, es decir, entre julio y octubre. En cambio, los análisis en que se comparó sólo a las zonas de pesca extremas (Iquique y Talcahuano), comprenden a los individuos isópodos recolectados de ejemplares de *T. s. murphyi* muestreados entre enero y octubre.

Las distribuciones de frecuencias de la longitud total de todos los isópodos fueron comparadas entre pares de localidades geográficas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (Siegel & Castellan, 1988). En este análisis se los consideró como un solo taxon, ya que la determinación específica de los isópodos sólo puede ser hecha en hembras maduras (Avdeyev, 1992). En otro análisis se incluyó sólo a las hembras, y por ende se realizó para cada especie.

La proporción de especies de isópodos y la de hembras con crías en distintos estados de desarrollo fue comparada entre localidades mediante análisis de tablas de contingencia. La significancia se evaluó mediante el estadístico Chi-cuadrado o mediante la prueba "G" (Sokal & Rohlf, 1981).

La asociación entre la longitud total de los ejemplares de *T. s. murphyi* y la LT de los isópodos hembra fue evaluada a través del coeficiente de correlación de Spearman. La relación entre la fecundidad y la LT de los isópodos hembra fue estimada con los datos de ambas variables transformados al logaritmo decimal, con el objeto de mejorar la bondad del ajuste de las regresiones lineales. Con estos datos se realizaron dos análisis de la covarianza (Sokal & Rohlf, 1981). En uno el factor fue la especie de isópodo y consideró a las localidades en conjunto. Este análisis se realizó con el objeto de evaluar eventuales diferencias en la relación entre la fecundidad y la LT de las especies. En el otro, el factor fue la localidad de muestreo y consideró a cada especie de isópodo por separado, lo que se efectuó para analizar las variaciones geográficas de la fecundidad de los isópodos en función de la LT.

## RESULTADOS

De los 1.594 especímenes isópodos recolectados, 399 fueron hembras. El 54,1% de éstas fueron identificadas como *C. gaudichaudii* y el resto como *C. trigonocephala*. En todas las localidades se registró la presencia de ambas especies en proporciones similares ( $X^2=5,23$ ; g.l.=3;  $0,25 > P > 0,1$ . Fig. 1a). Al evaluar la proporción de especies sólo en Talcahuano e Iquique, tampoco se evidenció diferencias significativas ( $X^2=0,006$ ; g.l.=1;  $P=0,94$ . Fig. 1b).

En ambas especies de isópodo la fecundidad aumentó con la LT (Fig. 2). Sin embargo, la LT y la fecundidad de *C. trigonocephala* fueron mayores que en *C. gaudichaudii* (Tabla 1). El análisis de la covarianza reveló que las pendientes de las regresiones entre la fecundidad y la LT fueron similares para ambas especies ( $F_{(1, 302)}=0,27$ ;  $P=0,60$ , Fig. 2), aunque a una misma LT la fecundidad de *C. trigonocephala* fue mayor que la de *C. gaudichaudii* ( $F_{(1, 303)}=80,94$ ;  $P=0,0001$ , Fig. 2).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos simples (mínimo= Mín, máximo= Máx, promedio aritmético=  $\bar{X}$ , desviación estándar= d.e.) y resultados de análisis de la varianza de una vía de la fecundidad ( $N^\circ$  de crías por hembra) y de la LT (cm) según especie de isópodo (*Ceratothoa gaudichaudii* y *C. trigonocephala*), para individuos *T. s. murphyi* recolectados del conjunto de zonas de pesca (n= tamaño muestral, estadístico F y probabilidad P).

Simple descriptive statistics (minimum= Min, maximum= Max, arithmetic mean=  $\bar{X}$ , standard deviation= d.e.) and results of one-way ANOVAs of the fecundity (number of broods per female) and of LT (cm) according to isopod species (*Ceratothoa gaudichaudii* y *C. trigonocephala*), for *T. s. murphyi* individuals collected in all the fishing areas (n= sample size, F statistic and probability P).

FECUNDIDAD							
Especie	n	Mín	Máx	$\bar{X}$	d.e.	F	P
<i>C. gaudichaudii</i>	156	113	1.213	450,0	200,4	99,67	0,0001
<i>C. trigonocephala</i>	150	174	1.537	723,2	287,6		

LONGITUD TOTAL (LT)							
Especie	n	Mín	Máx	$\bar{X}$	d.e.	F	P
<i>C. gaudichaudii</i>	156	2,7	5,8	4,4	0,4	14,68	0,0002
<i>C. trigonocephala</i>	150	3,2	5,8	4,6	0,5		

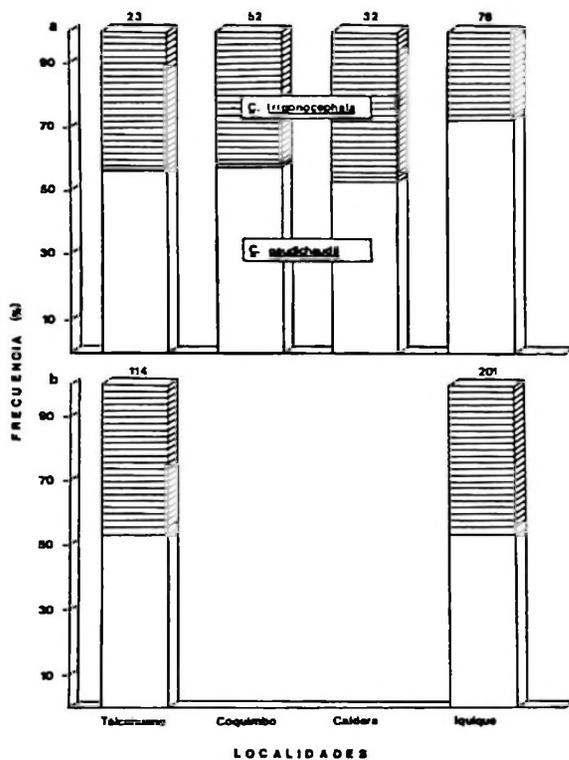


Figura 1. Proporción de *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala* extraídos de ejemplares de *T. s. murphyi* recolectados en: a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique durante el invierno de 1990 (julio a octubre); b) Talcahuano e Iquique durante los meses de enero a octubre de 1990. Los números sobre las barras indican el total de isópodos identificados como *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala* en cada localidad.

Proportion of *C. gaudichaudii* and *C. trigonocephala* obtained from *T. s. murphyi* specimens collected in: a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera and Iquique during the winter, 1990 (July to October), b) Talcahuano and Iquique, between January and October, 1990. Numbers upon bars indicate the total isopods examined in each locality.

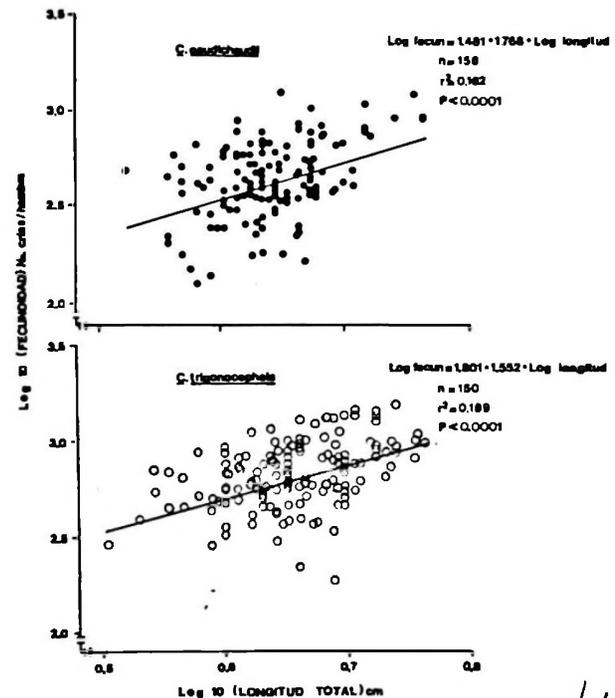


Figura 2. Relación entre la fecundidad ( $\log_{10}$  del número de crías) y la LT ( $\log_{10}$  de la longitud total, en cm) para *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala*.

Relationship between fecundity ( $\log_{10}$  number of broods) and LT ( $\log_{10}$  total body length, in cm) for *C. gaudichaudii* and *C. trigonocephala*.

Las distribuciones de frecuencia de la LT de los isópodos recolectados entre julio y octubre de 1990 revelaron tres grupos modales en cada una de las localidades. Estos grupos son los juveniles (LT < 2,0 cm), los pre-adultos o machos (LT entre 2,0 y 3,5 cm), y los adultos o hembras (LT > 3,5 cm, Fig. 3a, b). Tanto en Coquimbo como en Caldera aproximadamente el 70% de los isópodos eran juveniles, en

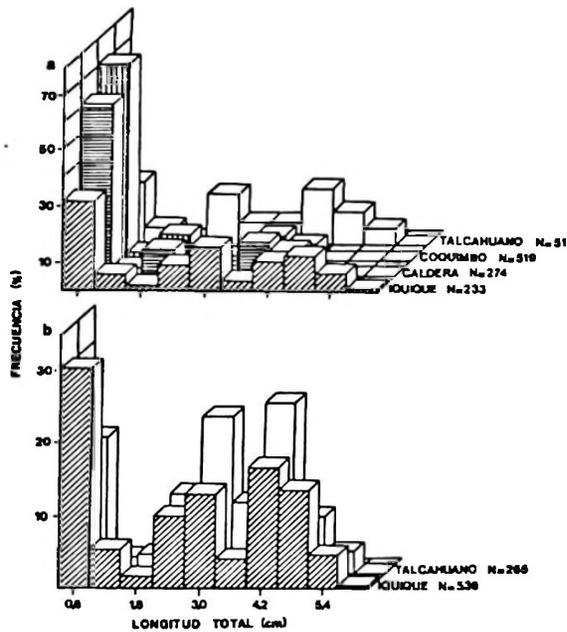


Figura 3. Distribución de frecuencias de la longitud total de isópodos *Ceratothoa* spp. extraídos de ejemplares de *T. s. murphyi* recolectados en: a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique durante el invierno de 1990 (julio a octubre); b) Talcahuano e Iquique durante los meses de enero a octubre de 1990.

Frequency distributions of total body length in *Ceratothoa* spp. isopods obtained from *T. s. murphyi* specimens collected in a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera and Iquique during the winter, 1990 (july to october), b) Talcahuano and Iquique between january and october, 1990.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov realizadas para evaluar la composición de la LT de los isópodos en Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique entre julio y octubre de 1990 (estadístico  $\chi^2$  y probabilidad P, con 2 grados de libertad).

Results of Kolmogorov-Smirnov tests carried out to assess the LT composition of isopods in Talcahuano, Coquimbo, Caldera and Iquique in samples taken between july and october 1990 ( $\chi^2$  statistic and probability P, with 2 degrees of freedom).

		Coquimbo	Caldera	Iquique
Talcahuano	$\chi^2$	35,64	47,78	1,85
	P	<0,0001	<0,0001	0,40
Coquimbo	$\chi^2$	.	6,03	71,34
	P		0,05	<0,0001
Caldera	$\chi^2$			89,71
	P			<0,0001

cambio en Talcahuano e Iquique las proporciones de cada uno de los tres grupos modales fueron similares (Tabla 2, Fig. 3a). La LT de los isópodos en Talcahuano e Iquique, entre enero y octubre, y con un mayor número de individuos por localidad, evidenció una mayor proporción de juveniles en Iquique (Prueba Kolmogorov-Smirnov,  $\chi^2= 16,10$ ; g.l.= 2;  $P< 0,0004$ , Fig. 3b). En ambas localidades extremas la proporción de juveniles disminuyó gradualmente desde el otoño al verano (Tabla 3, Fig. 4).

Tabla 3. Resultados de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov efectuadas para evaluar la composición de la LT de isópodos entre estaciones del año, para las localidades de Talcahuano e Iquique (estadístico  $\chi^2$  y probabilidad P, con 2 grados de libertad).

Results of Kolmogorov-Smirnov tests carried out to assess the TL composition of isopods between seasons, for Talcahuano and Iquique ( $\chi^2$  statistic and probability P, with 2 degrees of freedom).

		TALCAHUANO		IQUIQUE	
		Otoño	Invierno	Otoño	Invierno
Verano	$\chi^2$	29,06	14,90	66,70	31,60
	P	<0,0001	0,0006	<0,0001	<0,0001
Otoño	$\chi^2$		2,40		11,02
	P		0,30		0,004

Aunque los ejemplares de *T. s. murphyi* provenientes de Iquique fueron de menor longitud total que los de Talcahuano (ver George-Nascimento & Arancibia, 1992), la LT promedio de las hembras de ambas especies de isópodos fue mayor en Iquique que en Talcahuano (Prueba Kolmogorov-Smirnov: *C. gaudichaudii*:  $\chi^2= 12,07$ ; g.l.= 2;  $P= 0,002$ . *C. trigonocephala*:  $\chi^2= 7,64$ ; g.l.= 2;  $P= 0,02$ . Fig. 3b). La LT de los isópodos hembra no estuvo correlacionada significativamente con el tamaño corporal de los individuos de *T. s. murphyi*, para ninguna especie de isópodo (Coeficiente de correlación de Spearman: *C. gaudichaudii*:  $r_s= -0,11$ ;  $P= 0,18$ ;  $n= 149$ ; *C. trigonocephala*:  $r_s= -0,02$ ;  $P= 0,81$ ;  $n= 136$ ).

El 72,2% de las 216 hembras de *C. gaudichaudii* y el 82,0% de las 183 *C. trigonocephala* albergaban crías en el marsupio. La proporción de hembras con huevos fue mayor en ambas

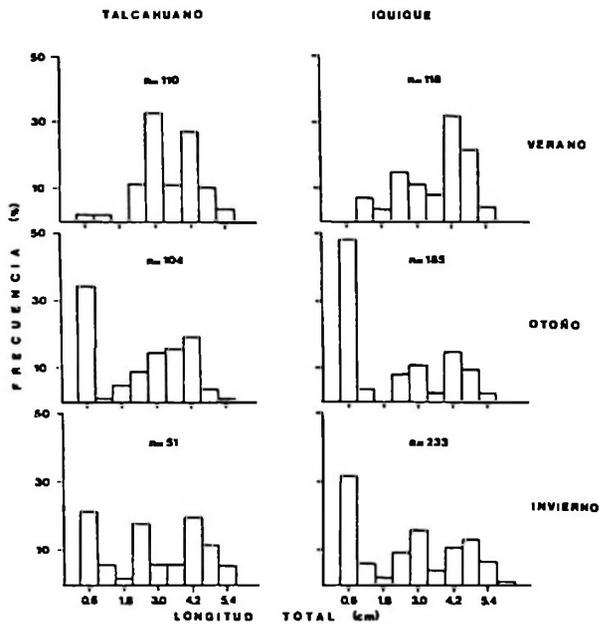


Figura 4: Distribución de frecuencias de la longitud total de isópodos *Ceratothoa* spp. extraídos de ejemplares de *T. s. murphyi* recolectados durante verano (enero a marzo), otoño (abril a junio) e invierno (julio a octubre) de 1990, en Talcahuano e Iquique.

Frequency distributions of total body length of *Ceratothoa* spp. isopods from *T. s. murphyi* specimens collected in a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera and Iquique during the winter, 1990 (july to october), b) Talcahuano and Iquique between january and october, 1990.

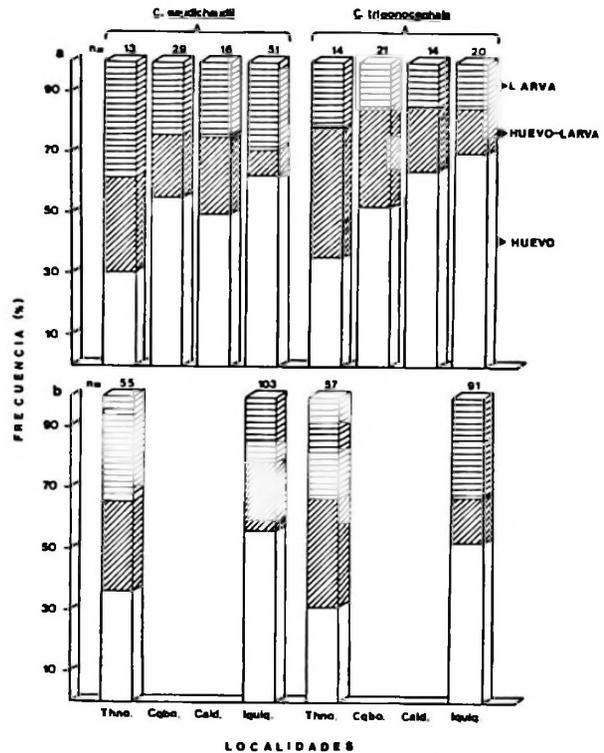


Figura 5: Proporción de las hembras grávidas de *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala* que portaban crías en distintos estados de desarrollo, extraídas de ejemplares de *T. s. murphyi* recolectados en: a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique durante el invierno de 1990 (julio a octubre); b) Talcahuano e Iquique, entre enero y octubre de 1990.

Proportion of gravid *C. gaudichaudii* and *C. trigonocephala* females carrying brood with different developmental stages, as seen in *T. s. murphyi* specimens collected in a) Talcahuano, Coquimbo, Caldera and Iquique during the winter, 1990 (july to october); b) Talcahuano and Iquique between january and october, 1990.

Tabla 4. Resultados de las Pruebas G (estadístico G y probabilidad P, con 2 grados de libertad), ejecutadas para evaluar la significancia estadística de las diferencias en la proporción de hembras con crías en estado de huevo, huevo-larva y larva, entre pares de localidades, durante el invierno de 1990.

Results of the G tests (G statistic and probability P, with 2 degrees of freedom), carried out to assess the statistical significance of the differences in the proportion of females with brood at the stage of egg, egg-larva and larva between pairs of localities, during the winter, 1990.

		<i>C. gaudichaudii</i>			<i>C. trigonocephala</i>		
		Coquimbo	Caldera	Iquique	Coquimbo	Caldera	Iquique
Talcahuano	G	2,20	1,16	6,02	0,97	2,38	10,98
	P	0,50>P>0,25	0,75>P>0,50	<0,05	0,75>P>0,50	0,50>P>0,25	<0,005
Coquimbo	G		0,14	2,69		0,64	1,98
	P		0,95>P>0,90	0,50>P>0,25		0,75>P>0,50	0,50>P>0,25
Caldera	G			2,98			0,23
	P			0,25>P>0,10			0,95>P>0,90

Tabla 5. Estadísticos descriptivos simples (mínimo= Mín, máximo= Máx, promedio aritmético=  $\bar{X}$  y desviación estándar= d.e.) y resultados de análisis de la varianza de una vía de la fecundidad (N° de crías por hembra) y de la LT (cm) de los isópodos *Ceratothoa gaudichaudii* y *C. trigonocephala* según la localidad de muestreo (Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique), para jureles *T. s. murphyi* recolectados durante invierno (n= tamaño muestral, estadístico F y probabilidad P).

Simple descriptive statistics (minimum= Min, maximum= Max, arithmetic mean=  $\bar{X}$  and standard deviation= d. e.) and results of one-way ANOVAS of the fecundity (number of brood per female) and TL of the isopods *Ceratothoa gaudichaudii* y *C. trigonocephala*, according to sampling locality (Talcahuano, Coquimbo, Caldera e Iquique), for *T. s. murphyi* horse mackerels collected during winter, 1990 (n= sample size, F statistic and probability P).

FECUNDIDAD						LONGITUD TOTAL							
<i>C. gaudichaudii</i>													
LOCALIDAD	n	Mín.	Máx.	$\bar{X}$	d.e.	F	P	Mín.	Máx.	$\bar{X}$	d.e.	F	P
Talcahuano	10	200	748	445,9	152,0	2,97	0,04	3,6	4,7	4,1	0,4	3,96	0,01
Coquimbo	22	156	743	483,1	157,6			3,3	5,3	4,4	0,5		
Caldera	10	300	571	396,4	87,4			3,7	4,8	4,4	0,4		
Iquique	40	252	1213	574,8	225,3			3,7	5,8	4,6	0,5		
<i>C. trigonocephala</i>													
Talcahuano	10	448	1296	744,7	286,2	2,81	0,04	4,0	5,7	4,7	0,5	3,73	0,02
Coquimbo	21	448	1488	797,6	229,4			3,5	5,7	4,6	0,6		
Caldera	12	613	1320	859,2	271,6			3,7	5,2	4,5	0,4		
Iquique	19	360	1454	1.020,4	312,9			4,1	5,8	5,0	0,4		

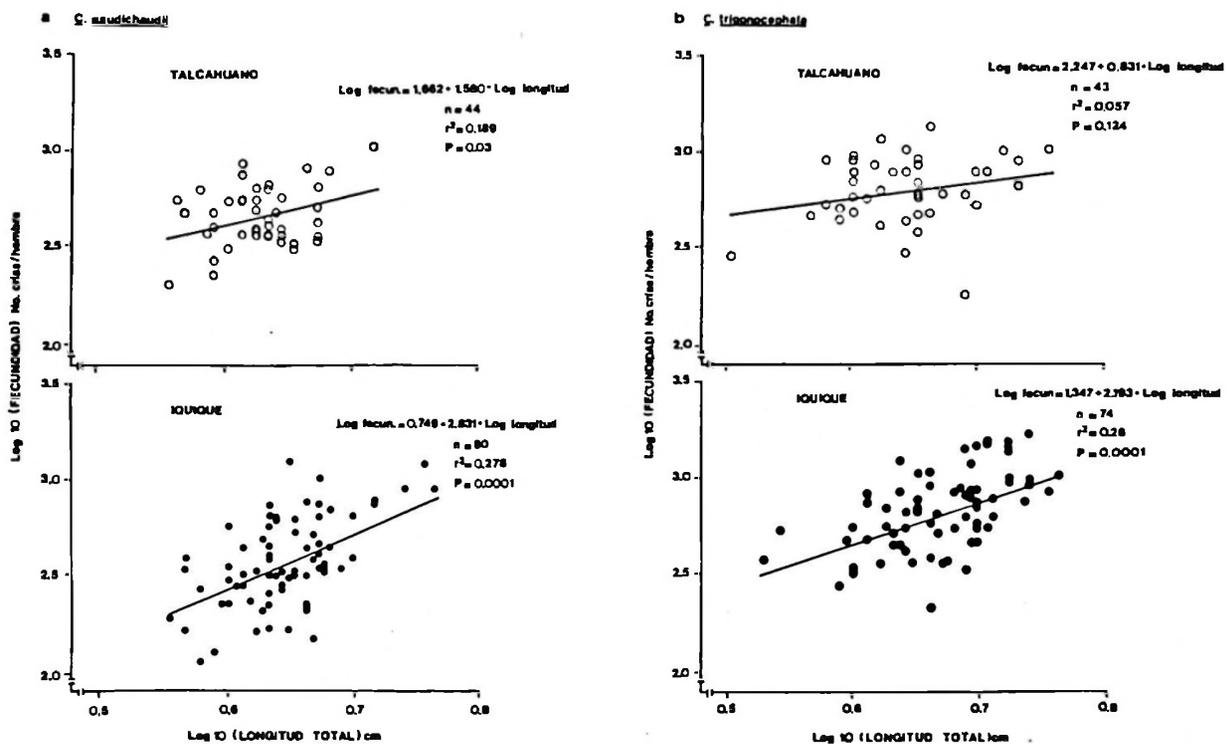


Figura 6: Relación entre la fecundidad y la LT de hembras de: a) *C. gaudichaudii*; b) *C. trigonocephala*, extraídas de ejemplares de *T. s. murphyi* recolectados desde Talcahuano e Iquique, entre enero y octubre de 1990.

Relationship between the fecundity and LT of: a) *C. gaudichaudii*; and b) *C. trigonocephala* females, obtained from *T. s. murphyi* specimens collected from Talcahuano and Iquique fishing areas, between January and October 1990.

especies en Iquique que en Talcahuano, tanto en invierno (Tabla 4, Fig. 5a), como a lo largo de todo el período de estudio (*C. gaudichaudii*:  $X^2=5,96$ ; g.l.=2;  $P=0,05$ . *C. trigonocephala*:  $X^2=10,32$ ; g.l.=2;  $P<0,006$ , Fig. 5b).

Al comparar la fecundidad entre las cuatro localidades (aunque sólo con datos de invierno), se observó un promedio mayor en Iquique para ambas especies de isópodo (Tabla 5). Dicha mayor fecundidad estuvo explicada sólo por la mayor LT alcanzada en Iquique, ya que no hubo diferencias ni entre las pendientes (*C. gaudichaudii*:  $F_{(3, 74)}=0,26$ ;  $P=0,85$ . *C. trigonocephala*:  $F_{(3, 54)}=0,29$ ;  $P=0,83$ ), ni entre los interceptos (*C. gaudichaudii*:  $F_{(3, 77)}=1,74$ ;  $P=0,16$ . *C. trigonocephala*:  $F_{(3, 57)}=1,71$ ;  $P=0,18$ ).

En cambio, la comparación entre Iquique y Talcahuano, con más datos, mostró diferencias no significativas entre las pendientes de las regresiones entre la fecundidad y la LT de *C. gaudichaudii* ( $F_{(1, 120)}=2,64$ ;  $P=0,11$ , Fig. 6a). Sin embargo, a una misma LT las hembras presentaron mayor fecundidad en Talcahuano ( $F_{(1, 121)}=12,32$ ;  $P=0,0006$ , Fig. 6a). En *C. trigonocephala*, hubo diferencias significativas en las pendientes de dichas regresiones ( $F_{(1, 113)}=4,18$ ;  $P=0,04$ , Fig. 6b) ya que la fecundidad aumentó significativamente con la LT en Iquique ( $F_{(1, 72)}=28,06$ ;  $P=0,0001$ , Fig. 6b), mientras que en Talcahuano la pendiente no fue distinta de cero ( $F_{(1, 41)}=2,47$ ;  $P=0,124$ , Fig. 6b).

## DISCUSION

La mayoría de los estudios que usan a los parásitos como indicadores de stocks de peces marinos se basan en la evaluación de la significancia estadística de las eventuales diferencias en los descriptores cuantitativos de la parasitofauna, tales como la prevalencia y la abundancia parasitaria (Lester, 1990; Williams *et al.*, 1992; MacKenzie, 1993; Williams & Jones, 1994). Otros tantos se basan en diferencias cualitativas de la fauna parasitaria entre zonas de pesca (MacKenzie, 1983). En contraste, en este estudio se utilizó variables propias de un determinado taxon parasitario, tales como la LT, la proporción de hembras con crías en distintos estados de desarrollo y la fecundidad, como posibles indicadores poblacionales de *T. s. murphyi*. En general, son escasos los estudios

que han utilizado a los isópodos como marcas naturales de sus hospedadores (MacKenzie, 1983).

Del conjunto de taxa parasitarios registrados en los especímenes de *T. s. murphyi* por George-Nascimento & Arancibia (1992), *Ceratothoa* (= *Meinertia*) spp. fue el de mayor prevalencia y abundancia. Aun cuando dichos autores señalaron que la ubicación del isópodo en la cavidad bucal de *T. s. murphyi* favorecería su desprendimiento durante el proceso de captura, aquí se considera que las muestras son comparables ya que en todas las localidades existiría el mismo sesgo.

Los resultados señalan diferencias entre los isópodos de individuos de *T. s. murphyi* provenientes de distintas zonas de pesca frente a Chile en aspectos tales como la distribución de frecuencias de la LT (Fig. 3a, b), en la proporción de hembras con crías en distintos estados de desarrollo (Fig. 5a, b) y en la relación fecundidad-LT (Fig. 6a, b). Cabe destacar que tanto las diferencias en prevalencia o abundancia por *Ceratothoa* spp. entre zonas de pesca (George-Nascimento & Arancibia, 1992), así como las variaciones en la LT de los isópodos, son independientes del tamaño corporal de los ejemplares de *T. s. murphyi*.

Sin embargo, el que las diferencias antes indicadas señalen la existencia de distintos stocks de *T. s. murphyi* depende de aspectos de la biología poblacional del o los hospedadores y del parásito, tales como su longevidad y grado de movilidad espacial. Al respecto, de *T. s. murphyi* se sabe que efectúa migraciones estacionales longitudinales que ocurren fuera de la Zona Económica Exclusiva de Chile, y que están estrechamente relacionadas con las variaciones espacio-temporales de las condiciones ambientales (temperatura, vientos y surgencias) (Kashirin *et al.*, 1994). Los desplazamientos latitudinales de *T. s. murphyi* no serían importantes en el área cercana a la costa chilena (Torres, 1986), por lo cual la mezcla de los jureles pertenecientes a las áreas norte y sur de Chile sería de baja magnitud.

Los antecedentes biológicos del parásito indican que las especies de *Ceratothoa* se distribuyen principalmente en aguas costeras (Brusca, 1981; Garrey & Maxwell, 1982), lo que respalda los resultados comunicados por George-Nascimento & Arancibia (1992). Por otra parte, Garrey

& Maxwell (1982) concluyeron que la relación lineal entre la longitud del isópodo *C. imbricatus* y la longitud de su hospedador *T. declivis* sugería que la infección ocurría a una edad temprana, mientras los peces se encuentran en aguas costeras y, además, que duraría hasta por nueve años. Sin embargo, la correlación positiva entre el tamaño del isópodo y el tamaño del hospedador sería común sólo en las especies de isópodos cymotoídeos en que los machos pierden su capacidad natatoria a temprana edad (Trilles, 1964).

Aunque se desconoce si los machos de *C. gaudichaudii* y *C. trigonocephala* retienen su capacidad natatoria, en ninguna de ambas especies estudiadas acá se encontró una correlación significativa entre la LT de las hembras con el tamaño de sus hospedadores. Así, su longevidad permanece como una incógnita, pero las variaciones estacionales en las distribuciones de frecuencias de la LT, que indican un período de reclutamiento durante el otoño (Fig. 4), y las abruptas variaciones interanuales de su abundancia (datos no publicados), sugieren que dicha longevidad no es tan larga como la propuesta para *C. imbricatus* (Garrey & Maxwell, 1982). Por consiguiente, la relativa corta longevidad (1-2 años?) y distribución eminentemente costera de *Ceratothoa* spp., conducen a pensar que las diferencias encontradas en los isópodos se pueden interpretar como indicativas de diferenciaciones poblacionales de sus hospedadores ocurridas en el o los dos últimos años de vida. La temperatura del agua podría incidir en las diferencias poblacionales de los isópodos entre zonas de pesca, lo que explicaría la mayor fecundidad de *C. gaudichaudii* en Talcahuano que en Iquique, ya que ha sido catalogada como una especie eminentemente criofílica (Avdeyev, 1992).

Las diferencias entre *C. trigonocephala* y *C. gaudichaudii* en la relación entre la fecundidad y la LT (Fig. 2) confirman la existencia de ambas especies frente a la costa chilena. De hecho, la identidad específica del isópodo explica un 19% de la varianza de la fecundidad en ejemplares cuya LT fluctuaba entre 4,0 y 4,5 cm ( $F_{(1,114)} = 26,78; P = 0,0001$ ). Según la hipótesis de Avdeyev (1992), habría una menor proporción de *C. trigonocephala* que de *C. gaudichaudii* a lo

largo del Océano Pacífico Suroriental, ya que su presencia en la costa de Chile estaría explicada por migraciones transoceánicas de *T. s. murphyi* desde las costas de Nueva Zelandia y Australia, de donde *C. trigonocephala* sería endémico. Sin embargo, los hallazgos de este estudio muestran que las proporciones de ambas especies de isópodos son similares en las cuatro localidades (Fig. 1a, b), abarcando un amplio rango latitudinal. Por consiguiente, si *C. trigonocephala* es efectivamente endémico de las costas de Nueva Zelandia y Australia, se requeriría de una alta migración transoceánica a través de la Corriente Subantártica, aproximadamente en los 40°S, para explicar la similar proporción de individuos de *T. s. murphyi* infectados con *C. trigonocephala* y *C. gaudichaudii*. Otra interpretación plausible es que *C. trigonocephala* no sea endémica del Océano Pacífico Occidental. Por cierto, estos son aspectos que no pueden ser resueltos en este estudio, pero dejan abierta la pregunta de la cuantía de los movimientos de los individuos de *T. s. murphyi* a lo ancho del Océano Pacífico.

En conclusión, al utilizar los aspectos de la biología poblacional del isópodo *Ceratothoa* spp. como indicadores de la biología poblacional de *T. s. murphyi* se infiere la existencia de dos grupos poblacionales de este hospedador: uno en el área norte y otro en el área centro-sur de Chile. Por consiguiente, los resultados de este estudio se consideran evidencia adicional a los comunicados por George-Nascimento & Arancibia (1992), acerca de la existencia de grupos poblacionales distintos de *T. s. murphyi* en las zonas norte y centro-sur de Chile.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a dos revisores anónimos, por sus sugerencias, y al Dr. Hugo Arancibia por la revisión crítica del manuscrito. Este trabajo es parte de la tesis de Licenciatura en Biología de la primera autora, ejecutada en la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, y del segundo autor, en Licenciatura en Biología Marina, de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo.

## LITERATURA CITADA

- AVDEYEV, V.V. 1992. On the possible use of parasitic isopods as bioindicators of the migratory routes of horse mackerels in the Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*, 32: 14-21.
- BRUSCA, R.C. 1977. Range extentions and new host records of cymothoid isopods (Isopoda: Cymothoidae) in the eastern Pacific. *Oceanographic Bulletin of the Society of California Academy of Science*, 76: 128-131.
- BRUSCA, R.C. 1981. A monograph on the Isopoda Cymothoidae (Crustacea) of the eastern Pacific. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 73: 73-199.
- GARREY, J. & H. MAXWELL. 1982. Infestation of the jack mackerel, *Trachurus declivis* (Jenyns), with the cymothoid isopod, *Ceratothoa imbricatus* (Fabricus), in south eastern Australian waters. *Journal of Fish Biology*, 20: 341-349.
- GEORGE-NASCIMENTO, M. & H. ARANCIBIA. 1992. Stocks ecológicos del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi* Nichols) en tres zonas de pesca frente a Chile, detectados mediante comparación de su fauna parasitaria y morfometría. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65: 453-470.
- JARAMILLO, E. 1977. Nuevos huéspedes y distribución geográfica de *Meinertia gaudichaudii* (Milne Edwards, 1840) (Isopoda, Cymothoidae). *Medio Ambiente*, 3: 132-134.
- KASHIRIN, K.V., V.V. NEKRASOV, A.A. NESTEROV, N.A. NAZAROV & D.D. TORMOZOV. 1994. Migraciones. En: *Biología y Pesca Comercial del Jurel en el Pacífico Sur*. 175-177. D. Arcos y A. S. Grechina (eds.). Editora Aníbal Pinto S.A., Concepción, Chile.
- LESTER, R.J. 1990. Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41: 855-64.
- MACKENZIE, K. 1983. Parasites as biological tags in fish population studies. *Advances in Applied Biology*, 7: 251-331.
- MACKENZIE, K. 1993. Parasites as biological indicators. *Bulletin of Scandinavian Society for Parasitology*, 1: 1-10.
- RICHARDSON, H. 1905. A monograph on the Isopods of North America. *Bulletin of United States Natural Museum* 54: 1-777
- SERRA, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. *Investigación Pesquera* (Chile), 36: 67-83.
- SIEGEL, S. & N.J. CASTELLÁN, 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Second edition, McGraw-Hill Book Company. 399 pp.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF. 1981. *Biometry*. Second edition. W. H. Freeman and Company. New York. 859 pp.
- STOROZHUK, A.Y., K.A. TRUVELLER, A.L. BATURIN, I.L. GULEVA & G.N. NEFEDOV. 1994. Estructura poblacional del jurel peruano. En: *Biología y Pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur*. 131-139. D. Arcos & A. S. Grechina (eds.). Editora Aníbal Pinto S.A., Concepción, Chile.
- SZIDAT, L. 1965. Sobre la evolución del dimorfismo sexual secundario en Isópodos parásitos de la familia Cymothoidae (Crust. Isop.). *Annais do Segundo Congresso Latino Americano de Zoología* (1962), 2: 83-87.
- TORRES, A. 1986. Migraciones de *Trachurus murphyi* en el norte de Chile. *Investigación Pesquera* (Chile), 33: 99-103.
- TRILLES, J.P. 1968. Recherches sur les Isopodes Cymothoidae des Côtes Françaises. Vol. I Bionomie et Parasitisme 308 pp. Vol II. Biologie Générale et Sexualité. 793 pp; 2 These Systématique et Faunistique. 181 pp.
- TRILLES, J.P. 1972. Les Cymothoidae (Isopoda, Flabellifera) du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris. Étude critique accompagnée de précisions en particulier sur la répartition géographique et l'écologie des différentes espèces représentées. I. Les Ceratothoinae Schioedte et Meinert, 1883. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 3<sup>e</sup> ser.*, 91 (70): 1231-1268.
- WILLIAMS, H.H., K. MACKENZIE & A.M. MCCARTHY. 1992. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2: 144-172.
- WILLIAMS, H. & A. JONES. 1994. *Parasitic worms of fish*. Francis & Taylor, London. 593 pp.
- WRZESINSKI, O. 1982. Wpływ pasozytu *Meinertia gaudichaudii* (Edwards, 1940) (Isopoda, Cymothoidae) na kondycje makreli *Scomber japonicus peruans* (Jordan, Hubbs). *Przegląd Zoologiczny*, 26: 233-242.

## VARIACION ESTACIONAL DE LA CONCENTRACION DE Cd, Zn Y Pb EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA CONCEPCION, CHILE

### SEASONAL VARIATION IN THE CONCENTRATION OF Cd, Zn AND Pb IN SUPERFICIAL SEDIMENTS OF CONCEPCION BAY, CHILE

---

*Sergio Hernández y Eduardo Fernández*

#### RESUMEN

En este trabajo se determinan las variaciones de las concentraciones totales de Zn, Cd y Pb en los sedimentos superficiales y aguas de fondo de una concesión marina destinada al cultivo de *Aulacomya ater* (Molina), ubicada en la Bahía Concepción, Chile, en sus períodos de circulación estuarina y de surgencia. Las concentraciones de metales fueron medidas en los sedimentos por espectrofotometría de absorción atómica, y por voltametría de redisolución anódica en las aguas de fondo. Los valores más altos de los contenidos metálicos en las matrices estudiadas, se encontraron en el período de surgencia. En todas las muestras la concentración de Zn resultó superior, seguida de la de Pb. De acuerdo al factor de modificación calculado (metal en surgencia / metal en circulación estuarina), el Cd es el metal que en mayor medida se ve afectado por la dinámica estacional de la Bahía.

*Palabras claves: Metales traza, surgencia, contaminación marina.*

#### ABSTRACT

In this study variations of total metal concentrations (Cd, Zn and Pb) were determined in superficial sediments and bottom waters, during both upwelling and estuarine circulation periods at Concepcion Bay, Chile. The anodic stripping voltammetry was used in the determinations of metal contents in waters, and flame atomic absorption techniques in sediments. In all periods, the concentration in both matrices showed the sequence Zn > Pb > Cd, but the total concentrations for the three metals, in sediments and water, were greater in the upwelling period than in the estuarine circulation period. The calculated modification factors (ratio between metal concentration in upwelling period to metal concentration in estuarine circulation period) showed the greatest variation for Cd in both periods.

*Key words: Trace metals, upwelling, marine pollution.*

Fecha de recepción: 2 - 12 - 93. Fecha de aceptación: 28 - 10 - 95.

#### INTRODUCCION

En la Bahía Concepción se han encontrado contenidos metálicos de Cd, Pb y Hg en aguas y sedimentos que sobrepasan la concentración

natural promedio (Carrera *et al.*, 1993). Dado que la bioacumulación puede llegar a alcanzar niveles que imposibiliten el consumo o la comercialización de alguna especie, es de interés conocer la distribución metálica en una zona destinada a cultivos marinos.

La concentración total de metales traza en agua de mar se distribuye en la fracción disuelta y particulada. En la fracción disuelta (i.e.,

$\leq 0,45 \mu\text{m}$ ) se producen principalmente interacciones metal-ligando (Buffle, 1990; Piotrowicz et al., 1982), y en la fracción particulada ocurren fenómenos físico-químicos de superficie entre la partícula y el metal (Macdonald *et al.*, 1991). El transporte y la sedimentación de metales hacia los fondos marinos, donde la fracción particulada es de considerable importancia, están influenciados por el clima, estación y activos procesos físico-biológicos (Stoffyn, 1984; Holmes, 1986).

En la Bahía Concepción se establecen dos patrones de comportamiento característicos influenciados por las condiciones meteorológicas regionales: período de circulación estuarina y período de surgencia (Ahumada & Chuecas, 1979). Ambos períodos están caracterizados por mínimas y máximas en contenido de oxígeno, nutrientes, temperaturas y producción de materia orgánica. Estos períodos influirían directamente en la distribución de metales traza.

En este trabajo se determina la concentración y distribución de Cd, Zn y Pb en los sedimentos superficiales y aguas de fondo durante los dos períodos estacionales característicos de la Bahía de Concepción, y se postulan los posibles factores relacionados con su distribución.

## MATERIALES Y METODOS

La información utilizada en el presente trabajo corresponde a muestreos realizados durante junio y noviembre de 1992, para una red de cinco estaciones ubicadas en un área destinada al cultivo de *Aulacomya ater* (Molina) frente a Lirquén, en la Bahía Concepción (Fig.1). Todos los muestreos se realizaron a bordo de embarcaciones.

Los sedimentos superficiales fueron recolectados con un tubo de PVC con tapa y transferidos posteriormente a bolsas de polietileno oscuras. Esta operación se realizó por buceo autónomo con protección de partes metálicas. Las muestras se secaron a  $105^\circ\text{C}$ . Cuatro gramos de ella fueron digeridas con 20 ml de una mezcla 10:1 de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HClO}_4$ . El cinc se determinó por espectrofotometría de absorción atómica con llama aire-acetileno utilizando un espectrofotómetro de doble haz (GBC modelo 902). El Pb y Cd se determinaron por voltametría

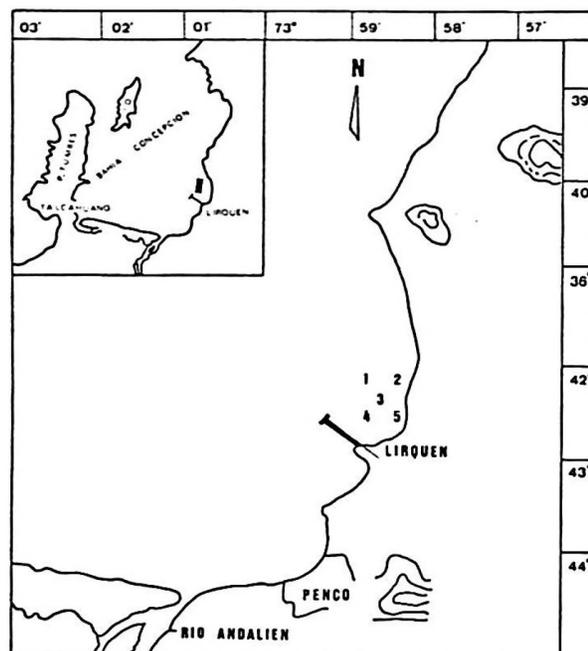


Figura 1. Mapa de la Bahía Concepción indicando la ubicación de las estaciones de muestreo.

Map of Concepcion Bay indicating location of sampling sites.

de redisolución anódica con gota de mercurio suspendida, utilizando un polarógrafo Tacussel PRG 5. Paralelamente se determinó el contenido de materia orgánica por volumetría redox según Gaudette & Flight (1974).

Las muestras de agua se recolectaron en botellas de PVC tipo Niskin, con cabo protegido a 0,5, 6 y 12 m de profundidad. El oxígeno y amonio se fijaron a bordo y se analizaron posteriormente por los métodos usuales (Carrit & Carpenter, 1966; Grasshoff, 1983, respectivamente).

Se tomaron submuestras para pH y salinidad. El pH se midió a bordo con pHmetro EXTECH modelo 6071 digital calibrado para el rango 7-9 (patrones Metrepak  $7,00 \pm 0,02$  y  $9,00 \pm 0,02$ ). La salinidad se determinó por el método de Mohr-Knudsen y la contramuestra fue analizada mediante salinómetro de inducción. Las muestras de agua para metales y nutrientes se filtraron con filtro millipore a 0,45 micras. Las muestras destinadas a análisis de metales se acidificaron con 1 cc de HCl (pa) concentrado, y previo al análisis voltamétrico de cinc, cadmio y plomo, se irradiaron con luz ultravioleta durante dos horas. Para el análisis de los nutrientes

(nitratos y fosfatos) se aplicaron las metodologías respectivas según Strickland & Parsons (1972).

Dado que el cadmio es considerado como de fácil incorporación y labilidad en las distintas matrices marinas (Florence, 1982), se calcularon las razones F (metal; cadmio) para cada una de ellas. También se obtuvieron los factores de modificación para cada metal. Este factor se definió como la razón de concentraciones en ambos períodos:

$$\text{Factor de modificación} = \frac{\text{conc. metálica en surgencia}}{\text{conc. metálica en circulación estuarina}}$$

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los rangos de pH, oxígeno disuelto, salinidad y nutrientes encontrados en las muestras de agua de fondo del área de estudio se presentan en la Tabla 1. Estos valores corresponden a las características de masas de agua presentes en la Bahía Concepción para los períodos de circulación estuarina y de surgencia (Ahumada *et al.*, 1983).

Durante el período de surgencia se introducen en la Bahía Concepción aguas subsuperficiales, con bajo contenido de oxígeno y ricas en

Tabla 1. Rangos de parámetros oceanográficos encontrados en el área de estudio, para cada período estacional.

Range of oceanographic values found in the study area, for each seasonal period.

Variable	Unidad	Circulación Estuarina Rango	Surgencia Rango
O <sub>2</sub>	ml/l	5,41 - 5,92	0,73 - 1,29
pH		7,97 - 8,29	7,14 - 7,51
Salinidad	S‰	22,59 - 30,62	34,35 - 34,99
N - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	μmol/l	3,04 - 6,44	10,83 - 15,41
N - NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	μmol/l	1,98 - 6,75	2,37 - 5,38
P - PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	μmol/l	0,83 - 1,17	2,28 - 3,33

nutrientes, generando una biomasa planctónica excepcionalmente alta e incorporándose gran parte de esta materia orgánica a los sedimentos (Rudolph *et al.*, 1984). Durante este período los porcentajes de materia orgánica en los sedimentos fluctuaron entre 6,78 y 8,17 %. En el período de circulación estuarina estos mismos porcentajes se situaron entre 4,15 y 5,13%.

En el área de muestreo, la concentración de los metales Cd, Pb y Zn en los sedimentos superficiales aumenta durante la surgencia, al igual que los porcentajes de materia orgánica (Tabla 2). Durante el período de circulación estuarina se presenta una situación inversa. Slauenwhite & Wangersky (1991) y Brüggmann

Tabla 2. Oxígeno disuelto y metales traza en aguas de fondo y sedimentos superficiales correspondientes a los períodos de circulación estuarina y surgencia, para las cinco estaciones del área en Bahía de Concepción.

Dissolved oxygen and trace metals in bottom waters and superficial sediments in periods of estuarine circulation and upwelling for five sampling sites in Concepcion Bay.

11 / 06 / 92 Circul. Estuarina viento Norte		Sedimentos μmol/Kg			Aguas de fondo μmol/Kg			ml/l
Estación	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	O <sub>2</sub>	
1	0,09 - 0,27	328-365	9,2 - 11,8	0,53-0,89	18,3-24,5	6,7-6,8	5,41	
2	1,42 - 1,51	342-378	10,5 - 17,3	1,16-1,69	50,5-50,6	3,6-4,3	5,46	
3	0,89 - 2,14	248-316	4,2 6,0	1,33-1,51	47,7-50,8	4,3-4,6	5,92	
4	0,36 - 0,53	249-279	5,6 7,7	0,98-1,69	53,5-54,7	8,2-8,5	5,46	
5	0,60 - 0,87	388-447	10,2 - 10,9	1,33-1,34	43,1-50,8	7,7-9,6	5,41	
31 / 11 / 92 Surgencia viento Sur		Sedimentos μmol/Kg.			Aguas de fondo μmol/Kg.			ml/l
Estación	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	O <sub>2</sub>	
1	5,52 - 6,41	583-612	51,6 - 53,3	2,22-2,94	71,9-72,5	14,0-15,9	1,29	
2	2,67 - 3,56	353-385	8,7 - 12,6	2,86-3,38	75,4-78,4	24,1-27,5	0,79	
3	4,00 - 4,89	353-385	26,1 - 31,8	2,40-2,58	64,4-69,0	19,3-27,1	0,90	
4	2,05 - 3,11	235-307	38,1 - 45,4	2,80-3,07	66,1-67,6	14,5-23,2	0,73	
5	3,91 - 4,89	348-363	27,0 - 29,9	3,20-4,27	76,4-86,8	24,1-33,6	1,13	

(1988) han encontrado que muchos metales son barridos desde la fracción soluble hacia el interior de los organismos. Por otra parte, se ha registrado una relación directa entre el contenido de materia orgánica y la concentración de metales en los sedimentos superficiales (Ahumada, 1992).

La concentración de cadmio en los sedimentos y aguas de fondo es significativamente más baja que la de los otros metales, pero sufre la mayor variación entre los dos periodos estacionales, encontrándose factores altos de modificación de la concentración (Tabla 3). La concentración de zinc es alta en los dos periodos estacionales y tiende a aumentar levemente en los sedimentos y aguas de fondo durante la surgencia. La razón Zn/Cd se mantiene alta en el periodo de circulación estuarina disminuyendo notablemente en la surgencia, especialmente en los sedimentos, debido a la variación experimentada por el cadmio. Esta situación ya ha sido observada en áreas de cultivos en el hemisferio norte (Gutiérrez *et al.* 1991).

La razón Pb/Cd varía levemente en las dos fases: disminuye en la sedimentaria y aumenta en las aguas de fondo. Esta situación se debe a variaciones en la concentración de plomo similares a la del cadmio.

El factor de modificación de la concentración de plomo es alto en las aguas de fondo. Este incremento probablemente está asociado a la combustión de gasolinas y al transporte atmosférico de partículas (Matsumoto & Wong, 1977), a la asociación metal-partícula y su posterior hundimiento (Nozaki *et al.*, 1976; Flegal & Patterson, 1983). El aumento de plomo en los

fondos marinos de la concesión es coincidente con la predominancia del viento sur primaveral que viene desde centros urbanos (i.e., Talcahuano y Concepción) modificando los contenidos de este metal hacia la profundidad del área en estudio (Fig. 2).

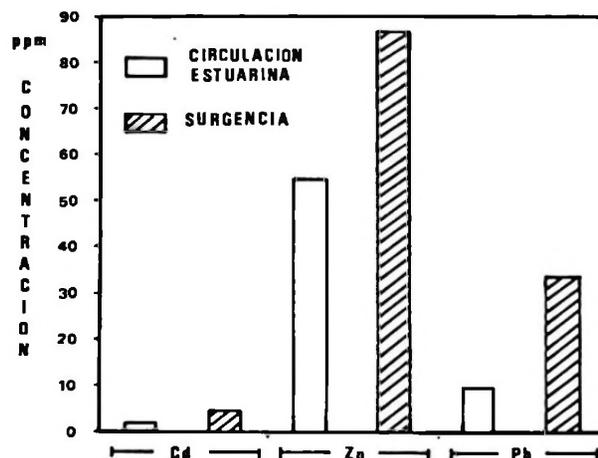


Figura 2. Valores máximos de concentración de metales en aguas de fondo del área de estudio en los dos periodos estacionales.

Maximum values of metal and dissolved oxygen concentration in bottom waters at the study area in the two seasonal periods.

En conclusión, las concentraciones de Cd, Pb y Zn encontradas tanto en sedimentos como en aguas de fondo, se encuentran dentro de los rangos normales para este tipo de sitio. La concesión Lirquén de la Bahía Concepción puede ser, por lo tanto, considerada como apta para actividades de cultivo.

Tabla 3. Razones y factores de modificación de concentración de metales en las aguas de fondo y sedimentos para los dos periodos estacionales en el área de estudio.

Ratios and modification factors of metal concentrations in bottom waters and sediments for two seasonal periods in the study area.

	SEDIMENTOS ( $\mu\text{mol/Kg}$ )			AGUAS DE FONDO ( $\mu\text{mol/Kg}$ )		
	Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb
<b>CIRCULACION ESTUARINA</b>						
Concentración (X)	0,87	335	9,3	$1,24 \times 10^{-3}$	$45 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$
Razón	1	385	10,7	1	36	5,2
<b>SURGENCIA</b>						
Concentración (X)	4,11	391	32,4	$2,97 \times 10^{-3}$	$73 \times 10^{-3}$	$22 \times 10^{-3}$
Razón	1	95	7,9	1	24,5	7,4
<b>Factor de Modificación de la Concentración</b>	4,72	1,17	3,48	2,39	1,62	3,44

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por FONDECYT a través del proyecto 91-0821 y por la Dirección de Investigación de la Universidad Católica de la Santísima Concepción a través del proyecto DIN-INQ 316-B.

## LITERATURA CITADA

- AHUMADA, R & L. CHUECAS. 1979. Algunas consideraciones hidrográficas estacionales de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes. *Gayana Miscelánea* 8: 1-56.
- AHUMADA, R., A. RUDOLPH & V. MARTÍNEZ. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepcion Bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 16: 95-105.
- AHUMADA, R. 1992. Patrones de distribución espacial de Cr, Ni, Zn, Cd y Pb en sedimentos superficiales de la Bahía San Vicente, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 27(2): 265-282.
- BRUGMANN, L. 1988. Some peculiarities of the trace-metal distribution in Baltic waters and sediments. *Marine Chemistry* 23: 425-440.
- BUFFLE, J. 1990. Complexation reactions in aquatic systems: an analytical approach. Ellis Horwood Limited, Chichester, England pp. 1-692.
- CARRERA, M.E., V. RODRÍGUEZ, R. AHUMADA & P. VALENTA. 1993. Metales traza en la columna de agua y sedimentos blandos en la Bahía de Concepción, Chile. *Determinación mediante voltametría de redisolución. Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 28(1): 151-163.
- CARRITT, D.E. & J.H. CARPENTER 1966. Comparison and evaluation of currently employed modifications of Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water: a Nasco report. *Journal of Marine Research* 24: 286-318.
- FLEGAL, A.R. & C.C. PATTERSON. 1983. Vertical concentration profiles of lead in the central Pacific at 15°N, 20°S. *Earth Planet Science Letters*, 64: 19-32
- FLORENCE, T.M. 1982. The speciation of trace elements in waters. *Talanta* 29: 345-364
- GAUDETTE, H.F., W.R. FLIGHT, L. TONER & D.W. FOLGER. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal Sedimentary Petrology* 44(1):249-253
- GRASSHOFF, K., T. EHRHARDT & K. KREMLING. 1983. *Methods of seawaters analysis*. Verlag Chemie. 419pp.
- GUTIÉRREZ, E.A., G. FLORES, R. PRO, J.A. VILLAESCUSA & GONZÁLEZ. 1991. Metales pesados en tejidos y en biodepositos sedimentarios del ostión *Crassostrea gigas* de la zona de cultivo de Bahía San Quintín, Baja California, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 6(1):175-187.
- HOLMES, C.W. 1986. Trace metal seasonal variations in Texas marine sediments. *Marine Chemistry*, 20: 13-27
- MACDONALD, R.W., D.M. MACDONALD, M.C. O'BRIEN & C. GOBEL, 1991. Accumulation of heavy metals (Pb, Zn, Cu, Cd), carbon and nitrogen in sediments from Strait of Georgia, B.C., Canada. *Marine Chemistry* 34: 109-135.
- MATSUMOTO, E. & C.S. WONG, 1977. Heavy metal sedimentation in Saanich inlet measured with 210 Pb technique. *Journal Geophysical Research*, 82: 5477-5482.
- NOZAKI, Y., J. THOMPSON & K.K. TUREKIAN, 1976. The distribution of Pb-210 and Po-210 in the surface waters of the Pacific Ocean. *Earth Planet Science Letters*, 32: 304-312
- PIOTROWICZ, S.R., M. SPRINGER-YOUNG, J. PUIG & M. SPENCER, 1982. Anodic stripping voltammetry for evaluation of organic-Metal interactions in seawater. *Analytical Chemistry* 54: 1367-1371.
- RUDOLPH, A., R. AHUMADA & S. HERNÁNDEZ. 1984. Distribución de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, Chile. *Biología Pesquera*, 13: 71-82
- SLAUENWHITE, D.E. & P.J. WANGERSKY, 1991. Behaviour of copper and cadmium during a phytoplankton bloom: a mesocosm experiment. *Marine Chemistry* 32: 37-50
- STOFFYN, M., 1984. Vertical distribution of trace elements in the surface waters offshore Nova Scotia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 18: 433-445.
- STRICKLAND J.D. & T.R. PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. *Bulletin Fish Research Bd. Canada*. 167: 1-310



**CICLO REPRODUCTIVO DEL LENGUADO DE OJOS CHICOS,  
*PARALICHTHYS MICROPS* (GÜNTHER, 1881)  
(PLEURONECTIFORMES, PARALICHTHYDAE) FRENTE AL  
LITORAL DE CONCEPCION, CHILE**

**REPRODUCTIVE CYCLE OF THE SMALL-EYED FLATFISH,  
*PARALICHTHYS MICROPS* (GÜNTHER, 1881)  
(PLEURONECTIFORMES, PARALICHTHYDAE) OFF CONCEPCION  
BAY, CHILE**

---

Javier Chong y Paola González

**RESUMEN**

Se efectuó un estudio del ciclo reproductivo del lenguado de ojos chicos, *Paralichthys microps* (Günther, 1881), sobre la base de 366 ejemplares capturados frente al litoral de Concepción, Chile, entre octubre de 1992 y marzo de 1994. El examen macroscópico de las gónadas mostró la presencia de hembras sexualmente maduras durante todo el período de estudio, en cambio, en los machos se detectó tanto especímenes inmaduros como en maduración. El índice gonadosomático en las hembras presentó valores altos a lo largo de todo el período, confirmando un extenso lapso de actividad gonádica. El análisis histológico reveló la presencia simultánea de ovocitos en diferentes estados de desarrollo a través de los meses, a lo cual se agrega una época reproductiva principal en primavera y verano con desoves de menor intensidad en otoño e invierno, lo que señala para *P. microps* una modalidad de desove múltiple o fraccionado.

*Palabras claves:* ciclo reproductivo, histología, lenguado, *Paralichthys*.

**ABSTRACT**

A study on the reproductive cycle of the small-eyed flatfish, *Paralichthys microps* (Günther 1881) was carried out in 366 individuals collected off Concepción (Central Chile) from October 1992 to March 1994. The macroscopic examination of gonads showed the presence of sexually mature females along the whole period of study, meanwhile, males appeared in mature and immature condition. The female gonadosomatic index revealed high levels along the study period what reinforced the conclusion of a long period for the gonadic activity. The histological analysis showed the simultaneous presence of oocytes in different developmental stages throughout the whole year, with a spawning peak in spring and summer and lower activity in fall and winter. Thus, *P. microps* can be described as a multiple or partial spawner fish.

*Key words:* Reproductive cycle, histology, flatfish, *Paralichthys*.

Fecha de recepción: 22 - 9 - 95. Fecha de aceptación: 28 - 11 - 95.

**INTRODUCCION**

En Chile se registran varias especies de lenguados, siendo los representantes de la familia

Paralichthyidae (Alhstrom *et al.*, 1984) los más característicos. Entre éstos destacan *Paralichthys microps* (Günther 1881), *P. adspersus* (Steindachner, 1867) e *Hippoglossina macrops* Steindachner, 1876. Estas especies sustentan una pesquería artesanal basada especialmente en las dos primeras, que son consideradas finas y que también han sido señaladas como recur-

sos potenciales de cultivo en el país (SERNAP, 1993; Silva & Flores, 1989).

El lenguado de ojos chicos (*P. microps*) es el más abundante frente al litoral de Concepción, y presenta una distribución geográfica más amplia que las otras dos especies mencionadas, encontrándose desde Huacho (Perú) hasta el extremo austral de Chile (Chirichigno, 1974). Es común en los fondos arenosos, en profundidades que varían entre los 10 y 50 m (Pequeño & Moreno, 1979; Leible & Alveal, 1982).

Los antecedentes biológicos son escasos y puntuales, y dicen relación principalmente con la alimentación (Bahamonde, 1954; Silva & Stuardo, 1985), el parasitismo (Riffo, 1991), desarrollo larval (Muñoz *et al.*, 1988; Zúñiga & Acuña, 1992) y taxonomía (Pequeño & D'Ottone, 1987). Se carece de información sobre aspectos pesqueros, pues las estadísticas incluyen a todas las que hacen referencia al rubro lenguados, incluyendo todas las especies de peces planos en conjunto, aunque corresponden mayoritariamente a las tres especies previamente nombradas. Pulgar (1986) entrega una descripción histológica detallada de los ovarios y testículos del lenguado de ojos chicos basada en una muestra procedente de Bahía de Concepción, señalando un tipo de desove parcial o fraccionado.

Lo anteriormente expuesto pone en evidencia la necesidad de llevar a cabo estudios sobre la biología de las dos especies de *Paralichthys* citadas, que permitan reunir los antecedentes

adecuados para el desarrollo de una pesquería sustentable. En relación con esto, el presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer aspectos del ciclo reproductivo de *P. microps*, determinar el tipo de desove que presenta y estimar la talla de primera madurez sexual.

## MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó sobre la base de muestras mensuales obtenidas por pescadores artesanales y mediante pesca realizada con red de arrastre, entre octubre de 1992 y marzo de 1994, con un total de 366 ejemplares de *P. microps* (Tabla 1), capturados en Bahía de Concepción (36° 40' S, 73° 02' W) y áreas adyacentes.

Los especímenes fueron pesados (g) y medidos en su longitud total (mm). Luego se les extrajo las gónadas a las que se registró el peso (0,1 g) y su estado de madurez macroscópica para posteriormente ser preservadas en formol al 10 %. También se registró el peso del hígado (0,1 g), para la obtención del índice hepatosomático.

El examen del ciclo reproductivo de *P. microps* se realizó mediante el análisis macroscópico e histológico de las gónadas, así como a través de las variaciones del valor del índice gonadosomático. En forma complementaria se observó la tendencia experimentada por el factor de condición y el índice hepatosomático.

Tabla 1. Número mensual, frecuencia porcentual y rango de longitud total (LT) de hembras y machos de *P. microps* muestreados entre octubre de 1992 y marzo de 1994.

Monthly number, percentage and range of total length (LT) classes in male and female of *P. microps*, collected between october 1992 and march 1994.

FECHAS	HEMBRAS	HEMBRAS	RANGO LT cm	MACHOS	MACHOS	RANGO LT cm
	n	%		n	%	
Octubre 1992	2	6,06	24-26	31	93,94	19-45
Noviembre 1992	62	61,39	22-33	39	38,61	21-27
Enero 1993	22	88,00	25-35	3	12,00	25-27
Febrero 1993	19	44,19	23-39	24	55,81	18-36
Abril 1993	7	87,50	29-34	1	12,50	29
Mayo 1993	9	90,00	30-33	1	10,00	31
Julio 1993	1	50,00	30	1	50,00	33
Agosto 1993	7	50,00	26-36	7	50,00	17-30
Septiembre 1993	25	86,21	28-38	4	13,79	27-28
Noviembre 1993	9	90,00	27-41	1	10,00	32
Diciembre 1993	12	50,00	21-39	12	50,00	22-30
Enero 1994	21	36,21	26-34	37	63,79	25-31
Marzo 1994	9	100,00	32-36	0	-	-

Las gónadas fueron sometidas a procedimientos histológicos mediante técnicas convencionales, para obtener cortes histológicos de 10 micras de espesor mediante un microtomo deslizante Reinchert-Wien y fueron sometidos a la técnica de tinción utilizando hematoxilina de Mayer-eosina.

En el análisis del ciclo reproductivo se utilizó los estimadores y exámenes siguientes:

a) Examen de estados de madurez macroscópicos. La determinación de los estados de madurez macroscópicos se realizó considerando la escala para reproductores parciales de Holden & Rait (1975, *vide* Oliva *et al.*, 1986), que considera los siguientes estados: Estado I: Indeterminado, Estado II: Inmaduro o en reposo, Estado III: En maduración, Estado IV: Maduro, Estado V: Desovado.

b) Análisis histológico. Las observaciones y fotomicrografías se realizaron con un microscopio Nikon Fluophot y el estado de madurez gonádica se determinó de acuerdo a la escala de madurez entregada por Oliva *et al.* (1986), que establece los siguientes estados: Inactivo, Previtelogénico, Vitelogénico, Maduro e Hidratado, Postovulatorio, para los ovarios. Espermiogénesis inicial, Temprana, Activa, Tardía y Final, para los testículos,

c) Índice gonadosomático (IGS), que según Nikolsky (1963), relaciona el peso de la gónada y el peso del pez, el cual señala la tendencia del grado de madurez que experimenta el ovario o testículo en su ciclo reproductivo. Se calculó como:  $IGS = (\text{peso gónada} / \text{peso total} - \text{peso gónada}) \cdot 100$

d) Primera madurez sexual. La estimación de primera madurez sexual se realizó sobre la base del criterio del Incremento Relativo del Índice Gonadosomático (Finucane & Collins, 1984; *vide* Padilla *et al.*, 1990), ésta se determinó a través del mayor incremento del IGS entre grupos de tallas correlativas cada 1 cm de longitud total. El incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) se calculó como:

$$IR.IGS = (IGS_{j+1} - IGS_j) / IGS_j \cdot 100,$$

donde  $IGS_{j+1}$  es el índice gonadosomático promedio de la clase de talla  $j+1$  y  $IGS_j$  es el índice gonadosomático promedio de la clase de talla  $j$ . Además, para corroborar en forma cualitativa la talla estimada por el método precedente, se observó los porcentajes de hembras maduras entre grupos de tallas consecutivos cada un centímetro de longitud total. En este caso se consideró como maduras a las hembras en estado III, IV y V de la escala de madurez histológica.

e) Factor de Condición (K) que de acuerdo a Fulton (1902 *vide* Nikolsky, 1963) entrega una estimación del estado fisiológico o de salud del pez y relaciona el peso total con respecto al cubo de la longitud, considerando una relación isométrica de crecimiento. Sin embargo, para evitar el efecto del estado de madurez, se utilizó el factor de condición corregido ( $K_c$ ) que se obtuvo restándole el peso de la gónada al peso total. Se calculó como:  $K_c = (\text{peso total} - \text{peso gónada}) / \text{longitud total}^3 \cdot 10^4$

f) Índice Hepatosomático. Índice que según Capapé (1980) está relacionado con la alimentación y demanda energética del pez que suele asociarse en relación inversa con el grado de madurez gonádica. Se calculó como:  $IHPS = (\text{peso hígado} / \text{peso total}) \cdot 100$ .

La significancia de la comparación del Índice gonadosomático (IGS), Factor de condición corregido ( $K_c$ ) e Índice hepatosomático (IHPS), entre las estaciones se evaluó mediante el análisis de la varianza de una vía, basados en datos transformados al "ranking" (Potvin & Roff, 1993). Los meses fueron agrupados como: verano: (enero, febrero y marzo), otoño: (abril, mayo y junio), invierno: (julio, agosto y septiembre), y primavera: (octubre, noviembre y diciembre).

## RESULTADOS

La muestra total estuvo constituida por 205 hembras (56 %) y 161 machos (44 %) (Tabla 1), con un rango de tallas entre 167 y 450 mm de longitud total, con una mayor frecuencia entre los 250 y 350 m. La proporción sexual durante

los meses de estudio favoreció mayoritariamente a las hembras (6 meses), mientras que en los meses de julio, agosto y diciembre de 1993 fue cercana a 1:1 (Tabla 1).

La relación longitud-peso determinada para cada sexo entregó las siguientes ecuaciones:

Hembras:  $P = 1,06 \cdot 10^{-4} L^{2,615}$ ,  $r^2 = 0,73$   $n = 205$

Machos:  $P = 1,69 \cdot 10^{-5} L^{2,917}$ ,  $r^2 = 0,83$   $n = 160$

La comparación de pendientes entregó la existencia de diferencias estadísticamente significativa entre los sexos, a favor de los machos (test "t", g.l. = 361,  $t = 1,98$ ,  $p < 0,001$ ) (Zar, 1984).

## Ciclo reproductivo y madurez sexual

### Examen macroscópico

El análisis mensual de los estados de madurez macroscópicos efectuados en hembras de *P. microps* (Tabla 2), muestra la ocurrencia de especímenes maduros (EM IV) en todos los meses de estudio con frecuencias sobre el 70 %, excepto en abril y mayo (1993), donde alcanzaron sobre el 54 %. Ejemplares con ovarios en maduración (EM III) se detectaron en la mayoría de los meses con una frecuencia inferior al EM IV. Gónadas inmaduras (EM II) se encontraron sólo en diciembre de 1993, mientras que no se observaron ovarios desovados (EM V).

En los machos se observó la ausencia de estados indeterminado (EM I) y en post-puesta

(EM V), registrándose la presencia del estado en maduración (EM III) en todos los meses, excepto mayo y noviembre de 1993 y marzo de 1994, el cual a la vez muestra una leve predominancia sobre el estado maduro (EM IV) en los meses donde ambos están presentes (Tabla 2).

### Análisis histológico

El examen histológico en hembras de *P. microps*, durante el período de estudio, mostró la presencia de ovocitos en diferentes estados de madurez, siendo predominantes los estados maduro, hidratado y con folículos postovulatorios, en todos los meses (Tabla 3).

La presencia de ejemplares en estado Inmaduro y Previtelogénico (Fig. 1a) fue escaso, solamente en tres (octubre, noviembre 1992 y abril de 1993) y dos (noviembre de 1992 y enero de 1993) meses, respectivamente (Tabla 3).

El estado Vitelogénico (Fig. 1b) se presentó asociado a los meses de primavera-verano, pero con una baja frecuencia, inferior al 17 %, excepto en el mes de marzo (1994) que alcanzó el 50 %.

El estado Maduro (Fig. 1c) se presentó en todos los meses analizados con predominancia en mayo, septiembre de 1993 y enero de 1994 con valores superiores al 61 %, estando los porcentajes menores en febrero y abril de 1993.

Hembras en estado Hidratado (Fig. 1d), que representa una fase de inminente desove se detectó en la mayoría de los meses con valores

Tabla 2. Porcentaje mensual de estados de madurez macroscópico (EMM) para hembras (H) y machos (M) y rango de longitud total (LT) de los ejemplares de *P. microps*.

Monthly percentage of macroscopic maturity stages (EMM) in female (H) and male (M) and length range of *P. microps*.

E M M Fechas	II		III		IV		Rango LT	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Octubre 1992		34,2	11,3	50,0	88,7	15,8	24-26	19-45
Noviembre 1992		87,1	100,0	9,7		3,2	22-33	21-27
Enero 1993			13,6	33,3	86,4	66,7	25-35	25-27
Febrero 1993		12,5	5,3	66,7	94,7	20,8	23-39	18-36
Abril 1993			42,9	100,0	54,1		29-34	29
Mayo 1993		100,0	33,3		66,6		30-33	31
Julio 1993				100,0	100,0		30	33
Agosto 1993		14,3	28,6	28,6	71,4	57,1	26-36	17-30
Septiembre 1993				75,0	100,0	25,0	28-38	27-28
Noviembre 1993			22,2		77,8	100,0	27-41	32
Diciembre 1993	7,7	27,3		54,6	92,3	18,2	21-39	22-30
Enero 1994		2,7		43,2	100,0	54,1	26-34	25-31
Marzo 1994					100,0		32-36	

Tabla 3. Número de ejemplares hembras de *P. microps*, analizados microscópicamente y frecuencia mensual de los estados de madurez (%): inactivo (I), previtelogénico (PV), vitelogénico (V), maduros (M), Hidratados (H) y con folículos postovulatorios (FPO).

Number of *P. microps* females analyzed by microscopy and monthly frequency of maturity stages (%): inactive (I), previtelogenic (PV), vitelogenic (V), mature (M), hydrated (H) and post-spawning follicles (POF).

Fecha	n	I	PV	V	M	H	FPO
Octubre 92	2	50,0			50,0		
Noviembre 92	41	2,4	2,4	12,2	36,6	7,3	39,0
Enero 93	21		9,5	4,8	38,1	14,3	33,3
Febrero 93	5				20,0	20,0	60,0
Abril 93	5	40,0			20,0		40,0
Mayo 93	7				85,7	14,3	
Agosto 93	6			16,7	33,3		50,0
Septiembre 93	24				87,5	4,2	8,3
Noviembre 93	7			16,7	50,0	16,7	16,7
Diciembre 93	12			16,7	41,7	8,3	33,3
Enero 94	21			9,5	61,9	9,5	19,1
Marzo 94	6				50,0	33,3	16,7

altos, sobre el 14 % en enero, febrero, mayo y noviembre de 1993 y marzo de 1994 (Tabla 3).

Ovarios en estado Postovulatorio (Fig. 1e) se encontraron en la gran mayoría de los meses con valores altos, sobre el 30 % en noviembre (1992), enero, febrero, abril, agosto y diciembre (1993), lo que indica un constante proceso de actividad reproductiva y puesta a lo largo de todo el año, pero con una mayor intensidad en primavera y verano (Tabla 3).

Se detectó un considerable porcentaje de atresia folicular (Fig. 1f), entre 4 y 16,7 %, en los meses de febrero, agosto, septiembre y noviembre, asociado a la presencia de altas frecuencias de folículos post-ovulatorios.

La observación de las preparaciones histológicas de testículos permitió constatar la pre-

sencia de todas las fases de la espermiogénesis, estando presente más de una fase en la misma gónada, como sucede en las hembras. Considerando el bajo número de especímenes machos examinados (Tabla 4), sólo se puede acotar que los estados más representativos corresponden a la espermiogénesis inicial (Fig. 2a), seguida de la espermiogénesis temprana (Fig. 2b), ambas presentes en los meses de noviembre a enero. Individuos en fase de espermiogénesis activa (Fig. 2c) se encontró en febrero, agosto, septiembre y diciembre, coincidente con una alta frecuencia de hembras maduras, hidratadas y con folículos post-ovulatorios. Ejemplares con gónadas en estado de espermiogénesis tardía (Fig. 2d) y en espermiogénesis final (Fig. 2e) se detectaron sólo en noviembre y septiembre.

Tabla 4. Número de ejemplares machos de *P. microps* analizados microscópicamente y frecuencia mensual de los estados de madurez (%): Espermiogénesis activa (fase I), E. tardía (fase II), E. final (fase III), E. inicial (fase IV) y E. temprana (fase V).

Number of *P. microps* male analyzed by microscopy and monthly frequency of maturity stages of spermiogenesis (%): active (phase I), later (phase II), final (phase III), pre-early (phase IV), early (phase V).

Fecha	Nº	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V
Noviembre 92	8		25,0	25,0	12,5	37,5
Enero 93	3				66,7	33,3
Febrero 93	1	100,0				
Agosto 93	1	100,0				
Septiembre 93	4	50,0	25,0	25,0		
Noviembre 93	1				100,0	
Diciembre 93	11	9,1			63,6	27,3
Enero 94	27				40,7	56,3

### Índice gonadosomático

El examen de los promedios del IGS, a través de los meses en hembras (Tabla 5), muestra valores relativamente altos durante todo el período de estudio en un rango de 2,1 (octubre 1992) a 9,6 (diciembre 1993) con los valores más altos en enero-febrero (IGS >7,5) y noviembre-diciembre (IGS > 8,0), indicando un período de madurez y desove durante la primavera-verano. A la vez, los valores más bajos se presentan entre abril y julio (IGS < 5,7) señalando un período de disminución de la actividad reproductiva.

En los machos, el IGS (Tabla 6) muestra una tendencia semejante a la experimentada en las hembras, pero los valores promedios son muy diferentes, en un rango entre 0,2 (mayo 1993) y 2,3 (noviembre 1993), presentando valores altos en enero-febrero (1,6-1,3) así como desde noviembre a enero de 1994 (2,3 a 1,7) y valores mínimos entre abril y julio (0,2-0,5).

Por otra parte, también se efectuó un análisis estacional del IGS, debido al bajo número mensual de las muestras del lenguado de ojos chicos. Este mostró, en el caso de las hembras, diferencias significativas entre las estaciones (Análisis de varianza,  $F_{(5, 200)} = 5,64$ ;  $p=0,0001$ ). Las diferencias se deben a que los IGS de otoño

Tabla 5. Promedios mensuales de índice gonadosomático (IGS), factor de condición corregido (Kc) e índice hepatosomático (IHPS), con sus respectivas desviaciones estándar (d.e.) determinados en 205 hembras de *P. microps*.

Monthly mean and standard deviation (d.e.) of gonadosomatic index (GSI), condition factor without ovary (Kc) and hepatosomatic index (HPSI) determined in 205 *P. microps* females.

Fechas	IGS (d.e.)	Kc (d.e.)	IHPS (d.e.)
Octubre 1992	2,11 (2,21)	0,96 (0,05)	1,85 (0,45)
Noviembre 1992	6,60 (1,98)	1,13 (0,31)	1,79 (0,83)
Enero 1993	7,63 (3,84)	1,14 (0,10)	2,66 (0,44)
Febrero 1993	7,69 (1,81)	1,03 (0,17)	2,08 (0,62)
Abril 1993	4,93 (2,95)	1,20 (0,15)	2,64 (1,16)
Mayo 1993	5,70 (1,94)	1,23 (0,26)	2,58 (0,50)
Julio 1993	3,53	1,00	2,39
Agosto 1993	5,95 (3,26)	1,01 (0,06)	2,14 (0,30)
Septiembre 1993	6,86 (4,15)	1,05 (0,09)	2,24 (0,47)
Noviembre 1993	8,01 (4,17)	1,12 (0,08)	2,55 (0,85)
Diciembre 1993	9,56 (3,44)	1,20 (0,42)	2,67 (0,60)
Enero 1994	7,89 (2,35)	1,14 (0,08)	2,89 (0,62)
Marzo 1994	8,78 (2,15)	1,12 (0,09)	2,72 (0,48)

Tabla 6. Promedios mensuales del índice gonadosomático (IGS), factor de condición corregido (Kc) e índice hepatosomático (IHPS), con sus respectivas desviaciones estándar (d.e.) determinados en 161 machos de *P. microps*.

Monthly mean and standard deviation (d.e.) of gonadosomatic index (GSI), condition factor without teste (Kc) and hepatosomatic index (HPSI) determined in 161 *P. microps* males.

Fechas	IGS (d.e.)	Kc (d.e.)	IHPS (d.e.)
Octubre 1992	1,20 (0,43)	1,07 (0,18)	1,54 (0,66)
Noviembre 1992	1,30 (0,42)	1,09 (0,12)	1,90 (0,66)
Enero 1993	1,64 (0,37)	1,05 (0,10)	2,11 (0,26)
Febrero 1993	1,25 (0,47)	0,95 (0,20)	1,28 (0,55)
Abril 1993	0,48	1,53	1,30
Mayo 1993	0,20	1,58	1,42
Julio 1993	0,50	1,04	1,50
Agosto 1993	1,50 (0,77)	1,01 (0,08)	1,45 (0,73)
Septiembre 1993	0,92 (0,10)	0,96 (0,05)	1,49 (0,39)
Noviembre 1993	2,30	0,98	1,97
Diciembre 1993	1,39 (0,37)	1,12 (0,42)	1,12 (0,42)
Enero 1994	1,71 (0,60)	1,09 (0,07)	1,68 (0,58)

e invierno de 1993 son significativamente menores a los de primavera de 1993 y verano de 1994 (Prueba GT-2, a posteriori,  $p < 0,05$ ), señalando un menor desarrollo gonádico asociado a desoves de menor intensidad durante las estaciones citadas en primer lugar. En cambio, en los machos se observa una fuerte disminución del IGS en otoño y un máximo en primavera, determinándose diferencias estacionales (Análisis de la varianza,  $F_{(4, 155)} = 3,20$ ;  $p=0,015$ ), siendo el IGS de los machos en la primavera de 1992 significativamente menor al del verano de 1994 (prueba GT-2, a posteriori,  $p < 0,05$ ).

### Madurez sexual

La estimación de la talla de primera madurez sexual en *P. microps*, basado en el método del mayor incremento relativo del IGS promedio, corresponde a 25 cm de longitud total con un incremento de 136,61 % (Tabla 7). Por otra parte, el examen microscópico de las hembras muestra que todas están maduras en el intervalo 25-26 cm, corroborando la madurez sexual a dicha talla (Tabla 7). Sin embargo, mediante diagnóstico histológico se detectó la existencia de hembras maduras a partir de 21 cm y de machos desde los 20 cm.

Tabla 7. Clases de talla, frecuencia numérica, promedios de IGS, porcentajes de IR. IGS y porcentaje de hembras maduras, determinadas en *P. microps*.

Length classes, number frequency, IGS mean, IR. IGS percentage and mature female frequency in *P. microps*.

Rango LT	Frecuencia	IGS	IR. IGS	Frecuencia	% maduras
21,1 - 22,0	2	9,22	0,00	1	100,00
22,1 - 23,0	1	11,84	24,42		
23,1 - 24,0	5	4,44	-62,50	5	40,00
24,1 - 25,0	3	2,24	-49,55	3	33,33
25,1 - 26,0	7	5,30	136,61	3	100,00
26,1 - 27,0	16	6,19	16,79	10	100,00
27,1 - 28,0	18	7,66	23,75	16	100,00
28,1 - 29,0	26	7,40	-3,39	16	100,00
29,1 - 30,0	33	7,04	-4,86	29	100,00
30,1 - 31,0	23	7,50	6,53	19	100,00
31,1 - 32,0	25	7,33	-2,27	20	95,00
32,1 - 33,0	14	6,77	-7,64	10	100,00
33,1 - 34,0	15	8,77	29,54	12	91,66
34,1 - 35,0	6	6,72	-23,37	4	100,00
35,1 - 36,0	5	8,82	31,25	4	100,00
36,1 - 37,0	2	6,85	-22,33	2	100,00
37,1 - 38,0	1	6,55	-4,38	1	100,00
38,1 - 39,0	1	10,10	54,20	1	100,00
39,1 - 40,0	1	10,78	6,76	0	-
40,1 - 41,0	1	1,86	-82,74	1	100,00

### Factor de Condición e Índice hepatosomático

El factor de condición (Kc) en las hembras (Tabla 5) muestra los promedios máximos en otoño (mayo=1,23), seguido de los mínimos en invierno (julio=1,00), para continuar con un aumento en primavera (noviembre=1,12), registrándose diferencias significativas entre las estaciones (Análisis de varianza,  $F_{(5, 200)} = 4,98$ ;  $p=0,0003$ ). Estas consisten en que el Kc en invierno de 1993 presentó valores significativamente menores a los de otoño y primavera de 1993 (Prueba GT-2, a posteriori,  $p < 0,05$ ). De la misma manera en los machos, el Kc (Tabla 6) presenta fluctuaciones semejante al de las hembras, pero con máximos muy superiores (mayo = 1,58) y también se detectan diferencias significativas entre las estaciones (Análisis de varianza,  $F_{(4,155)} = 5,66$ ;  $p = 0,0003$ ). Estas consisten en que los Kc de verano e invierno de 1993 fueron significativamente menores que el de verano de 1994, mientras que el Kc de verano de 1993 fue inferior al de primavera de 1992.

El índice hepatosomático en hembras muestra los promedios mensuales máximos en enero y febrero (2,89 y 2,72) de 1994 (verano) y los

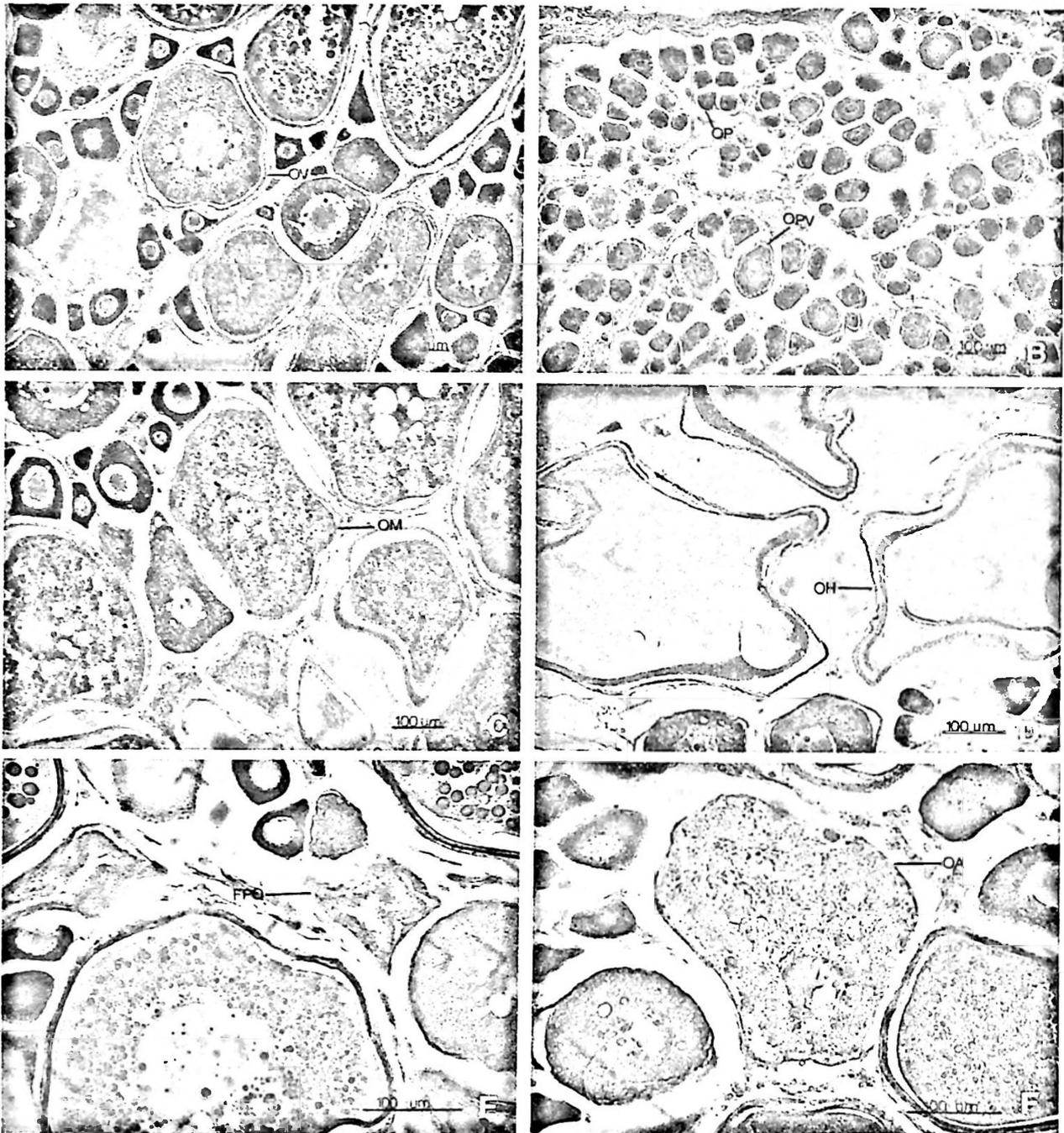
mínimos en agosto y septiembre (2,14 y 2,24), (invierno de 1993) (Tabla 5), detectándose diferencias significativas entre las estaciones (Análisis de la varianza,  $F_{(5, 171)} = 10,47$ ;  $p=0,0001$ ); donde el IHPS de la primavera de 1992 fue significativamente menor a todas las demás estaciones y el de invierno de 1993 fue a la vez menor que el de verano de 1994 (Prueba GT-2, a posteriori,  $p < 0,05$ ). En cambio, en los machos los IHPS mensuales fluctuaron entre 1,12 (diciembre de 1993) y 2,11 (enero 1994) (Tabla 6) y los IHPS estacionales no presentaron diferencias significativas (Análisis de la varianza,  $F_{(4, 143)} = 10,47$ ;  $p=0,1154$ ).

### DISCUSION

Entre los primeros antecedentes reproductivos, Mann (1954) señala que las hembras de *P. microps* tienen ovarios de gran tamaño y que ocupan hasta la región caudal. Esta situación fue corroborada en el presente trabajo, particularmente en especímenes maduros.

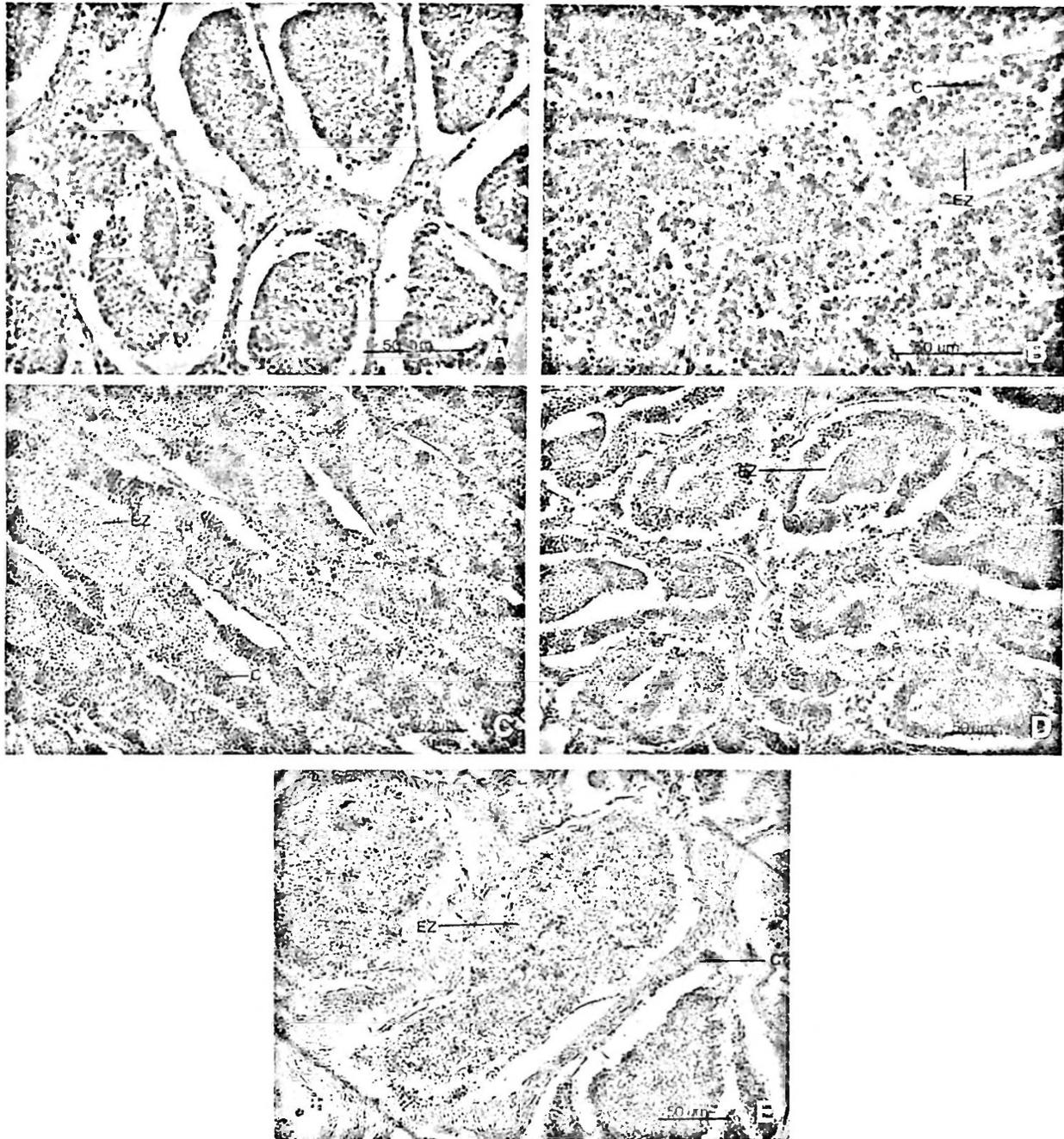
Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman el tipo de desove parcial o fraccionado señalado por Pulgar (1986) para *P. microps*, debido al registro mediante histología de la presencia de ovocitos en diferentes estados de madurez en un mismo ovario durante la mayor parte del año, asociado a la existencia de FPO en primavera, verano e invierno, lo que indica la realización de desoves recientes (Hunter & Goldberg, 1980) en tales estaciones. Esta clase de desove fraccionado es semejante al encontrado en peces tropicales y subtropicales (Nikolsky, 1963), como ocurre en *Hippoglossina stomata* (Eingenmann) que habita las costas del sur de California (Goldberg, 1982) y sería una forma eficiente de enfrentar por parte de una especie, los cambios ambientales, no arriesgando todo el potencial reproductivo en una sola puesta (Vizziano & Borois, 1990).

Se ha mencionado que los lenguados como otras especies de peces, utilizan las bahías como áreas de desove y crianza, debido a que éstas proporcionarían un lugar adecuado para el desarrollo de los juveniles, ya que decrece el riesgo de mortalidad de los lenguados recién asentados, permite el crecimiento de los juveniles por la alta producción de alimento y el decrecimiento de la predación (Kramer, 1991).



**Figura 1.** Ovarios: a) Estado Previtelogénico, se observan ovocitos previtelogénicos (opv) con vacuolas lipídicas dispuestas en la periferia del citoplasma. También, presenta ovocitos primarios; b) Estado Vitelogénico, presenta ovocitos vitelados (ov) con abundantes gránulos de vitelo y vacuolas en el citoplasma; c) Estado Maduro, con ovocitos maduros (om) con su citoplasma lleno de gránulos de vitelo y una posición polar del núcleo, capas radiada y granulosa del folículo claramente distinguibles; d) Estado Hidratado, característico por la ocurrencia de ovocitos hidratados (oh), en el cual se observa la membrana folicular colapsada y el lumen vacío que indica el espacio dejado por el ovocito; e) Estado en desove, típico por la presencia de folículos post-ovulatorios (fpo), cuyas capas se observan invaginadas y plegadas con un lumen central obliterado; f) Atrésico, presencia de ovocitos atrésicos (oa) cuyo citoplasma y núcleo se desorganiza, desintegra y reabsorbe.

Ovaries: a) Previtellogenic stage, ovocytes (opv) show peripheric lipid vacuoles in the cytoplasm. Some few primary ovocytes can be present; b) Vitellogenic stage, ovocytes (ov) carrying abundant vitellus granules and cytoplasmatic vacuoles; c) Mature stage, mature ovocytes (om) with cytoplasm filled up with vitellus granules and nucleous in polar position. Follicular layer quite visible; d) Hydrated stage, hydrated ovocytes (oh) show a collapsed follicular membrane and empty lumen after ovocytes release; e) Spawning stage, typical presence of post-spawning follicles (fpo) with invaginated layer and collapsed central lumen; f) Atresic stage, atresic ovocytes (oa), cytoplasm and nucleous are disorganized and in reabsorption processes.



**Figura 2.** Testículos: a) Espermiogénesis inicial, donde no se observa el lumen de los túbulos seminíferos, ni espermatozoides; b) Espermiogénesis temprana, se observan unos pocos cistos (c) con espermatozoides (ez); c) Espermiogénesis activa, se encuentran cistos (c) en diferentes estados de desarrollo y el lumen de los túbulos seminíferos llenos de espermatozoides (ez); d) Espermiogénesis tardía, se observa el lumen lleno de espermatozoides (ez), pero los cistos son más delgados., e) Espermiogénesis final, el lumen presenta aún algunos espermatozoides (ez), pero existen muy escasos cistos (c).

Testis: a) Pre-early spermatogenesis stage, there is no sperm and tubule lumen; b) Early spermatogenesis stage, few spermatocytes (c) and full grown sperms (ez) are observed; c) Active spermatogenesis stage, spermatocytes (c) are in different development phases and seminifer tubules are filled up with mature sperm (ez); d) Late spermatogenesis stage, tubules are filled up with sperms (ez) but spermatocytes are more slender; e) Final spermatogenesis stage, tubules with few remanent sperms (ez) and very scarce spermatocytes (c).

Hecho similar ha sido informado en *P. californicus* e *Hypsopsetta guttulata* (Girard), para los cuales estas áreas son cruciales para su supervivencia (Kramer, 1991; Allen & Herbinson, 1990).

En el caso de *P. microps*, se postula que Bahía de Concepción representaría un área de desove y crianza, por el registro durante todo el año y particularmente durante primavera y verano, de especímenes maduros y en desove, así como el hallazgo de juveniles (LT: 50-138 mm) durante los meses de noviembre (1994) a enero (1995) (E. Tarifeño, comunicación personal).

Los resultados obtenidos del análisis histológico, así como los valores del IGS, muestran para el lenguado de ojos chicos, un período prolongado de maduración y desoves continuos durante la mayor parte del año, pero con una mayor intensidad en primavera y verano. Esta gran extensión del período reproductivo podría estar asociada con las condiciones ambientales de temperatura y en particular a la oferta ambiental, pues se sabe que el suministro de alimento es uno de los factores que influyen notablemente en el desove (Oliva *et al.*, 1986). Los registros de temperatura en la Bahía de Concepción en un ciclo anual muestran valores superficiales extremos de 10,3 °C en agosto a 16,8 °C en diciembre, mientras que sobre el fondo las variaciones son leves, entre 9,7 y 13,6 °C, con mayor amplitud durante el invierno, cuando se produce una inversión de la termoclina (Ahumada & Chuecas, 1979). Estas temperaturas uniformes presentes en la Bahía de Concepción, hábitat normal de *P. microps*, asociadas con una alta productividad primaria y secundaria (Ahumada *et al.*, 1983; Arcos & Wilson, 1984; Ahumada, 1991; Ahumada *et al.*, 1991; Ribera, 1968) y área de reclutamiento de anchoveta y sardina común, durante la época estival, constituirían condiciones muy favorables para esta especie. González (comunicación personal) encontró sardina común y anchoveta como las presas principales en los contenidos gástricos de *P. microps* adultos y una predominancia de crustáceos en tallas inferiores a 25 cm de LT, en especímenes capturados en la Bahía de Concepción.

En relación a la longitud de primera madurez sexual de *P. microps*, estimada en 25 cm, se encuentra muy cercana a la talla de madurez de 24 cm señalada por Zúñiga (1988) para *P.*

*adpersus*, pero es superior a la indicada para *P. microps* por Silva (*vide* Zúñiga, 1988). Zúñiga (*op.cit.*) establece esta talla de madurez en *P. adpersus*, sobre la base del cambio en la dieta en ejemplares recolectados frente al litoral de Coquimbo.

Por otra parte, los valores del Kc y del IHPS indican que las condiciones fisiológicas de los peces son favorables durante la mayor parte del año, incluso en invierno, lo que implicaría una actividad alimentaria permanente, que le permitiría soportar el gasto energético que significa un extenso proceso de maduración y desove.

La determinación macroscópica de los estados de madurez en las hembras muestra la presencia mayoritaria del estado maduro, en cambio en los machos predominan los estados en maduración e inmaduro, situación que también ha sido registrada en *H. macrops*, donde se produciría una segregación espacial entre los sexos de individuos en maduración y sexualmente maduros, lo que se ha atribuido al hecho de que existan distintas clases de ejemplares desovando en el lugar, siendo predominante las hembras maduras (Voight & Balbontín, 1981).

Las hembras predominaron en las capturas en la gran mayoría de los meses, lo que podría deberse a diferencia de hábitat entre los sexos, donde los machos ocuparían zonas más profundas, lo que explicaría su menor presencia en las capturas, tal como lo ha señalado Bagenal (1957, *vide* Oliva *et al.*, 1986), para *Hippoglossoides platessoides* (Fabricius) y en *Pleuronectes platessa*, donde se presenta una relación inversa (Simpson, 1959 *vide* Oliva *et al.*, *op. cit.*). También se ha informado que los machos tendrían una alta tasa de mortalidad, como sucede en *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum) donde las hembras son predominantes en las edades avanzadas, por lo cual los machos entrarían a una senectud más jóvenes que las hembras, siendo éstas más longevas (Lux, 1973). Tasas altas de mortalidad en machos han sido encontradas en *P. platessa* y *Paralichthys dentatus* (Linnaeus), por lo cual esta situación podría ser un modelo general que los machos tengan vidas más cortas que las hembras (Wittherell & Burnett, 1993), por lo que sería importante realizar estudios de crecimiento en *P. microps* que permitan corroborar este hecho.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros agradecimientos al Dr. Eduardo Tarifeño, por la traducción del Abstract, así como por la revisión y valiosas sugerencias al manuscrito. También vayan nuestros agradecimientos a la Sra. Edith Montero por la preparación de las placas histológicas y a la tripulación de las embarcaciones de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, M/B Tobago y L/I Don Nibaldo, Sres. Jaime Martínez, José Cruz y Eduardo Bastías por su colaboración en la captura de parte de las muestras analizadas.

## LITERATURA CITADA

- AHUMADA, R. & L. CHUECAS. 1979. Algunas características hidrográficas de la Bahía de Concepción (36° 40'S; 73°03'W) y áreas adyacentes. Chile. Gayana (Miscelánea) 8: 1-56.
- AHUMADA, R. 1991. Balance asimétrico del carbono orgánico particulado (COP), en la Bahía de Concepción, Chile. Revista Biología Marina, Valparaíso, 26(2): 233-251.
- AHUMADA, R., A. RUDOLPH & V. MARTÍNEZ. 1983. Circulation and fertility of Concepción Bay. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 16: 95-105.
- AHUMADA, R., P. MATRAI & N. SILVA. 1991. Phytoplankton biomass distribution and relationship to nutrient enrichment during an upwelling event off Concepción Bay, Chile. Boletín Sociedad Biología de Concepción, Chile, 62: 1-12.
- ALHSTROM, E. H., K. AMOAKA, D.A. HENSLEY, H.G. MOSER & B.Y. SUMIDA. 1984. Pleuronectiformes: Development. In: H. Moser, W. Richards, D. Cohen, M. Fahay, A. Kendall jr. & S. Richardson, (eds.) Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special publication, 1: 640-670.
- ALLEN, M. J. & K.T. HERBINSON. 1990. Settlement of juvenile *California halibut*, *Paralichthys californicus*, along the coast of the Los Angeles, Orange and San Diego Counties in 1989. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Reports, 31: 84-96.
- ARCOS, D. & R. WILSON. 1984. Upwelling and the distribution of Chlorophyll-a within the Bay of Concepción, Chile. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 18: 25-35.
- BAHAMONDE, N. 1954. Alimentación de los lenguados (*Paralichthys microps* Steindachner e *Hippoglossina macrops* Günther). Investigaciones Zoológicas Chilenas, 2 (5): 72-74.
- CHIRICHIGNO, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Informe Instituto del Mar del Perú, Callao, 46: 1-109.
- GARCÍA, M.L. & R.C. MENNI. 1990. Studies on Argentine Pleuronectiformes V: Morphometrics and other biological aspects of *Xystreus rasile* (Bothidae, Paralichthyinae). Gayana Zoológica, 54 (3-4): 67-77.
- GOLDBERG, S. R. 1982. Seasonal spawning cycle of the *California flatfishes*, *Pleuronectes verticalis* (Pleuronectidae) and *Hippoglossina stomata* (Bothidae). Bulletin of Marine Science, 32 (1): 347-350.
- HUNTER, J.R. & S.R. GOLDBERG. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fishery Bulletin, 77 (3): 641-652.
- KRAMER, S.H. 1991. Growth, mortality and movements of juvenile *California halibut* *Paralichthys californicus* in shallow coastal and bay habitats of San Diego County, California. Fishery Bulletin, 89: 195-207.
- LEIBLE, M. & E. ALVEAL. 1982. Catálogo de peces que habitan las aguas costeras de la Bahía de Concepción y Bahía de San Vicente. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sede Regional Talcahuano, 104 pp.
- LUX, F. E. 1973. Age and growth of the winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*, on Georges Bank. Fishery Bulletin, 71: 505-512.
- MANN, G. 1954. La vida de los peces en aguas chilenas. Instituto de Investigaciones Veterinarias. Universidad de Chile. 343 pp.
- MUÑOZ, H., G. HERRERA & H. FUENTES. 1988. Desarrollo larval del lenguado de ojos chicos *Paralichthys microps*. Revista de Biología Marina, 24 (1): 35-53.
- NIKOLSKY, G. V. 1963. The Ecology of fishes. Academic Press, London. 352 pp.
- OLIVA, J., W. CARVAJAL & A. TRESIERRA. 1986. Biología reproductiva e histología de gónadas en peces. Depto. Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 151 pp.
- PADILLA, C., G. HERRERA & J. ZAMBRANO. 1990. Revisión de la primera madurez sexual de la sardina española en relación a talla y edad. Revista de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Serie Ciencias del Mar, UNAP (Iquique) 1: 69-79.
- PEQUEÑO, G. & E. D'OTTONE. 1987. Diferenciación taxonómica de los lenguados comunes de Valdivia, Chile (Osteichthyes, Bothidae). Revista de Biología Marina, 23(1): 107-137.
- PEQUEÑO, G. & C. MORENO. 1979. Peces. En: Lorenzen, S., Gallardo, C., Jara, C., Clasing, E., Pequeño, G. & C. Moreno: Mariscos y peces de importancia comercial en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 131 pp.
- PULGAR, M. 1986. Estudio sobre la histología de las gónadas del lenguado *Paralichthys microps*. Seminario de Título, Profesor de Cs. Naturales y Biología. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sede Talcahuano. Depto. Biología y Tecnología del Mar. 33 pp.
- RIBERA, P. 1968. Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. Gayana, Botánica 18:1-112.
- RIFFO, R. 1991. Análisis comparativo de las infrapoblaciones, infracomunidades y comunidades componentes de tres especies de lenguados (Pisces, Bothidae) en la Bahía de Concepción, Chile. Tesis de Grado, Licenciatura en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Depto. Biología y Tecnología del Mar. 98 pp.
- SERNAP. 1993. Anuario estadístico de pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile. 190 pp.
- SILVA, A. & H. FLORES. 1989. Consideraciones sobre el desarrollo y crecimiento larval del lenguado (*Paralichthys adspersus* Steindachner, 1897), cultivado en laboratorio. Revista Pacífico Sur (Número especial): 629-634.

- SILVA, M. & J. STUARDO. 1985. Alimentación y relaciones tróficas generales entre algunos peces demersales y el bentos de Bahía Coliumo (Provincia de Concepción, Chile). *Gayana, Zoología*, 49 (3-4):77-102.
- VIZZIANO, D & N. BEROIS. 1990. Ciclo histológico del ovario de *Macrodon ancylon* (Bloch & Schneider, 1801) (Teleostei: Scienidae). *Biología Pesquera*, 19: 39-47.
- VOIGHT, M. A & F. BALBONTIN. 1981. Madurez sexual del lenguado *Hippoglossina macrops* Steindachner (Pisces, Bothidae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)*, 38: 39-52.
- WITHERELL, D. B. & J. BURNETT. 1993. Growth and maturation Massachusetts. *Fishery Bulletin*, 91: 816-820.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Second Edition. Prentice Hall Inc. New Jersey. 718 pp.
- ZUÑIGA, H. 1988. Comparación morfológica y dietaria de *P. adspersus* (Steindachner, 1867) y *P. microps* (Günther, 1881) en Bahía de Coquimbo. *Biología Marina Tesis*, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile. 144 pp.
- ZUÑIGA, H. & E. ACUÑA. 1990. Larval development of two sympatric flounder, *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) and *P. microps* (Günther, 1881) from Bay of Coquimbo, Chile. *Fishery Bulletin* 90:

# ALIMENTACION DE UNA ESPECIE POCO CONOCIDA, *BRAMA AUSTRALIS* VALENCIENNES, 1836 (PISCES: BRAMIDAE) EN LA COSTA CENTRO-SUR DE CHILE

## TROPHIC HABITS OF A LITTLE KNOWN SPECIES, *BRAMA AUSTRALIS* VALENCIENNES, 1836 (PISCES: BRAMIDAE) OFF THE CENTRAL AND SOUTHERN COASTLINE OF CHILE

---

Gabriela Muñoz, Nelson Cortés, Misael Arriaza y Ciro Oyarzún

### RESUMEN

La "reineta" o "palometa del sur" *Brama australis* Valenciennes 1836, es un pez de hábitos mesopelágicos que se distribuye en el Pacífico Suroriental aparentemente dentro de los límites de circulación de las masas de aguas subtropicales. A pesar del creciente interés pesquero por esta especie, existen pocos antecedentes sobre aspectos básicos de su biología y ecología. En el presente trabajo se estudia la dieta de 191 ejemplares, provenientes de la zona de pesca comprendida entre Constitución (35°20'S) y Puerto Saavedra (38°48'S), Chile, durante el invierno y primavera de 1993, y primavera de 1994. El espectro trófico de *B. australis* se analizó cuali y cuantitativamente en cuanto a variaciones con la talla, el sexo y los meses de muestreo. No se encontró diferencias significativas en el contenido gástrico para las variables consideradas. Se determinó que la reineta posee un reducido espectro trófico en el área de estudio, ya que se alimenta casi exclusivamente de eufáusidos (%IIR=99,23), mientras que los cefalópodos y pequeños peces fueron presas ocasionales. La dieta de *B. australis* es muy similar a la de especies congénéricas. Es posible que el alto consumo de eufáusidos por *B. australis* se deba a la gran abundancia de estos crustáceos frente a la costa chilena, más que a una selección o preferencia por este ítem.

*Palabras Clave:* Alimentación, Bramidae, ecología trófica, Pacífico Suroriental.

### ABSTRACT

The Southern pomfret *Brama australis* Valenciennes 1836, is a mesopelagic fish distributed in the Southeastern Pacific Ocean apparently within the circulation boundaries of subtropicals water masses. Despite the increasing interest on this species as a fishery resource, there is very little information on basic aspects of its biology and ecology. In this work we study the feeding ecology of the pomfret, based on the stomach contents of 191 specimens collected from the fishing areas near Constitución (35°20'S) and Puerto Saavedra (38°48'S), Chile, during winter and spring 1993 and spring 1994. The trophic spectrum of *B. australis* was analyzed qualitatively and quantitatively by size class, sex and seasons. No differences in stomach contents for the variables studied were found. The pomfrets showed a narrow trophic spectrum in the study area, since they feed almost exclusively on euphausiids (%IIR=99.23), and occasionally on squids and small fishes. There is a high dietary similarity with reports on other congeneric species from elsewhere. Perhaps, this high representation of euphausiids in the diet of the southern pomfret results from the great abundance of euphausiids in the study area, rather than from a selective or preferent consumption of this prey item.

*Key words:* Feeding, Bramidae, trophic ecology, Southeastern Pacific Ocean.

Fecha de recepción: 8 - 8 - 95. Fecha de aceptación: 1 - 12 - 95.

## INTRODUCCION

En la ictiofauna chilena existen muchas especies de las cuales se desconocen aspectos básicos de su biología, como ocurre con las especies del género *Brama* tanto a nivel mundial como nacional. Las especies pertenecientes a la familia Bramidae poseen una amplia distribución geográfica, habitando desde aguas tropicales a templadas (Paulin, 1981), aunque preferentemente se encuentran en la zona oceánica, llegando a habitar a grandes profundidades (Mead, 1972).

Hasta 1990 se reconocían en Chile dos especies del género *Brama*: *B. brama* Bonnaterre, 1788 y *B. dussumieri* Cuvier, 1831. Posteriormente, Pavlov (1991a) reconoció la presencia de *B. australis* Valenciennes 1836 y reportó para aguas chilenas la presencia de otra especie de *Brama* la cual no ha sido identificada. Estas especies se distribuyen en aguas templadas y subtropicales, encontrando a *B. brama* en abundancia en Nueva Zelanda, Australia y Atlántico Norte, siendo menos abundante en el norte y centro de la costa chilena (Mann, 1954); *Brama* sp. se distribuye en Nueva Zelanda, Africa del Sur, Australia (Mead, 1972; Smith, 1986) y sur de Chile (Pavlov, 1991a). Para *B. australis* no se ha descrito su distribución mundial, pero aparentemente habita dentro de los límites de circulación de las masas de agua subtropicales (Pavlov, 1991b).

Algunos estudios taxonómicos denominaron *B. chilensis* a cualquier ejemplar del género *Brama* encontrado en aguas chilenas (De Buen, 1958). Más tarde, un estudio realizado por Mead (1972) sinonimizó a *Lepidotus australis*, *B. australis* y *B. chilensis* con *B. brama*. Sin embargo, un nuevo estudio taxonómico realizado por Pavlov (1991b) concluyó que *B. brama* y *B. australis* eran especies distintas. Debido a esta confusión se desconoce gran parte de la biología y ecología de *B. australis*.

Actualmente, la reineta en Chile es consumida en fresco tanto en la zona norte como en la zona central, aun cuando en las estadísticas de pesca no existen registros de sus volúmenes de captura sino hasta 1994, año en el cual se registró un total de 1.186 toneladas, desembarcadas principalmente en las Regiones III, V y VIII.

Gran parte de la literatura disponible trata

sobre la taxonomía y sistemática de los brámidos, aunque algunos de estos estudios proporcionan descripciones generales sobre la biología básica de estas especies. Mead (1972) y Pavlov (1991a) describen sólo en términos cualitativos las dietas de *B. japonica*, *B. brama* y *Brama* sp. Recientemente, Pearcy et al. (1993) publicaron un estudio que aporta información cuantitativa respecto de los hábitos alimentarios de *B. japonica* donde señalan que consumen principalmente calamares y pequeños peces, cuyos porcentajes de consumo varían según la latitud y la estacionalidad.

En el presente estudio se entregan antecedentes sobre la composición dietaria de *Brama australis* frente al área centro-sur de Chile. Además, se evalúa si existen diferencias en dieta entre distintas clases de talla, entre sexos y entre distintos meses de muestreo.

## MATERIALES Y METODOS

Se analizó el contenido estomacal de 191 ejemplares de *Brama australis* capturados como fauna concurrente de la pesquería del "jurel" *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855). Las capturas se realizaron con redes de cerco de 100 brazas de altura, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1993 y noviembre de 1994, en la zona comprendida entre Constitución (35°20'S) y Puerto Saavedra (38°48'S).

Cada ejemplar fue medido en su longitud estándar con 0,1 cm de precisión. Luego fueron pesados con 0,01 g de precisión, y el sexo fue determinado mediante la observación macroscópica de las gónadas.

A cada ejemplar se le extrajo el estómago, los cuales fueron preservados en formaldehído al 10%, hasta el momento de su análisis. Una vez extraído, el contenido de los estómagos fue filtrado a través de un tamiz de 0,1 mm de diámetro en el tramado a fin de obtener una mejor individualización de las presas macroscópicas encontradas, tanto para su identificación como para su cuantificación posterior. La determinación taxonómica de las presas se llevó a cabo consultando a Antezana et al. (1976) para los eufáusidos, a Osorio (1979) y Roper et al. (1984) para los cefalópodos. Los peces fueron identificados por los autores del trabajo (N. Cortés y C. Oyarzún). El nivel de resolución

taxonómica dependió del grado de digestión que presentó el contenido estomacal.

Para determinar el rango de tamaño de las presas consumidas por *B. australis*, cada ítem fue medido (cm) en su longitud total, eligiendo a aquellas que estaban menos digeridas.

La importancia de cada ítem en la dieta fue determinada de acuerdo a los descriptores cuantitativos propuestos por Hyslop (1980). Estos son: el método numérico, en donde las presas o ítems encontrados en los contenidos estomacales son contados y expresados en forma porcentual respecto del total de presas (%N), el método volumétrico, representado por el volumen del ítem en ml respecto del volumen total de las presas encontradas en los contenidos estomacales, expresado en forma porcentual (%V), y la frecuencia de ocurrencia definida como el número de estómagos que el ítem aparece en el total de los estómagos con contenido estomacal expresados en porcentaje (%F). Se consideró además el índice de importancia relativa (IIR) que corresponde a la suma del porcentaje numérico (%N) y el volumétrico (%V), multiplicada por la frecuencia porcentual de ocurrencia (%F) de cada ítem alimentario (Pinkas *et al.* (1971) *vide* Hyslop (1980)), como lo indica la siguiente fórmula:

$$\text{IIR} = (\%N + \%V) \cdot \%F$$

Posteriormente, el valor de IIR obtenido fue expresado en forma porcentual con respecto a la suma de los valores del IIR de todos los ítems alimentarios.

Para comparar la talla de los peces según el sexo se empleó la prueba t-Student, y para comparar la talla de los ejemplares según los meses en estudio se utilizó un análisis de varianza de una vía, ambos con un nivel de significancia de 0,05.

## RESULTADOS

La longitud estándar de los ejemplares de *Brama australis* fluctuó entre los 29,4 y 42,8 cm. El rango de tallas con mayor frecuencia estuvo entre los 35 y 37 cm. Las tallas promedio de machos y de hembras fueron de 36,1 y 37,1 cm respectivamente, siendo la talla más frecuente entre 37 y 39 cm en los machos, y entre 35 y 37

cm en las hembras. No se encontró diferencias significativas en la talla promedio de machos y hembras ( $t = 0,68$ ;  $g.l = 116$ ;  $p = 0,25$ ), y tampoco entre los meses en estudio ( $F_{(3,135)} = 1,45$ ;  $p = 0,23$ ).

La muestra total estuvo conformada por 67 machos (35,1%), 51 hembras (26,7%) y 73 indeterminados (38,2%) a los cuales no fue posible determinar su sexo dado el mal estado de conservación. El peso de los ejemplares fluctuó entre 450 y 1.766 gramos ( $\bar{X} = 1.064,2$ ;  $d.e = 205,2$  g).

De los 191 ejemplares, 139 presentaban contenidos en el estómago (72,3%), en los que se determinó al menos 8 especies (Tabla 1).

El análisis cuantitativo del contenido estomacal de la reineta señaló que las presas más comunes eran los crustáceos, mayoritariamente representados por eufáusidos (%IIR = 99,23), por lo que el valor de este índice es mínimo para los demás ítems (Tabla 1). Por consiguiente, no se encontraron diferencias en el contenido alimentario de ejemplares entre sexos, clases de tamaño o meses de muestreo.

La longitud total promedio de las presas de *B. australis* fue de 1,1 cm los anfípodos, 2,5-3,0 cm los eufáusidos, entre 6,4-8,2 cm en los peces, y entre 1,5 a 2,5 cm en los calamares, encontrándose dos de ellos de mayor tamaño: 8,8 y 11,4 cm (estado semidigerido).

Tabla 1. Valores del método Numérico (%N), Volumétrico (%V), Frecuencia de Ocurrencia (%F) e Índice de Importancia Relativa (%IIR) de los ítems del contenido estomacal de *Brama australis* (n=139)

Scores of the prey items found in the stomach contents of the pomfret *Brama australis* (n=139), according to the Numeric method (%N), Volumetric (%V), Frequency of Occurrence (%F) and Index of Relative Importance (%IIR).

Item alimentario	%N	%V	%F	%IIR
CRUSTACEA				
<i>Euphausia</i> sp.	98,14	90,02	90,64	99,23
Amphipoda	0,38	0,27	5,04	0,02
<i>Pterygosquilla armata</i>	0,09	0,13	2,88	<0,01
MOLLUSCA				
<i>Loligo gahii</i>	1,27	4,72	20,86	0,72
<i>Onycoleuthis</i> sp.	0,02	2,61	0,72	0,01
<i>Octopus vulgaris</i>	0,02	0,04	0,72	<0,01
CHORDATA				
Myctophidae	0,03	1,35	1,44	0,01
Merluccidae	0,02	0,84	0,72	<0,01
Restos de peces	0,03	0,02	0,72	<0,01
Valores totales (100%)	6.525	237,45	139	17.278,9

## DISCUSION

Los resultados muestran que *B. australis* se alimenta de presas de pequeño tamaño, teniendo un reducido espectro trófico compuesto principalmente por eufáusidos (Tabla 1). Sin embargo, dado que la época de estudio contempló mayoritariamente la primavera, no se puede aseverar que la dieta no cambia en el tiempo. Por otro lado, Pavlov (1991b) menciona que los juveniles tendrían tallas menores a 30 cm de longitud estándar, por lo que el 97,3% de los ejemplares de *B. australis* utilizados en este estudio corresponden a individuos adultos (mayores a 30 cm), lo que puede explicar el que no hubiera diferencias en la dieta en el rango de tallas analizadas.

Los antecedentes sobre la alimentación de especies congénéricas indican que en general depredan sobre calamares, eufáusidos y peces. Para *Brama* sp. se ha indicado que consume tunicados y peces de las familias Myctophidae y Trichuridae, mientras que en el contenido estomacal de *B. brama* se han encontrado otolitos de lenguados, mictófidios, varios peces gádidos y los calamares *Loligo reynaudi* (Mead, 1972) y *Argentina sphyroena*, además de larvas de jaibas y anfípodos (Daves, 1949 *vide* Mead, 1972). *B. japonica* también consume anfípodos y otros crustáceos (Mead, 1972; Pavlov, 1991a) mientras que Percy *et al.* (1993) informan que *B. japonica* consume principalmente calamares y peces pequeños. En suma, la composición taxonómica de la dieta de los brámidos es muy similar en términos cualitativos, lo que puede deberse tanto a causas ecológicas como filogenéticas. En primer lugar, habría una alta similitud en las características oceanográficas de sus hábitats, que de alguna manera determinan la fauna existente en su particular ámbito. Por otro lado, es muy posible que estas especies congénéricas tengan estructuras similares asociadas a una alimentación muy semejante.

Al parecer los brámidos son oportunistas que depredan sobre especies de mayor abundancia. Por ejemplo, Percy *et al.* (1993) indican que la presa principal de *B. japonica* son los calamares que son muy abundantes en el área donde fueron capturados los peces, en tanto que Shimazaki (1989 *vide* Percy *et al.* (1993) informa que durante la primavera los eufáusidos fueron importantes presas en la dieta de *B.*

*japonica* cuando los otros ítemes fueron menos abundantes. En el caso de *B. australis* la dieta está compuesta casi en su totalidad por eufáusidos, donde especies tales como *Euphausia lamelligera*, *E. mucronata* y *Nyctiphanes simplex* son dominantes entre los 5°S y 40°S a unas 60-100 millas de la costa chilena (Antezana, 1981).

El que los eufáusidos y calamares sean pelágicos, mientras que peces mictófidios habitan en aguas profundas, indica que *B. australis* se desplaza verticalmente en la columna de agua, lo que concuerda con lo expuesto por Smith (1986), quien sostiene que los peces del género *Brama* no son verdaderamente pelágicos ya que usualmente se encuentran en aguas profundas.

En general, hay escasos antecedentes acerca de la batimetría de los brámidos ya que no es mucha la actividad pesquera en las zonas oceánicas (Mead, 1972). Sin embargo, los registros indican que *B. orcini* se ha encontrado a 100 m de la superficie (Mead, 1972; Smith, 1986), y que los adultos de *B. brama* habitan entre 400 y 1.000 m de profundidad (Smith, 1986). En Chile, Bahamonde (1977) indicó que *Lepidotus chilensis* (= *B. australis*?) se encontró entre 100 y 500 m, aunque la mayor captura se realizó desde 150 a 300 m de profundidad.

En varias especies del género *Brama* existen diferencias en la distribución horizontal y batimétrica entre juveniles y adultos. Este comportamiento ha sido observado en *B. brama* donde incluso los peces jóvenes de distinto tamaño muestran diferente distribución (Mead, 1972). Considerando esto y el que un alto porcentaje de los ejemplares obtenidos fueran adultos, nos lleva a suponer que adultos y juveniles de *B. australis* presentarían patrones de distribución diferencial, en forma similar a otras especies congénéricas. A pesar de que el arte de pesca puede influir en tal resultado, al respecto existen dos motivos que refuerzan la hipótesis de una distribución diferencial entre adultos y juveniles de *B. australis*. En primer lugar, el cuadriculado de las redes jureleras tienen una longitud de 2 pulgadas por malla, lo cual habría permitido la captura de individuos de tallas menores que las que se obtuvieron en este trabajo. Por otro lado, en la pesca pelágica se utilizan redes entre 160 y 180 m aproximadamente de alto, lo cual es importante en la obtención de ejemplares de tallas pequeñas, ya que

se ha reportado que los juveniles de especies tales como *B. caribbea*, *B. dussumieri* y *B. brama* habitan a profundidades mayores, aparentemente como consecuencia de las temperaturas de las aguas y la salinidad (Mead, 1972).

Por último, cabe destacar que *B. australis* se ha constituido en un importante recurso pesquero, lo que debe conducir a mejorar el conocimiento de su biología.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los señores Joel Sandoval y Oscar Ocaranza de la pesquera Camanchaca en San Vicente, por su colaboración en la obtención de las muestras, al señor Javier Chong por su apoyo en infraestructura y materiales, y a todos quienes de una u otra forma colaboraron en la realización de este estudio. Los autores también expresan su reconocimiento a dos revisores anónimos y al Sr. Mario George-Nascimento que con sus correcciones y sugerencias ayudaron a mejorar el presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- ANTEZANA, T., N. AGUIRRE & R. BUSTAMANTE. 1976. Clave ilustrada y distribución latitudinal de los eufáusidos del océano Antártico. (Crustacea, Zooplankton). Servicio Científico del Instituto Antártico Chileno 4(1): 53-68.
- ANTEZANA, T. 1981. Zoogeography of euphausiids of the South Eastern Pacific Ocean. Memorias del Seminario de Indicadores Biológicos del Plancton. UNESCO; Montevideo: 4-23.
- BAHAMONDE, R. 1977. Distribución y abundancia relativa (preliminar) de los principales recursos demersales entre Corral y Golfo de Penas. Serie Investigación Pesquera. 27: 1-46
- DE BUEN, F. 1958. La familia Lepidotidae en Chile. Investigaciones Zoológicas Chilenas 4: 132-134.
- HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis - A review of methods and their application. Journal of Fish Biology, 17: 411-429.
- MANN, G. 1954. La vida de los peces en aguas chilenas. Ministerio de Agricultura. Universidad de Chile. 342 pp.
- MEAD, G.W. 1972. Bramidae. Dana- Report. N° 81. 175 pp.
- OSORIO, C. 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. Biología Pesquera, Chile 11: 3-47.
- PAULIN, C.D. 1981. Fishes of Family Bramidae recorded from New Zealand. New Zealand Journal of Zoology 8: 25-31.
- PAVLOV, YU. P. 1991a. Information on morphometrics and ecology of pomfrets of the genus *Brama* inhabiting the Southeastern Pacific Ocean. Journal of Ichthyology 31(2): 120-124.
- PAVLOV, YU. P. 1991b. *Brama australis* Valenciennes- A valid species of Sea Bream (Bramidae) from Southeastern Pacific Ocean. Journal of Ichthyology, 31 (5): 6-9.
- PEARCY, W.G., J.P. FISHER & M.M. YOKLAVICH. 1993. Biology of the Pacific pomfret (*Brama japonica*) in the North Pacific Ocean. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 2.608-2.625.
- ROPER, C.F.E., M.J. SWEENEY & C.E. NAUEN. 1984. FAO species catalogue. Vol.3 Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis (125) Vol.3, 277 pp.
- SMITH, M.M. 1986. Family 207: Bramidae. En: M.M. Smith & P.C. Heemstra (eds.), Smiths' Sea Fishes. Springer Verlag, Grahamstown, South Africa: 633-636.



# 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 "personnal communication". In this case, it should be cited in the text, giving the name(s) of the author(s) followed by the form "Personnal 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 initial(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 marzo de 1996  
en los talleres de  
EDITORIA ANIBAL PINTO S.A.,  
Maipú 769, Concepción,  
Chile







# Biología Pesquera

UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE LA SANTISIMA CONCEPCION



INDICE N° 24

1995

- Toro, J., A. Vergara y R. Galleguillos**  
Deficiencia de heterocigotos en una cohorte de *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845). *Heterozygote deficiency in a cohort of Ostrea chilensis (Philippi 1845)* ..... 3-6
- Carvacho, A., R. Tapia y C. Vidal**  
Aspectos reproductivos de la jaiba mora, *Homalaspis plana* (Milne-Edwards, 1834) (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) en el seno de Reloncaví, Chile. *Reproductive aspects of the purple crab Homalaspis plana (Milne-Edwards, 1834) (Crustacea: Brachyura: Xanthidae) in the Reloncaví gulf, Chile* ..... 7-15
- Valdebenito, I., J. Bariles, R. Vega, P. Dantagnan, A. Bórquez y E. Carreño**  
Análisis cualitativo y cuantitativo del semen de puye *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae). *Qualitative and quantitative analysis of the milt of puye Galaxias maculatus (Jenyns, 1842) (Salmoniformes: Galaxiidae)* ..... 17-21
- Aldana, M., J. Oyarzún y M. George-Nascimento**  
Isópodos parásitos como indicadores poblacionales del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols, 1920) (Pisces: Carangidae) frente a las costas de Chile. *Parasitic isopods as population indicators in the horse mackerel (Nichols, 1920) Trachurus symmetricus murphyi (Pisces: Carangidae) off the Chilean coast* ..... 23-32
- Hernández, S. y E. Fernández**  
Variación estacional de la concentración de Cd, Zn y Pb en sedimentos superficiales de la Bahía Concepción, Chile. *Seasonal variation in the concentration of Cd, Zn and Pb in superficial sediments of Concepcion Bay, Chile* ..... 33-37
- Chong, J. y P. González**  
Ciclo reproductivo del lenguado de ojos chicos, *Paralichthys microps* (Günther, 1881) (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) frente al litoral de Concepción, Chile. *Reproductive cycle of the small-eyed flatfish, Paralichthys microps (Günther, 1881) (Pleuronectiformes, Paralichthyidae) off Concepcion Bay, Chile* ..... 39-50
- Muñoz, G., N. Cortés, M. Arriaza y C. Oyarzún**  
Alimentación de una especie poco conocida, *Brama australis* Valenciennes, 1836 (Pisces: Bramidae) en la costa centro-sur de Chile. *Trophic habits of a little known species, Brama australis Valenciennes, 1836 (Pisces: Bramidae) off the central and southern coastline of Chile* ..... 51-5



FONDO DE PUBLICACION  
VICERRECTORIA ACADEMICA  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

EDITORA  
ONDA  
DINCO.