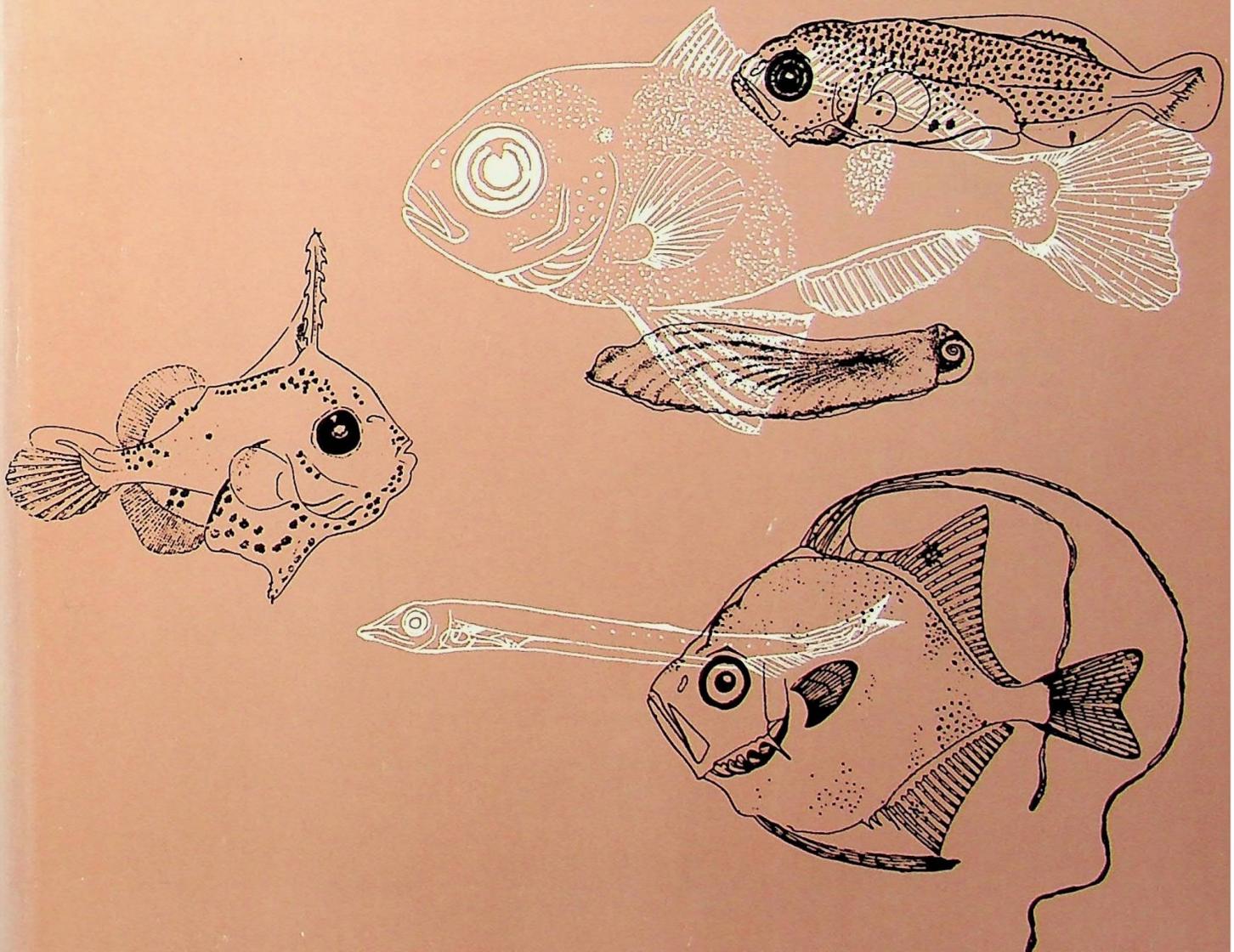


# Biología Pesquera

PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE CHILE

Nº 17



## COMITE EDITOR

**Dr. Juan Carlos Castilla Z.**  
Facultad de Cs. Biológicas  
Santiago.

**Dr. Patricio Bernal P.**  
Sede Talcahuano  
Talcahuano.

**Dr. Bernabé Santelices G.**  
Facultad de Cs. Biológicas  
Santiago.

**Dr. Alberto Arrizaga M.**  
Sede Talcahuano  
Talcahuano.

**Prof. Nicolás Rozbaczylo**  
Facultad de Cs. Biológicas  
Santiago.

**Dr. Eduardo Tarifeño S.**  
Sede Talcahuano  
Talcahuano.  
Editor Jefe

## COMITE ASESOR

**Dr. Tarsicio Antezana J.**  
Universidad de Concepción  
Concepción, CHILE.

**Sr. Fernando Balbontín C.**  
Universidad de Valparaíso  
Valparaíso, CHILE.

**Dr. Jorge Csirke**  
FAO.  
Roma, ITALIA.

**Dr. Ricardo Galleguillos G.**  
Pont. Univ. Católica de Chile  
Talcahuano, CHILE.

**Dr. Pablo Lagos**  
Instituto Geofísico del Perú  
Lima, PERU.

**Sr. José Orensaz M.**  
University of Washington  
Seattle, USA.

**Dr. Mario Silva O.**  
Universidad de Concepción  
Concepción, CHILE.

**Sr. Julio Valdivia G.**  
Instituto del Mar del Perú  
Callao, PERU.

**Sr. Patricio Arana E.**  
Univ. Católica de Valparaíso  
Valparaíso, CHILE.

**Dr. Ray Beverton**  
University of Wales  
Cardiff, Wales, U.K.

**Sr. Tomás Fonseca F.**  
Univ. Católica de Valparaíso  
Valparaíso, CHILE.

**Dr. Vincent Galluci**  
University of Washington  
Seattle, USA.

**Dr. Trevor Platt**  
Marine Ecology Laboratory  
Bedford Institute of Oceanography  
Darmouth, N.S. CANADA

**Dra. Mia Tegner**  
Scripps Institution of  
Oceanography  
University of California  
La Jolla, California, USA.

**Sra. Irma Vila P.**  
Universidad de Chile  
Santiago, CHILE.

**Sr. Nibaldo Bahamonde N.**  
Universidad de Chile  
Santiago, CHILE.

**Sr. Italo Campodónico G.**  
Universidad de Magallanes  
Punta Arenas, CHILE.

**Dr. Víctor A. Gallardo**  
Universidad de Concepción  
Concepción, CHILE.

**Dr. Roberto Jiménez S.**  
Instituto Nacional de Pesca  
Guayaquil, ECUADOR.

**Dr. Jack Mac Lachlan**  
National Research Council  
Halifax, N.S. CANADA.

**Dr. Pedro Ripa**  
C.I.C.E.S.E.  
Ensenada, MEXICO

**Mr. Patrick Tomlinson**  
Comisión Internacional del  
Atún Tropical  
La Jolla, California, USA.

**Dr. José Antonio Pereiro**  
Instituto Español de  
Oceanografía  
Madrid, ESPAÑA.

**Director Responsable:**  
Sr. Homero Larraín L.  
Director Sede Talcahuano  
Pontificia Universidad Católica de Chile

**Director Subrogante:**  
Dr. Renato Albertini B.  
Decano Facultad de Ciencias Biológicas  
Pontificia Universidad Católica de Chile

© Pontificia Universidad Católica de Chile, 1985. ISSN N° 0067-8767  
Toda solicitud de canje, compra y correspondencia en general debe ser dirigida a:

Editor Jefe  
BIOLOGIA PESQUERA  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Sede Talcahuano  
Casilla 127 - Talcahuano  
CHILE  
DISEÑO PUBLICIDAD UNIVERSITARIA U.C.

# Biología Pesquera

---

**BIOLOGIA PESQUERA** es una revista que en el ámbito regional latinoamericano tiene por objeto publicar los resultados de investigaciones biológicas, 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 Océano Pacífico Sur Oriental y Océano Austral (Antártica). Los idiomas de publicación son español e inglés.

La responsabilidad de la gestión editorial de **BIOLOGIA PESQUERA**, recae en forma conjunta en el Departamento de Biología y Tecnología del Mar de la Sede de Talcahuano y en el Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones de la Sede Santiago.

**BIOLOGIA PESQUERA** is a Journal that in the Latin-American region has the purpose of publishing results either from biological, 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 manuscripts referring to both, the Southeastern Pacific and Antarctic Oceans. Submission of papers can be made in Spanish or English. The managing editorship of **BIOLOGIA PESQUERA** is a joint effort by the Departamento de Biología y Tecnología del Mar (Talcahuano Campus) and the Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones (Santiago Campus).



**EDICIONES UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

# Biología Pesquera

INDICE Nº 17

1988

Nota del Editor. *Note from the Editor.*

**Oliva D. y J.C. Castilla**

*Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Bicentenario de su descripción original. *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *On the bicentenary of its original description* ..... 5-8

**Castilla J.C.**

Una revisión bibliográfica (1980-1988) sobre *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Problemas pesqueros y experiencias en repoblación. *A literature review (1980-1988) on Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *Fishery problems and experience on re-stocking* ..... 9-19

**López D. y C.E. Varela**

Manejo de reproductores y posturas de cápsulas en *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Una revisión de problemas y requerimientos de investigación. *Spawners management and ovoposition in Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *A review of the problem and research requirements* ..... 21-30

**Moreno C.A. y A. Reyes**

Densidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la Reserva Marina de Mehuín: Evidencias de falla en el reclutamiento. *Density of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in the Marine Reserve of Mehuín: *Evidences of recruitment failure* ..... 31-38

**Durán R. y J.C. Castilla**

Determinación de la fecundidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en condiciones de laboratorio. *Determination of the fecundity of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) under laboratory conditions .. 39-45

**Lépez M.I. y C.A. Moreno**

Reclutamiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la costa de Valdivia: Influencia de los adultos y del tipo de hábitat. *Recruitment of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in the coast of Valdivia: *Adults and habitat type influences* ..... 47-56

**Geaghan J. and J.C. Castilla**

Assessment of the present capacity for management of the "loco" *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in Chile. *Evaluación de la actual capacidad de manejo del "loco" Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in Chile ..... 57-72

**Inestrosa N., R. González, M.A. González, A. Perelman, J.P. Sánchez, C. Koenig and E. Brandan**

Investigaciones biotecnológicas en larvas de "loco" *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae). *Biotechnological research on Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) larvae ..... 73-94

## NOTA DEL EDITOR

La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) organizó el 17 y 18 de octubre de 1988 el "Seminario del Recurso Loco", con el fin de evaluar el estado del conocimiento biológico, ecológico y pesquero de este importante recurso marino.

La actividad del seminario se organizó en tres bloques: i) Biotecnología y manejo de larvas, ii) Juveniles, ovipostura y reproductores, y iii) Manejo de repoblación natural y manejo de poblaciones. Las interrogantes surgidas en las discusiones han servido de base para propuestas de investigación que permitan avanzar en forma integral hacia la solución de los problemas que plantea la conservación y manejo de este recurso. Con este fin, y a partir de las conclusiones emanadas de este seminario, CONICYT llamó posteriormente a un concurso de proyectos, "Proyecto Sectorial Recurso Loco/Nº 3503-89-FONDECYT".

El presente número incluye la mayoría de los trabajos presentados en el "Seminario del Recurso Loco" como una manera de reunir la información actualizada sobre el recurso, de la misma manera como se hizo anteriormente con aquéllos presentados en el simposio "*Concholepas concholepas*: conocimiento científico actual y perspectivas" realizado en diciembre de 1977, y publicados en *BIOLOGIA PESQUERA* Nº 12 (1979).

La publicación de este número ha sido financiada con un aporte del Proyecto Sectorial Recurso Loco, coordinado por el Dr. Jorge Garrido N., a quien agradecemos su gestión.

El Editor



**CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS (BRUGUIERE, 1789)  
(GASTROPODA, MURICIDAE):  
BICENTENARIO DE SU DESCRIPCION ORIGINAL**

**CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS (BRUGUIERE, 1789)  
(GASTROPODA, MURICIDAE): ON THE  
BICENTENARY OF ITS ORIGINAL DESCRIPTION**

*Doris Oliva y Juan C. Castilla*

**RESUMEN**

En 1789, en la "Histoire Naturelle des Vers" de la Ecyelopédie Méthodique, el naturalista francés, Jean-Guillaume Bruguière, publica la descripción original del "loco", *Buccinum concholepas*. El presente trabajo entrega una breve biografía de J.G. Bruguière y una sinopsis de su contribución al conocimiento de la zoología de los invertebrados.

*Palabras claves: Loco, Bruguière, taxonomía.*

**ABSTRACT**

In 1789, in the "Encyclopédie Méthodique: Histoire Naturelle des Vers" Jean-Guillaume Bruguière published the original description of the "loco", *Buccinum concholepas*. The present paper includes a short biography of the author and a summary of his main contribution to the knowledge of the invertebrate zoology.

*Key words: Loco, Bruguière, taxonomy.*

**INTRODUCCION**

En el ebullente ambiente intelectual de la Francia de los años 1784-1832, entre la gestación de la Revolución Francesa y los primeros 50 años de la República, el visionario editor C. Panckoucke (Panckoucke, 1791) contrata a un selecto grupo de intelectuales para dar vida a la "Encyclopédie Méthodique ou par ordre de matières; par une société de gens de letters, de savans et a'artistes". La obra versa sobre diferentes áreas del saber y las artes, sobre campos tan diversos como arte, economía, filosofía, finanzas, geografía, historia, historia natural, ingeniería, jurisprudencia, letras, marina, matemáticas, medicina, pesca, y teología.

Entre los naturalistas notables que contribuyeron a la Enciclopedia destacan George Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) (Vertebrados); Jean-Guillaume Bruguière

(1750-1798) (Invertebrados); George Cuvier (1769-1832); Louis Daubenton (1716-1800) (Vertebrados); Gérard-Paul Deshayes (1795-1875) (Invertebrados); Nicolás Desmarest (1725-1815) (Mamíferos); Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829) (Botánica e Invertebrados); Jean Victor Felix Lamouroux (1779-1825) (Invertebrados); Pierre André Latreille (1762-1833) (Insectos), y Guillaume Antoine Olivier (1756-1814) (Insectos).

La contribución de Bruguière a la Enciclopedia (Histoire naturelle des Vers, 1789; 1791; 1792a; 1792b) es de una alta calidad y fue elogiada así por Panckoucke (1791): "L'ouvrage forment un Linné en grand, un Linné perfectionné". No obstante lo anterior, son escasos los biógrafos contemporáneos que consideran a Jean-Guillaume Bruguière en sus textos. A través de esta corta revisión deseamos abrir el presente volumen

de Biología Pesquera dedicado al "loco" y rendir un homenaje a este naturalista francés cuando se cumplen 200 años de la descripción original de *Buccinum concholepas* Bruguière, 1789, conocido actualmente como *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789).

### Jean-Guillaume Bruguière (1750-1798)

Jean-Guillaume Bruguière (1750-1798), naturalista francés oriundo de Montpellier, siguiendo la tradición familiar estudia medicina, pero nunca ejerce su profesión. En 1772 se establece en París y se dedica al estudio de la botánica (Kohn, 1968). A los 23 años (1773) participa como naturalista ("in the role of zoologist"; Dodge, 1947) en la Segunda Expedición del capitán de navío francés Yves Joseph De Kerguelen (1734-1797) a los mares del Sur. El objetivo de dicha expedición era establecer una colonia francesa en las tierras descubiertas por dicho capitán en su primer viaje (1772), ubicadas aproximadamente a los 59°S y 45°E (Charliat, 1968) en el océano Indico. Las tres embarcaciones que conformaban la expedición eran el navío "Ronald", y los barcos auxiliares "Oiseau" y "Dauphine", el último de los cuales se les reunió en la Isla de Francia, para recorrer las costas de Africa del Sur, Madagascar y explorar las tierras entre Madagascar y Nueva Holanda. Este segundo viaje terminó trágicamente, con el encarcelamiento y degradación del explorador Kerguelen, "comprometido en un mezquino proceso basado en miserables quejas de varios de sus oficiales" (Charliat, 1968); sólo con posterioridad a la Revolución Francesa se le permite a Kerguelen regresar a la marina. Según Dodge (1947), la única contribución conocida de Bruguière relacionada con su participación en la expedición de Kerguelen es una descripción de una nueva especie de reptil para Madagascar.

A su regreso a Francia, en septiembre de 1774, Bruguière se establece nuevamente en Montpellier, donde participa en el descubrimiento de un depósito de carbón rico en invertebrados fósiles. Con este acontecimiento nace su interés por la zoología de invertebrados.

A los 31 años (1781), gracias a su prestigio como zoólogo de invertebrados, el editor Panckoucke lo incluye entre los granados autores de la Encyclopédie Méthodique, fijando así Bruguière su residencia definitiva-

mente en París. En esta época elabora una serie de trabajos sobre invertebrados donde describe numerosas nuevas especies de moluscos, los que salen a la luz en el primer volumen de las "Actes de la Société d'Histoire Naturelle de Paris" (1792) y en los dos primeros volúmenes del "Journal d'Histoire Naturelle" (1792) (Dodge, 1947).

En 1792, el ministro del interior de la República Francesa, J.M. Ronald, encomienda oficialmente a Bruguière y al entomólogo Olivier la organización de una expedición a través del Imperio de Ottoman. Así, Bruguière efectúa recolecciones de moluscos terrestres y de agua dulce en Grecia, Siria, Constantinopla (Turquía), Egipto, Irak, e Irán (Lamouroux *et al.*, 1824; Prevost y Amat, 1956). Este material le fue enviado a Lamarck durante el desarrollo de la expedición y fue analizado posteriormente por Fé-russac (Kohn, 1968). En el viaje de regreso, Bruguière, "atteint d'une maladie occasionnée par les fatigues de ce long voyage et el chagrin subit d'avoir perdu un frère" (Lamy, 1930), fallece en el puerto italiano de Ancona el 1 de octubre de 1798 a la edad de 48 años.

En honor a Bruguière y con posterioridad a su deceso, Lamarck le dedica el género *Bruguiera* (Levrault, 1817; D'Orbigny, 1844). *Bruguiera* es un género de plantas típicas de los manglares de la familia Rhizophoraceae.

### La Enciclopédie Méthodique y la descripción original del "loco"

En 1789 la Enciclopédie Méthodique publica la primera parte del primer tomo de la "Histoire Naturelle des vers" (pp. 1-344) escrito por Bruguière. Debido a su ordenación alfabética, esta parte solo incluye los géneros desde *Acarde* hasta *Bulim*. En la página 252, Bruguière entrega la descripción latina original del "loco", en ese entonces denominado *Buccinum concholepas* Bruguière, 1789.

La segunda parte del primer tomo de la "Histoire Naturelle des vers" (pp. 345-758), se publica en 1792, e incluye los géneros *Bulime* a *Cone* (Bruguière, 1792a). Según Sherborn & Woodward (1906), las fechas de publicación para la primera y segunda parte son 1789 y 1792, respectivamente; sin embargo, "the two parts are ordinarily bound together with no title page or other line of demarcation between them, the joint volume bearing the date 1792" (Dodge, 1947), lo que puede llevar a confusión. La descripción ori-

ginal del "loco", entonces, data sin dudas de 1789.

Después de la publicación de la segunda parte del volumen 1 (1792a), Bruguière, junto a su amigo Olivier, organizan la expedición hacia el Asia Menor, donde el primero fallece en 1798. Así, la "Histoire Naturelle des vers" quedó inconclusa, y 28 años más tarde, un año después de la muerte de Lamarck, Deshayes la finaliza, y publica el segundo tomo de "Histoire Naturelle des vers", que comprende una actualización del primer tomo (Bruguière & Lamarck, 1830). En 1832 aparece el tercer y último tomo de la obra. Cabe destacar que Deshayes no conoció personalmente a Bruguière, por lo que no existió un traspaso directo de información entre ellos. El segundo y tercer tomo de la obra no constituyen una continuación del trabajo de Bruguière, sino una revisión nueva y actualizada del tema, realizada por Deshayes con la supervisión de Lamarck.

En 1791 y 1792, Bruguière publica "Tableau encyclopédique et méthodique des Trois Règnes de la Nature, Vers Infusoires" (Bruguière, 1791; 1792b), obra que contiene 189 láminas muy bien logradas por Bernard Direxit, que incluyen vers infusoires (lámina 1-29), vers intestines (lámina 29-61), vers mollusques (lámina 61-95), vers echinodermes (lámina 96-159), y vers testacés (lámina 160-189). Con motivo de la partida del autor al Asia Menor y su posterior muerte, las restantes láminas de "Vers Infusoires" fueron supervisadas por Lamarck y posteriormente por Bory de Saint-Vincent, y publicadas en 1797 (láminas 190-286), 1798 (láminas 287-390) y 1816 (láminas 391-588). Entre estas magníficas láminas no se incluye una del "loco".

La descripción original latina del "loco" es:

***Buccinum concholepas*; NOB**

Bucc. testa ovata, ventricosa, hiante, labro crenato postice bidentato, labio reflexo marginato contiguo, spira retusa; NOB.

La ruta de los viajes de Bruguière no contempló el Pacífico Suroriental, por lo tanto, la descripción del "loco" la realizó a base de 30 conchas que trajo desde el Perú el médico y naturalista Dombey (Bruguière, 1789). Los ejemplares señalados tenían sus respectivos opérculos córneos, lo que permitió a Bruguière demostrar que *Buccinum concholepas* no era un gastrópodo pateloideo. La longitud de la concha ("depuis l'échancrure de la

base jusqu'au haut de'ouverture") entregada por Bruguière es de 3,5 pulgadas (9 cm). La descripción de las partes blandas corresponden a observaciones comunicadas por Dombey al autor.

El género *Concholepas* fue creado por Lamarck en 1801 (en Lambiotte, 1975; Stuardo, 1979), 12 años después de la descripción específica de Bruguière. La diagnosis lamarckiana del género es la siguiente:

"Coq. univalve, ovale, convexe en dessus, à sommet obliquement incliné sur le bord gauche. La cavité intérieure simple. Deux dents et un sinus à la base du bord droit".

El binomio *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) resulta ser, en la actualidad, el nombre válido y prioritario para el "loco".

## AGRADECIMIENTOS

Esta revisión fue apoyada por el proyecto FONDECYT 88/432 y el proyecto IDRC 32-P-85-0069 y se completó durante el período sabático de J.C. Castilla, quien agradece una beca otorgada por IDRC (3-F-88-6060-54). L.R. Durán, S. Navarrete, P. Sánchez y J. Cancino hicieron importantes sugerencias al manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- BRUGUIÈRE, J.G. 1789. Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle des vers. Tome Premier. Part 1. Pancoucke Imprimeur-Libraire, Paris, pp. 1-344.
- BRUGUIÈRE, J.G. 1791. Tableau Encyclopédique et Méthodique des trois règnes de la nature. Contenant l'Helminthologie, on les vers infusoires les vers intestins, les vers mollusques, &c. Pancoucke, Libraire, Paris, pp. i-viii, 1-83: pls. i-xcv.
- BRUGUIÈRE, J. G. 1792a. Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle des vers. Tome Premier. Part 2. Pancoucke Imprimeur-Libraire, Paris, pp. 345-758.
- BRUGUIÈRE, J.G. 1792b. Tableau Encyclopédique et Méthodique des trois règnes de la nature. Contenant l'Helminthologie, on les vers infusoires les vers intestins, les vers mollusques, &c. Pancoucke, Libraire, Paris, pp. 85-132: pls. xcvi-clxxxix.
- BRUGUIÈRE, J.G., J.B. LAMARCK. 1830. Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle des vers. Continué G.P. Deshayes. Tome Second. Mme. veuve Agasse, Imprimeur-Libraire. 594 pp.
- BRUGUIÈRE, J.G., LAMARCK. 1832. Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle des vers. Continué G.P. Deshayes. Tome Troisième. Mme. veuve Agasse, Imprimeur-Libraire. 556 pp.
- CHARLIAT, P.J., 1968. El tiempo de los grandes veleros. En L.H. Parias (Ed.) Historia Universal de las Exploraciones, Espasa-Calpe, Madrid.
- DODGE, H., 1947. The molluscan genera of Bruguière. Journal of Paleontology 21(5): 484-494.

- D'ORBIGNY, C. 1844. Dictionnaire universel d'histoire naturelle. Tome Deuxième. Langlois et Leclercq, Paris.
- KOHN, A.J. 1968. Type specimens and identity of the described species of *Conus*. IV. The species described by Hwass, Bruguière and Olivi in 1792. J. Linn. Soc. (Zool.) 47 (313): 431-503.
- LAMBIOTTE, M. 1975. Le genre *Concholepas* J.B. Lamarck, 1801. Informations de la Société belge de Malacologie 4(2): 37-46.
- LAMOUREUX, BORY DE SAINT-VINCENT, & EUD. DESLONGCHAMPS. 1824. Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle des Zoophytes ou animaux rayonnés, faisant suite à l'histoire naturelle des vers, de Bruguière. Mme. veuve Agasse, Imprimeur-Libraire, Paris, 819 pp.
- LAMY, E., 1930. Les conchyliologistes Bruguière et
- LEVRAULT, F.G. 1817. Dictionnaire des Sciences Naturelles. Suivi d'une biographie des plus célèbres naturalistes. Tome Cinquième, Paris.
- PANCKOUCKE, C. 1791. Lettre de M. Panckoucke a messieurs les souscripteurs de l'encyclopedie, par ordre de matières. En Encyclopédie Méthodique, Histoire. Tome Cinquième. Panckoucke, Imprimeur-Libraire, Paris: 1-27.
- PREVOST, M. & R. D'AMAT. 1956. Dictionnaire de biographie française. Tome Septième. Paris, Libraire Letouzey et Ané.
- SHERBORN, D. & B.B. WOODWARD. 1906. On the dates of publication of the Natural History Portions of the "Encyclopédie Méthodique". Annals and Magazine of Natural History 7(17): 577-582.
- STUARDO, J. 1979. Sobre la clasificación, distribución y variación de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789): un estudio de taxonomía bcta. Biología Pes-

## A LITERATURE REVIEW (1980-1988) ON *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (GASTROPODA, MURICIDAE): FISHERY PROBLEMS AND EXPERIENCES ON RE-STOCKING

## A LITERATURE REVIEW (1980-1988) ON *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (GASTROPODA, MURICIDAE): FISHERY PROBLEMS AND EXPERIENCES ON RE-STOCKING

*Juan C. Castilla*

### RESUMEN

El trabajo presenta una revisión bibliográfica resumida de 45 trabajos relacionados con el molusco *Concholepas concholepas* (loco), que han sido publicados entre 1980-1988. Se incluye una tabla (Tabla 1) en que se citan los 46 trabajos y se dividen en 7 grupos temáticos principales: Pesquería general (7); Dinámica poblacional, modelaje, repoblación y manejo (10); Reproducción, desarrollo larval y juveniles (6); Ecología e impacto por mariscadores de subsistencia (7); Bioquímica y biotecnología (11); Biología general (3); y Registro fósil (1). A partir de esta información y de publicaciones previas relevantes, se presenta una tabla (Tabla 2) que resume la problemática pesquera del recurso loco y sugiere medidas prácticas a ser desarrolladas en corto, mediano y largo plazo. Para el corto plazo se sugieren medidas de manejo de diferentes stocks pesqueros a nivel regional y el abandono de la política de manejo uniforme en forma de un stock a lo largo del país. La información disponible en este momento indica que el cultivo de la especie no es factible de ser realizado en el corto plazo, sino que probablemente a largo plazo. Para lo anterior, se deberán desarrollar técnicas biotecnológicas que permitan controlar el asentamiento y metamorfosis de la larva del loco. Se hace especial énfasis en las potencialidades a mediano plazo de las técnicas de repoblación de locos que se han estado desarrollando en el país, a microescala geográfica, en reservas marinas o de técnicas de manejo ligadas a rotaciones de áreas de pesca. Se presentan resultados (Tabla 3) sobre incrementos poblacionales de locos submareales adultos que se han verificado en un seguimiento de 6 años en la Reserva Marina de la Estación Costera de Investigaciones Marinas, Las Cruces, Chile Central.

*Palabras claves:* loco, *Concholepas concholepas*, *revisión bibliográfica*, *pesquería*, *repoblación*, *rotación de zonas costeras*, *manejo*.

### ABSTRACT

The paper contains a literature review of 45 papers directly related with the mollusc *Concholepas concholepas* published between 1980-1988. A table (Table 1) is included where those papers are cited and divided in 7 main topics: General Fishery (7); Population Dynamics, Modelling, Re-stocking and Management (10); Reproduction, Larval Development and Juveniles (6); Ecology and human impact by coastal gatherers (7); Biochemistry and Biotechnology (11); General Biology (3) and Fossil Record (1). Based on this information and previous relevant publications a table is presented (Table 2) which summarizes the fishery problems facing this resource and suggests management actions to be implemented in the short medium and long term. In the short term it is suggested that regional management actions (regional stocks) should be implemented. The national policy, single stock management, used so far should be abandoned. Due to the lack of scientific information, the mariculture of the loco can not be put into practice in the short term. It could be achieved in the long term providing the necessary technologies are developed. Biotechnological investigations, mainly oriented to solve the problems of settlement and metamorphosis of the loco larvae, are urgently needed. The potentials of the re-stocking techniques, through the management of small coastal areas or the rotation of fishing grounds, are highlighted. Results on re-stockings of subtidal populations of locos (table 3) at the Estación Costera de Investigaciones Marinas, Las Cruces, Central Chile, are presented.

*Key words:* loco, *Concholepas concholepas*, *literature review*, *fishery*, *re-stocking*, *rotation of fishing grounds*, *management*.

*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.*

## INTRODUCCION

En el año 1979 la Revista Biología Pesquera dedicó el número 12 (Biología Pesquera, Chile, 1979 (12): 1-142) a la publicación de 11 trabajos científicos relacionados con el molusco muricido loco, *Concholepas concholepas* Bruguière, 1789. Dichos trabajos, producto de un simposio sobre *C. concholepas* realizado en el Departamento de Oceanología de la Universidad de Chile, Sede Valparaíso, en diciembre de 1977, actualizaron y resumieron el conocimiento existente en el país, en dicha fecha, sobre este importante molusco. Junto con lo anterior, los trabajos destacaron los principales vacíos de conocimientos existentes. Han transcurrido más de 10 años de la mencionada publicación y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) estimó necesario organizar un nuevo seminario sobre el recurso (octubre 1988), tanto para evaluar los avances en las investigaciones como para detectar los déficit y estudiar las formas de subsanarlos.

Entre la realización de ambos eventos científicos, la pesquería de *C. concholepas* ha sufrido altibajos. Así, el tonelaje anual de desembarque de locos ha experimentado notorias fluctuaciones. Las aproximadamente 14.000 toneladas métricas desembarcadas en 1977 se elevaron por sobre 24.000 toneladas en 1980. Posteriormente se sucedieron una serie de medidas de manejo y regulatorias de la pesquería, a través de las cuales los períodos de pesca anuales se han reducido significativamente, con las consiguientes disminuciones de los desembarques. Lo anterior ha generado complejos conflictos socioeconómicos a nivel de pescadores artesanales e industriales y problemas de manejo (Castilla, 1982; Bustamante y Castilla, 1987). A su vez, toda la problemática precedente se encuentra enmarcada en un contexto económico de trascendencia para el país. Efectivamente, mientras en 1977 el valor comercial del loco tenía importancia sólo a nivel nacional a través del consumo interno, en 1987 las exportaciones de locos, principalmente al mercado asiático, significaron 42 millones de dólares americanos para Chile (dicha cifra es producto de un período legal de pesca de sólo 45 días al año, que se tradujo en un desembarque de 21.000 toneladas de locos).

En este trabajo se resume la principal información científica sobre el recurso loco generada en el país en los pasados 10 años,

destacándose prioritariamente los trabajos que han versado específicamente sobre este recurso y sólo en forma tangencial aquéllos cuyo foco de estudio es más amplio, pero que incluyen a este muricido. No obstante, el objetivo central de la contribución es el enfoque sobre el concepto de repoblación a través del método de protección y/o rotación de áreas costeras y los resultados obtenidos con dicho método en la costa de Chile Central, específicamente en relación al recurso loco.

## REVISION BIBLIOGRAFICA: 1980-1989

La Tabla 1 presenta un listado de publicaciones, ordenadas por temáticas principales, sobre *Concholepas concholepas* entre 1980 y 1988. En dicho listado se incluyen sólo los trabajos científicos y técnicos publicados en revistas nacionales o internacionales con Comité Editorial o en forma de Memorias de Título o Tesis de Grado. En la Tabla 1 se incluyen y comentan 5 trabajos contenidos en el presente número de la revista Biología Pesquera, Chile (trabajos de J.C. Castilla y colaboradores; y de N. Inestrosa), pero no los de otros autores, por desconocerse los contenidos en el momento de realizar la presente revisión.

### 1. Pesquería general

En este tema se han publicado 7 trabajos. Los trabajos de Barraza (1980) y Zegers *et al.*, (1986) se refieren a problemas de pesquerías en la Zona Norte de Chile y Perú, respectivamente. Los trabajos de Castilla (1982, 1983) son más globalizadores y enfocan el problema de la pesca artesanal del recurso loco en las distintas regiones de Chile. Castilla (1982) incluye una revisión de la pesquería de moluscos gastrópodos en el mundo y destaca la importancia de la pesquería de *C. concholepas*, la que en 1980 representó el 28,7% del desembarque de molusco gastrópodos. En el mismo trabajo se incluye una figura donde se resume la historia de vida de este molusco. La publicación de Castilla (1983) entrega cuatro recomendaciones o acciones que deberían ser llevadas a cabo en vista del estado en que se encontraba la pesquería en dicha fecha. En resumen, ellas consistían en: (a) estudios a lo largo del país de las agrupaciones reproductivas o maicillos; (b) puesta en práctica de un sistema de licencia de pesca para el loco; (c) estudio de la factibilidad de regiona-

**Tabla 1.**  
**Concholepas concholepas: principales**  
**publicaciones 1980-1988,**  
**ordenadas por temas\***

<b>1. Pesquería general: N=7</b>	
Barraza	1980
Castilla	1982
Castilla	1983
Castilla, Nelson y Jerez	1985
Zegers, Ishiyama y Tarazona	1986
Reyes	1986
Bustamante y Castilla	1987
<b>2. Dinámica poblacional, modelaje, repoblación y manejo: N=10</b>	
Alderstein	1986
Bustos, Robotham, Lara y Pacheco	1986
Castilla y Jerez	1986
Geaghan y Castilla	1986
Geaghan y Castilla	1987
Lépez	1987
Rivas y Castilla	1987
Castilla	en prensa
Castilla	1988
	(presente
	trabajo)
Geaghan y Castilla	1988
<b>3. Reproducción, desarrollo larval y juveniles: N=6</b>	
Gallardo	1980
Huaquín y Bustos-Obregón	1981
Guisado y Castilla	1983
Herrera y Alvial	1983
DiSalvo	1988
Durán y Castilla	1988
<b>4. Ecología e impacto por mariscadores de subsistencia: N=7</b>	
Castilla	1981
Castilla y Durán	1985
Moreno, Lunecke y Lépez	1986
Moreno	1986
Durán, Castilla y Oliva	1987
Castilla y Paine	1987
Castilla	1988
<b>5. Bioquímica y biotecnología: N=11</b>	
León, González y Morán	1981
León, Morán y González	1982
Morán, González y León	1983
Carvajal, Bustamante, Hincrichsen y Torres	1984
González, Carvajal y Morán	1984
Carvajal, González, Morán y Oyarce	1985
Carvajal, González y Morán	1986
Carvajal y Kessi	1988a, 1988b
González <i>et al.</i>	en prensa
Inestrosa <i>et al.</i>	1988
<b>6. Biología general: N=3</b>	
DuBois, Castilla y Cacciolatto	1980
Cañas y Lozada	1987
Oliva y Castilla	1988
<b>7. Récord fósil: N=1</b>	
Kensley	1985

\*Resúmenes e informes no sujetos a comité editorial independiente no han sido incluidos.

lizar la pesquería del loco a lo largo del país, y (d) evaluaciones de stocks y estudio de parámetros poblacionales.

Recientemente, Bustamante y Castilla (1987) han realizado un análisis referente a los desembarques de mariscos en Chile entre 1960 y 1985. En dicho estudio se consigna la serie histórica de desembarque de loco, las medidas de regulación pesqueras aplicadas al recurso durante ese tiempo, y se señalan, para el loco en particular y para varias especies de mariscos en general, las necesidades de estudios.

## 2. Dinámica poblacional, modelaje, repoblación y manejo

Se identificaron 10 trabajos en estos temas. Todos los trabajos están concentrados entre 1986 y 1988 y hacen referencia a la estimación de parámetros poblacionales, como crecimiento (Alderstein, 1986; Bustos *et al.*, 1986; Castilla y Jerez, 1986); modelaje (Geaghan y Castilla, 1986, 1987); estudios de poblaciones intermareales (Lépez, 1987; Rivas y Castilla, 1987) y repoblación (Castilla, en prensa y presente trabajo). Geaghan y Castilla (1988) presentan una evaluación de la actual capacidad de manejo del loco en el país, incluyendo nuevas recomendaciones a ser consideradas en los futuros estudios o en la aplicación de medidas de manejo.

Sin lugar a dudas, los temas de la dinámica poblacional, modelaje, manejo y técnicas de repoblación del loco son centrales para el futuro del recurso en Chile. Solamente en los últimos 3-5 años se ha comenzado a investigar y publicar en dichos tópicos y, como fue sugerido por Castilla (1983) y más recientemente por Geaghan y Castilla (1988), existe un gran vacío de conocimiento respecto de información poblacional básica en este recurso. Entre otros, se deben estudiar más acuciosamente el crecimiento, la mortalidad natural y, principalmente, el reclutamiento del loco (para el caso del abalone ver Shepherd, 1985). Respecto al reclutamiento, existe un desconocimiento serio a lo largo del país, lo que impide el uso de modelos de manejo pesquero. Adicionalmente, la naturaleza exclusivamente artesanal de la pesquería del loco (un recurso que puede catalogarse de bentónico, de escaso desplazamiento; ver revisiones de Castilla, 1982, 1983) hace que los supuestos básicos de los modelos pesqueros desarrollados para especies altamente móviles (peces) no se cumplan (Co-

nan, 1984). Así, el supuesto de que el loco, o sus depredadores los pescadores artesanales, se redistribuyan aleatoriamente sobre las áreas de pesca, es muy probable que no se cumpla. Si ello es así, entonces en el futuro se requerirá información muy precisa sobre las agrupaciones o "bancos" de locos y sus características poblacionales y, adicionalmente, sobre las conductas de pesca de los pescadores artesanales en sus respectivas áreas de captura. Los anteriores son tópicos de estudios novedosos y de avanzada a nivel mundial (Hilborn, 1979, 1985). El loco es un excelente "modelo poblacional" que puede ser utilizado para dichos estudios.

### 3. Reproducción, desarrollo larval y juveniles

Se identificaron 6 trabajos en estas áreas. La temática de la reproducción es central en el manejo de cualquier recurso renovable. Varios trabajos previos al año 1980 (i.e. Gallardo, 1973; Castilla, 1974; Avilés y Lozada, 1975; Ramorino, 1975, 1979; Castilla y Cancino, 1976) han dado cuenta de las principales características de la reproducción de este muricido. Recientemente han abordado la temática de la reproducción Gallardo (1980), Huaquín y Bustos-Obregón (1981) y Herrera y Alvial (1983). No obstante, desde el punto de vista del uso de esta información para aspectos de modelaje y manejo, cabe ser destacado el trabajo de Durán y Castilla (1988). Por primera vez se ha presentado información sobre fecundidad de *C. concholepas* para Chile (Chile Central). A pesar que la información aportada por estos autores está basada en experiencias de laboratorio, es posible que en el futuro las determinaciones de fecundidad diferencial por clases de talla del loco sean de gran utilidad en los procesos de alimentación de modelos pesqueros (por ejemplo, en ejercicios de simulación de dinámicas poblacionales). Este tipo de investigación debe repetirse en otras zonas del país y se deben realizar esfuerzos para comprobar los resultados en el terreno.

El trabajo de DiSalvo (1988) sobre desarrollo larval y metamorfosis del loco, es un aporte muy significativo al conocimiento de la especie. Del mismo modo, Rivas y Castilla (1987), y la tesis de Lépez (1987), entregan información clave sobre aspectos de dinámica poblacional (crecimiento, desplazamiento, emigración y conducta) de poblaciones intermareales juveniles de *Concholepas*. Puesto

que la evidencia con que se cuenta actualmente indica que las zonas rocosas intermareales de Chile (Gallardo, 1979; Castilla, 1983; Guisado y Castilla, 1983; Rivas y Castilla, 1987) sirven como áreas de reclutamiento de locos, los estudios futuros enfocados a dichas áreas y poblaciones juveniles de locos también resultarán claves para los planes de manejo de la especie. Finalmente, no puede desconocerse el problema de la explotación indiscriminada de locos juveniles en áreas intermareales por parte de pescadores de subsistencia y los efectos potenciales que tales extracciones pueden tener desde el punto de vista de los stocks (i.e. Durán *et al.*, 1987).

### 4. Ecología e impactos por mariscadores de subsistencia

Siete trabajos se relacionan directamente con este tema. La observación inicial realizada por Castilla (1981) referente a la alta densidad de locos en roqueríos intermareales sin intervención humana en la localidad de Los Molles (32° 14'S, 71°30'30"W), incentivó el estudio de áreas costeras libres de intervención humana. Las principales investigaciones en el tema se han realizado en el centro de Chile, en la Reserva de la Estación Costera de Investigaciones Marinas de la Universidad Católica, Las Cruces, 33°31'S, 71°38'W) y en el sur de Chile, Reserva del Laboratorio Costero de Mehuín de la Universidad Austral de Chile, 39°24'S, 73°13'W (ver Castilla, 1986). En función de los trabajos de Castilla y Durán (1985) y Moreno *et al.* (1986), es posible afirmar que el rol ecológico de *C. concholepas* en los roqueríos intermareales es de extrema importancia. Castilla y Paine (1987) han destacado el rol de especie clave (carnívoro de alto nivel trófico) que cumple el loco en estos ecosistemas y el papel jugado a su vez por los mariscadores de subsistencia, que extraen indiscriminadamente estos locos desde los roqueríos costeros (ver, además, Durán *et al.*, 1987). Por otra parte, Castilla (1988) ha descrito el módulo comunitario del intermareal rocoso de Chile Central, destacando las interacciones ecológicas fuertes entre mariscadores (hombre), el depredador clave *C. concholepas* y el competidor dominante *Perumytilus purpuratus*. En dicho módulo se destacan los efectos de cascadas tróficas y sus consecuencias tanto a niveles comunitarios como poblacionales, tanto para el intermareal como para el submareal (ver, además, Moreno, 1986). *C. concholepas* representa uno de los

pocos invertebrados marinos claves en ecosistemas de roqueríos intermareales que es ávidamente extraído por el hombre. En base a lo anterior, es posible realizar la predicción que en el módulo comunitario que comparten ambas especies, la presencia o ausencia del hombre, como un extractor del recurso, jugará un papel crítico en el devenir de la comunidad. Como ejemplo similar puede ser citado el caso de la langosta espinuda *Panulirus interruptus* en California (Robles, 1987).

### 5. Bioquímica

Entre los años 1981 y 1988 se han publicado 11 trabajos bioquímicos, preferentemente relacionados con aspectos de enzimología (grupos sulfidrilos de piruvato quinasa y de octopina dehidrogenasa), tanto del pie de *C. concholepas* (León *et al.*, 1981, 1982; Morán *et al.*, 1983; González *et al.*, 1984; Carvajal *et al.*, 1984; Carvajal *et al.*, 1985; Carvajal y Kessi, 1988a, b) como del corazón (Carvajal *et al.*, 1986).

Una nueva línea de investigación en aspectos bioquímicos relacionados con la ontogenia de *C. concholepas* se ha iniciado recientemente. González *et al.*, han estudiado la actividad de la acetilcolinesterasa durante el proceso de desarrollo del loco, utilizándola como un marcador del desarrollo. Inestrosa (1988) presenta una revisión actualizada de los conocimientos en aspectos bioquímicos y neurocelulares con que se cuenta para el loco y las potencialidades futuras y necesidad de desarrollar la bioingeniería en esta especie. Es ineludible que el gran desafío del cultivo artificial de la larva del loco (asentamiento) y de los mecanismos y procesos relacionados con el crecimiento de la especie, requieren de un desarrollo acelerado de técnicas de bioingeniería en el país. Un buen punto de referencia son los avances realizados en los últimos años en relación a la inducción de asentamiento y metamorfosis del abalone, *Haliotis*, en los Estados Unidos (Morse y Hooker, 1979; Morse *et al.*, 1980a, b; Morse y Morse, 1984).

### 6. Biología general

Tres trabajos pueden ser citados como dedicados a aspectos biológicos generales del loco. DuBois *et al.*, (1980) entregaron importante información sobre aspectos tróficos y conductuales de locos submareales. Cañas y Lozada (1987) han informado sobre la presencia de un tremátodo digeneo endoparásito

en las gónadas del loco, el que afectaría su capacidad reproductora. Oliva y Castilla (1989) han presentado una nota resaltando el bicentenario de la descripción original de *C. concholepas* por Bruguière en 1789.

### 7. Registro fósil

Una publicación se ha realizado en la década 1979-1988, relacionada con registros fósiles de *C. concholepas*. Kensey (1985) informó sobre una colección de ejemplares de *C. concholepas* localizada en una mina de diamantes en Namibia (Africa Sur Occidental), distante 21 km al norte de la desembocadura del Orange River. Siete especímenes fueron recolectados (con arena gruesa y cirripedios adheridos a las conchas) desde depósitos Pleistocénicos. De acuerdo a la discusión de Kensey (1985), es muy probable que los fósiles localizados en Sudáfrica representen una población pionera de *C. concholepas* que se estableció en el Pleistoceno, mucho después que el Atlántico Sur se hubiese abierto. No se han localizado fósiles de esta especie más tempranos que el Plioceno (ver, además, Herm, 1969; Beu, 1970; Vokes, 1972).

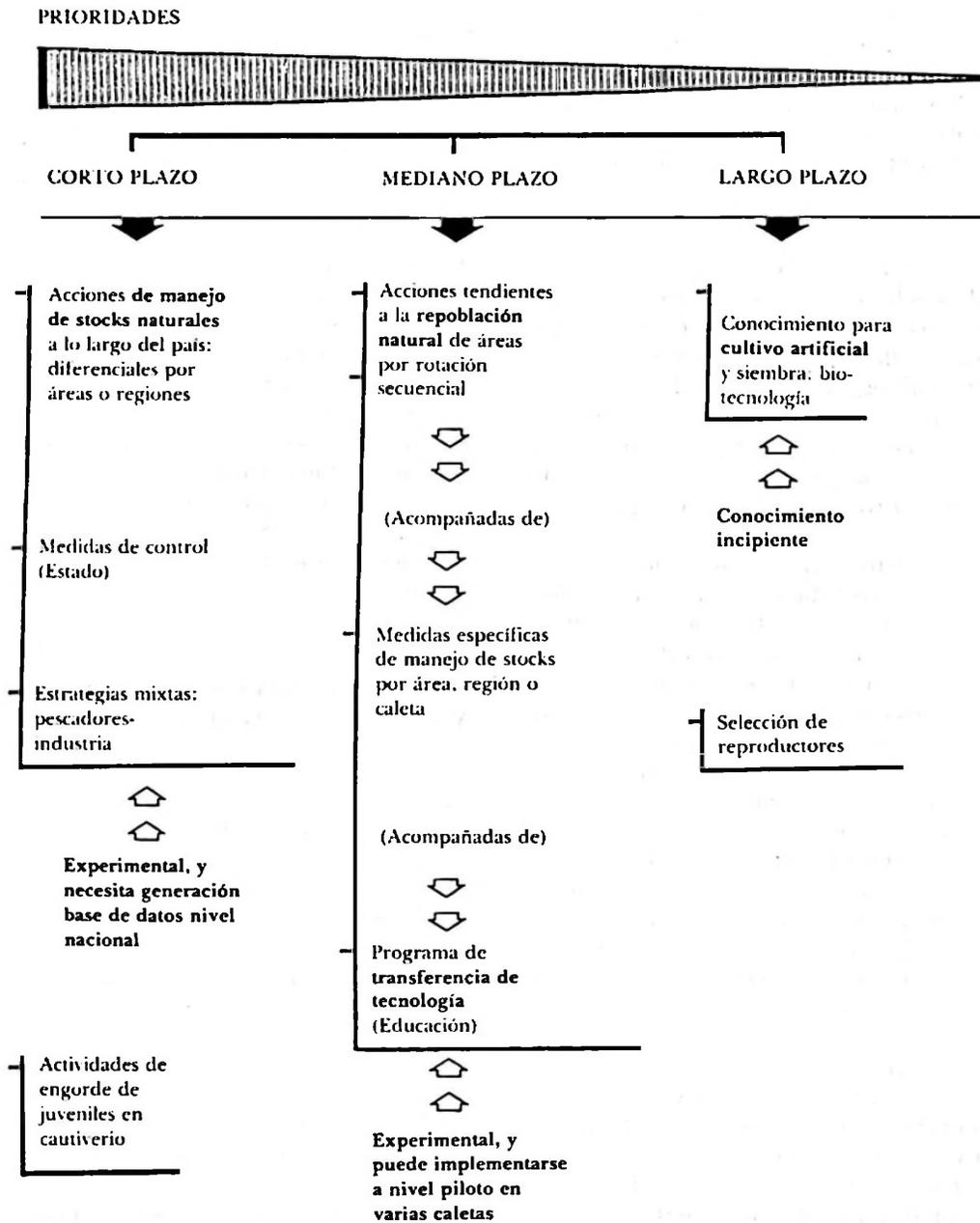
## LA PROBLEMÁTICA PESQUERA Y DE REPOBLACION

La Tabla 2 resume la problemática pesquera y las acciones de manejo que enfrenta el recurso loco en Chile, en el corto, mediano y largo plazo. En esta tabla se ha resumido el conocimiento científico útil para generar acciones concretas que se derivan del análisis de los 45 trabajos destacados en la sección anterior (ver Tabla 1) y de aquéllos publicados con anterioridad a 1980 que son pertinentes al tema. La priorización de acciones y medidas de manejo que se sugieren en la Tabla 2 reflejan la opinión del autor de esta contribución y responden a una evaluación personal sobre la situación del problema pesquero artesanal de este recurso en el país. Ninguna de las acciones sugeridas en la Tabla 2 debe ser entendida como una aplicación en forma aislada o excluyendo a las demás. Varios tipos de investigaciones necesarias para respaldar y perfeccionar las medidas que se sugieren en la Tabla 2 serán discutidas a continuación y no se han integrado a la tabla.

### Corto plazo

Indudablemente, en el más corto plazo, se sugiere aplicar medidas de regulación pes-

**Tabla 2**  
**La problemática pesquera del recurso *Concholepas concholepas***  
**y las medidas a ser implementadas a corto, mediano y largo plazo**



quera (y control) que propendan a un adecuado manejo de los stocks naturales de locos. Las técnicas de repoblación natural de loco comienzan recién a ponerse en práctica a microescala geográfica, y las técnicas de cultivo y la bioingeniería son aún incipientes. Castilla (1983), Castilla y Jerez (1986) y más recientemente Geaghan y Castilla (1988) han presentado sugerencias concretas sobre me-

didias de manejo para esta pesquería. Sin duda que el principal problema de los manejadores del recurso en estos instantes es asegurar la continuidad de la pesquería y ganar la confiabilidad de los usuarios (pescadores, industriales) respecto de las medidas que se practiquen. Lo anterior es posible cuando se cuenta con información poblacional adecuada del recurso. En el caso del loco, se está

lejos de esa meta. Debido a lo anterior, en la Tabla 2 se sugiere (en forma complementaria a lo indicado por Geaghan y Castilla, 1988) el uso a corto plazo de acciones de manejo de stocks de locos por áreas o regiones del país, y el desarrollo de estrategias mixtas entre pescadores artesanales e industriales (ver Wyner *et al.*, 1977, para el caso de la pesquería del abalone en California). Se sugiere que la medida de manejo del stock del loco como una unidad a lo largo del país se debe abandonar a la brevedad. El manejo de stocks (por cuotas de pesca o periodos fijos de pesca) diferenciales a lo largo del país puede ir refinándose a lo largo del tiempo y pueden ser planificados en forma experimental. En dichas acciones es necesario contemplar la obtención de nueva información que permita tal refinamiento. Para decidir respecto de la estrategia de tipo regional a seguir, se podrá recurrir a los antecedentes biológico-pesqueros que existan en tales regiones o a los antecedentes de las series de desembarques históricos. La sugerencia de asignar licencias de pesca (Schmiede y Castilla, 1979; Castilla, 1983) sigue considerándose como un mecanismo potencial de control del esfuerzo pesquero. Esta medida, a pesar de lo difícil de ponerla en práctica, ha rendido frutos en otras pesquerías de moluscos bentónicos en el mundo (i.e. para el abalone, ver Cicin-Sain *et al.*, 1977 y revisión bibliográfica de Mottet, 1978). Un aspecto crítico que debe desarrollarse en el corto plazo es la obtención de una base de datos de la pesquería artesanal a lo largo del país. La sola existencia de información sobre desembarques no ayuda significativamente a la toma de decisiones o a la concreción de medidas de manejo. Concomitante con lo anterior, es necesario establecer una estrategia de investigaciones que enfoquen los problemas críticos que permitan refinar las medidas de manejo. En ella se puede destacar: (a) estudios de genética de poblaciones a lo largo del país, (b) estudios de índices de reclutamiento, (c) evaluación de mortalidades naturales, (d) profundización sobre modelos de crecimiento del loco y parámetros poblacionales, (e) estudios sobre agregaciones reproductivas o maicillos a lo largo del país o en las zonas en que hay desconocimiento de información.

Adicionalmente, en base a la información preliminar con que se cuenta, a corto plazo también podrán iniciarse actividades de engorde de juveniles en situaciones de cautive-

rio. Para lo anterior, serán necesarios estudios sobre capacidades de carga, alimentación y crecimiento; del mismo modo que realizar evaluaciones económicas de rentabilidad a escala piloto.

### Largo plazo

El estado actual del conocimiento sobre el cultivo de larvas de locos y bioingeniería es precario (ver publicaciones en Tabla 1: Desarrollo larval y Biotecnología); por ello, la problemática pesquera actual del recurso no puede ser solucionada hoy a través de cultivos artificiales intensivos ni extensivos. La generación de dicho conocimiento debe realizarse en forma prioritaria al más corto plazo. Entre otros, los principales desafíos bioingenieriles se refieren a: (a) asentamiento y metamorfosis de la larva del loco en condiciones controladas, (b) avances a escala piloto y de envergadura comercial, (c) factores de crecimiento y engorde de juveniles para ser transferidos al medio natural y (d) selección de reproductores.

### Mediano plazo: repoblación natural y acopio

En una publicación reciente, Castilla (en prensa) discutió el concepto de repoblación natural de invertebrados con especial referencia a los casos del erizo comestible, *Loxechinus albus*, y del loco, *Concholepas concholepas*. La Tabla 3 está tomada de la mencionada publicación y muestra el resultado de un ejercicio de repoblación y "manejo costero", a microescala geográfica, de una población submareal de locos. Los antecedentes respecto de la zona de costa, que se ha protegido tanto de la extracción de recursos intermareales por parte de pescadores de subsistencia como de pescadores artesanales, se encuentran en Castilla y Durán (1985) y Castilla (1986). En resumen, una zona costera rocosa de aproximadamente 500 m de longitud, con un área intermareal de 4.152 m<sup>2</sup> y 44.130 m<sup>2</sup> de área sublitoral adyacente (ECIM), ha sido cuidadosamente protegida de la extracción de recursos (mariscos y algas) desde diciembre de 1982 y se han realizado seguimientos periódicos de las biomásas y densidades de una serie de especies comerciales (erizo, loco, cochayuyo). Al mismo tiempo, se ha estudiado la evolución de las estructuras y dinámicas comunitarias del intermareal (Castilla y Durán, 1985; Oliva y Castilla, 1986; Castilla,

**Tabla 3**  
**Evidencias de incrementos poblacionales (repoblación)**  
**de locos submareales en el área costera**  
**de ECIM, Las Cruces, Chile Central**  
 (tomado de Castilla, en prensa)

Año	Sitio	Longitud Costa (m)*	Censos** (N° locos > 6cm)		N° locos por 100 m de costa
1982-1983	Pre-ECIM (E)	400	8.200	1.200	2.050
1987	ECIM (NE)	500	51.500	6.500	10.300
1988	ECIM (NE)	500	60.100	4.800	12.020
1982-1983	Salinas (E)	350	5.200	1.200	1.486
1987	Salinas (E)	470	6.500	900	1.383

\*Zona rocosa. Longitud medida en forma lineal recta, con ancho aproximado de 30 m y profundidad de hasta 10 m.

\*\*Determinaciones realizadas con mar calmado y época de maicillos.

(E) Área explotada por buzos a resuello y mariscadores.

(NE) Área no explotada.

1988). Esta Reserva ha sido seguida en el tiempo y, además, se le ha contrastado con áreas aledañas de similares características, abiertas a la depredación por mariscadores de subsistencia y a la pesca artesanal. La Tabla 3 muestra los resultados logrados en la Reserva de ECIM, en la zona sublitoral somera de hasta 10 m de profundidad, en términos del repoblamiento de locos. La densidad de locos adultos en dicha zona de ECIM, en 1987, era aproximadamente 5-6 veces mayor que la densidad inicial en 1982-1983 (10.000-12.000 locos por cada 100 m lineales de costa, contra 2.000 inicialmente). Las densidades en las zonas aledañas, abiertas a la explotación, se han mantenido en alrededor de 1.400 locos por cada 100 m lineales de costa (1982-1987). Las modificaciones tanto en densidades poblacionales de locos como en sus estructuras de talla para las zonas intermareales dentro y fuera de ECIM, han sido estudiadas por Castilla y Durán (1985). Una situación similar en el intermareal ha sido comunicada para los roqueríos de la Reserva de la Estación Costera de Mehuín (Moreno *et al.*, 1986).

Los manejos de áreas costeras y rotaciones de zonas extractivas, especialmente para recursos bentónicos sésiles o de poca movilidad, representan una forma de manejo original aplicable en especial en zonas costeras de alta energía de oleaje. Estas técnicas de rotación se han utilizado en sistemas agrarios terrestres por varios siglos y ha llegado el momento de aplicarlas en el mar. La repoblación de áreas costeras por manejo rotatorio y las consecuencias en término de liberación

de larvas o esporas (i.e. "seeding grounds", ver Castilla y Bustamante, 1987) para la mantención de los stocks, tienen altas probabilidades de éxito. A pesar que por el momento las experiencias de repoblación de locos desarrolladas en Chile se han realizado a microescala geográfica, Castilla y Schmiede (1979) habían aportado antecedentes, también para el loco, en el sentido que naturalmente ocurrían procesos de repoblación a lo largo de Chile, a macroescala geográfica, debido a que extensos territorios litorales del país se encuentran despoblados o aislados y reciben muy escasas presiones de pesca.

La técnica de acopio de individuos (i.e. locos juveniles) en áreas seleccionadas aledañas a caletas pesqueras con tradición de pesca de mariscos, es otro mecanismo para la recuperación de poblaciones de locos que puede explorarse en el corto o mediano plazo (para el caso del abalone rojo ver Shibui, 1971a, b). En este caso, la colaboración y trabajo en conjunto con los mariscadores presentará el factor clave para el éxito. Previo a la utilización de estas técnicas de rotación o acopio, es necesario realizar investigaciones tales como: (a) capacidades de carga de los lugares seleccionados, (b) índices de asentamiento de larvas, (c) tasas de crecimiento, (d) elaboración de planes de cosecha y rotaciones de zonas.

Finalmente, como fue discutido por Geaghan y Castilla (1988), las medidas que deben ser desarrolladas tanto a corto, mediano, como largo plazo, para que se traduzcan en resultados efectivos duraderos en el manejo del recurso loco, deberán estar acompañadas

por un programa de educación adecuado. Este aspecto es de enorme importancia no sólo para el caso del manejo del recurso loco, sino que para una buena administración de la fauna y flora costera del país (Bustamante y Castilla, 1987).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo prestado por IDRC a través de los Proyectos 3-P-80-0107, 3-P-85-0069 y 3-P-89-0048. La investigación sobre repoblación de locos en Las Cruces fue parcialmente financiada por los Proyectos OEA 52C363 y FONDECYT 86/1100 y 88/0432. El presente trabajo se preparó enteramente durante el período de año sabático del autor en el Department of Zoology, U. of Washington, Seattle, que fue auspiciado por Fulbright Commision (Senior Scholarship), International Development Research Centre, Canadá y la Fundación Andes, Chile. Las facilidades prestadas por el Dept. of Zoology, U. of Washington, y en especial por R.T. Paine, son sinceramente agradecidas.

## LITERATURA CITADA

- ALDERSTEIN, S. 1986. Age and growth of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). M. Sc. Thesis, University of Washington, 179 pp.
- AVILÉS, S. & E. LOZADA. 1975. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) en Punta Saliente, Coquimbo. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 44:207-218.
- BARRAZA, R.C. 1980. Estado actual de la pesquería del loco (Bruguière, 1789), en la comuna de Taltal, II Región-Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Pesca, U. del Norte, Departamento de Pesquerías, Sede Antofagasta, 83 p.
- BEU, A.G. 1970. Taxonomic position of *Lippistes pehuensis* Marwick, with a review of the species of *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) Journal of the Malacological Society of Australia 2 (1): 39-46.
- BUSTAMANTE, R. & J.C. CASTILLA. 1987. The shellfishery in Chile: An analysis of 26 years of landings (1960-1985). Biología Pesquera, Chile, 16: 79-97.
- BUSTOS, E.; H. ROBOTHAM; E. LARA & E. PACHECO. 1986. Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de Von Bertalanffy (Gastropoda-Muricidae). Investigaciones Pesqueras (Chile) 33: 33-45.
- CAÑAS, P. & E. LOZADA. 1987. Nota sobre un trematode digeneo endoparásito del loco *Concholepas concholepas* Bruguière 1789 (Gastropoda: Muricidae) Parasitología al Día 11: 173-176.
- CARVAJAL, N. & E. KESSI. 1988 a. Properties of octopine dehydrogenase from the foot muscle of *Concholepas concholepas* Comparative Biochemistry & Physiology 90B: 77-79.
- CARVAJAL, N. & E. KESSI. 1988 b. Kinetic mechanism of octopine dehydrogenase from the muscle of the sea mollusc, *Concholepas concholepas*. Biochimica et Biophysica Acta 953: 14-19.
- CARVAJAL, N.; M. BUSTAMANTE; P. HINRICHSEN & A. TORRES. 1984. Properties of arginase from the sea mollusc *Concholepas concholepas*. Comparative Biochemistry & Physiology 78B: 591-594.
- CARVAJAL, N.; R. GONZÁLEZ; A. MORÁN & A.M. OYARCE. 1985. Comparative kinetic studies of  $Mn^{2+}$ -activated and fructose-1,6-P-modified  $Mg^{2+}$ -activated pyruvate kinase from *Concholepas concholepas*. Comparative Biochemistry & Physiology 82B: 63-65.
- CARVAJAL, N.; R. GONZÁLEZ & A. MORÁN. 1986. Properties of pyruvate kinase from the heart of *Concholepas concholepas*. Comparative Biochemistry & Physiology 85B: 577-580.
- CASTILLA, J.C. 1974. Notes on mating behavior of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) from Chile. The Veliger 16 (3): 291-292.
- CASTILLA, J.C. 1981. Perspectivas de investigación en estudio y dinámica de comunidades intermareales rocosas de Chile Central. II. Depredadores de alto nivel trófico. Medio Ambiente 5 (1-2): 190-215.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquerías de moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. En: Segundo Seminario Taller "Bases biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: Recursos biológicos marinos". J.C. Castilla (ed.). Monografías Biológicas (2): 199-212.
- CASTILLA, J.C. 1983. El recurso *Concholepas concholepas*, su biología y estado en que se encuentra la pesquería en Chile. En: "Análisis de pesquerías chilenas". P. Arana (ed.). Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, pp. 37-51.
- CASTILLA, J.C. 1986. ¿Siguen existiendo la necesidad de establecer parques y reservas marítimas en Chile? Ambiente y Desarrollo vol. II (2): 53-63.
- CASTILLA, J.C. (en prensa). La problemática de la repoblación de mariscos en Chile: Diagnóstico, estrategias y ejemplos. Investigaciones Pesqueras (IFOP).
- CASTILLA, J.C. 1988. Ecosistemas intermareales y submareales de fondos duros en el Cono Sur de Sudamérica: Una oportunidad única para estudios regionales integrados. Informe UNESCO en Ciencias del mar, 47: 115-123.
- CASTILLA, J.C. & R. BUSTAMANTE. 1989. Human exclusion from rocky intertidal of Las Cruces, Central Chile: Effects on *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvilliales). Marine Ecology Progress Series 50: 203-214.
- CASTILLA, J.C. & J. CANGINO. 1976. Spawning behavior and egg capsules of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). Marine Biology 37: 255-263.
- CASTILLA, J.C. & L.R. DURÁN. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of Central Chile: the effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). Oikos 45: 391-399.
- CASTILLA, J.C.; G. JEREZ & L. NELSON. 1985. Recolección tradicional de "locos", *Concholepas concholepas*, en Chile Central y descripción de un antiguo arte de pesca artesanal. Biología Pesquera, Chile 14: 46-50.
- CASTILLA, J.C. & G. JEREZ. 1986. Artisanal fishery and development of a data base for managing the loco *Concholepas concholepas* resource in Chile. Canadian Special Publication Fishery and Aquatic Science 92: 133-139.
- CASTILLA, J.C. & R.T. PAINE. 1987. Predation and community organization on Eastern Pacific temperate

- zone, rocky intertidal shores. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 131-151.
- CASTILLA, J.C. & P. SCHMIEDE. 1979. Hipótesis de trabajo sobre la existencia de zonas marítimas tampones en relación a recursos marinos bentónicos (mariscos y algas) en la costa de Chile Continental. En "Seminario-Taller sobre Desarrollo e Investigación de los Recursos Marinos de la Octava Región, Chile". V.A. Gallardo (ed.), Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Concepción, 9-13 enero, 1979, pp. 145-167.
- CICIN-SAIN, B.; J.E. MOORE & A.J. WYNER. 1977. Management approaches for Marine Fisheries: The case of California Abalone. Institute of Marine Resources, IMR Reference N° 77-101 U. of California, San Diego, 223 pp.
- CONAN, G.Y. 1984. Do assumptions commonly used for modeling populations of finfish apply to shellfish species? International Council for the Exploration of the sea. Report of Shellfish Committee C.M./K: 49, 20 pp.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger* 30(4): 358-368.
- DUBOIS, R.; J.C. CASTILLA & R. CACCIOLATTO. 1980. Sublittoral observations of behavior in the Chilean "loco" *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *The Veliger* 23(1): 83-92.
- DURÁN, L.R. & J.C. CASTILLA. 1988. Determinación de la fecundidad de *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) en condiciones de laboratorio.
- DURÁN, L.R.; J.C. CASTILLA & D. OLIVA. 1987. Intensity of human predation on rocky shores at Las Cruces in Central Chile. *Environmental Conservation* 14(2): 143-149.
- GALLARDO, C.S. 1973. Desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas* (Bruguière). Publicación Ocasional N° 16, Museo Nacional de Historia Natural, 15 pp.
- GALLARDO, C.S. 1979. El ciclo vital del muricidae *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras fases de vida en el bentos. *Biología Pesquera, Chile* 12: 79-89. Gallardo.
- GALLARDO, C.S. 1980. Adaptaciones reproductivas en gastrópodos muricáceos de Chile: conocimiento actual y perspectivas. *Investigaciones Marinas, Valparaíso* 8(1-2): 115-128.
- GEAGHAN, J.P. & J.C. CASTILLA. 1986. Use of catch and effort data for parameter estimates for the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. *Canadian Special Publication Fishery and Aquatic Sciences* 92: 168-174.
- GEAGHAN, J.P. & J.C. CASTILLA. 1987. Population dynamics of the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. *Investigaciones Pesqueras (Chile)* 34: 21-31.
- GEAGHAN, J.P. & J.C. CASTILLA. 1988. Assesment of the present capacity for management of the loco (*Concholepas concholepas*) in Chile. *Biología Pesquera, Chile*.
- GUISAIDO, Ch. & J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology* 78: 99-103.
- GONZÁLEZ, R.; N. CARVAJAL & A. MORÁN. 1984. Differences between magnesium-activated and manganese-activated pyruvate kinase from the muscle of *Concholepas concholepas*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 78B: 389-392.
- GONZÁLEZ, M.; A. PERELMAN; M.E. FUENTES; J.C. CASTILLA; R. LABARCA; E. BRANDAN; R. GONZÁLEZ-PLAZA; & N.C. INESTROSA. The neurotransmitter-related enzyme acetylcholinesterase in juveniles of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Journal of Experimental Zoology* 255: 1-8.
- HERM, D. 1969. Marines Pliözän und Pleistozän in Nordund Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana, München* 2: 1-159.
- HERRERA, G. & A. ALVIAL. 1983. Talla mínima de madurez gonádica en poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière 1789, Mollusca: Gastropoda: Muricidae) en Iquique, Chile. *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5(2): 289-293.
- HILBORN, R. 1979. A comparison of fisheries control systems that utilize catch and effort data. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 36: 1477-1489.
- HILBORN, R. 1985. Fleet dynamics and individual variation: Why some people catch more than others. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science* 42: 2-13.
- HUAQUÍN, L. & E. BUSTOS-OBREGÓN. 1981. Ultrastructural analysis of spermatid differentiation in *Concholepas concholepas*. *Archives Biologiques (Bruxelles)* 92: 259-274.
- INESTROSA, N. 1988. Investigaciones biotecnológicas en larvas de loco, *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae). *Biología Pesquera, Chile*, 17:
- KENSLEY, B. 1985. The fossil occurrence in Southern Africa of the South American intertidal mollusc *Concholepas concholepas*. *Annals of the South African Museum* 97 (1): 1-7.
- LÉPEZ, I. 1987. Ecología intermareal de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) bajo dos regimenes de intervención antrópica. Tesis de Magister, Universidad Austral de Chile, 136 pp.
- LEÓN, O.; R. GONZÁLEZ & A. MORÁN. 1981. Modificación química de grupos sulfidrilo de piruvatoquinasa de músculo de *Concholepas concholepas*. *Archivos de Biología y Medicina Experimental* 14: 185-188.
- LEÓN, O.; A. MORÁN & R. GONZÁLEZ. 1982. The purification and characterization of pyruvate kinase from muscle of the sea mollusc *Concholepas concholepas*. *Comparative Biochemistry & Physiology* 72B: 65-69.
- MORÁN, A.; R. GONZÁLEZ & O. LEÓN. 1983. Studies on the effect of phenylalanine and pH on pyruvate kinase from the muscle of the sea mollusc *Concholepas concholepas*. *Comparative Biochemistry & Physiology* 75B: 603-605.
- MORENO, C.A. 1986. Un resumen de las consecuencias ecológicas de la exclusión del hombre en la zona intermareal de Mehuín-Chile. *Estudios Oceanológicos* 5: 59-66.
- MORENO, C.A.; K.M. LUNECKE & M.I. LÉPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from man in Southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos* 46: 359-364.
- MORSE, D.E. & N. HOOKER. 1979. Induction of larval abalone settling and metamorphosis by aminoacids and its congeners from crustose red algae. II. Applications to cultivation, seed-production and bioassay; principal causes of mortality and interference. *Proceedings of the World Mariculture Society* 10: 81-89.

- MORSE, D.E.; N. HOOGER & H. DUNCAN. 1980. GABA induces metamorphosis in *Halotis*. V: Stereochemical specificity. GABA Neurotransmission Brain Research Bulletin vol. 5, Supp. 2, pp. 381-387.
- MORSE, A.N.C. & D.E. MORSE. 1984. Recruitment and metamorphosis of *Halotis* larvae induced by molecules unequal available at the surfaces of crustose algae. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 75: 191-215.
- MORSE, D.E.; M. TEGNER; H. DUNCAN; N. HOOKER; G. TREVELYAN & A. CAMERON. 1980. Induction of settling and metamorphosis of planktonic molluscan (*Halotis*) larvae. III: Signaling by metabolites of intact algae is dependent on contact. En "Chemical signaling in vertebrate and aquatic animals" D. Müller-Schwarse & R.M. Silverstein (eds.). Plenum Press, N.Y., pp. 67-86.
- MOTTET, M.G. 1978. A Review of the fishery biology of abalone. State of Washington, Dept. of Fisheries. Technical Report N° 37, 81 p.
- OLIVA, D. & J.C. CASTILLA. 1986. The effects of human exclusion on the population structure of key-hole limpets *Fissurella crassa* and *Fissurella limbata* on the coast of Central Chile. P.S.Z.N.I. Marine Ecology 7: 201-217.
- OLIVA, D. & J.C. CASTILLA. 1988. *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae). Bicentenario de su descripción original.
- RAMORINO, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. Revista de Biología Marina 15(2): 149-177.
- RAMORINO, L. 1979. Conocimiento científico actual sobre reproducción y desarrollo de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). Biología Pesquera, Chile 12: 59-70.
- REYES, E. 1986. ¿Qué pasó con el loco? Crónica de un colapso anunciado. Ambiente y Desarrollo vol. II (2): 142-146.
- RIVAS, D.A. & J.C. CASTILLA. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca - Gastropoda - Muricidae) en Chile Central. Investigaciones Pesqueras (Chile) 34: 3-19.
- ROBLES, C. 1987. Predator foraging characteristics and prey population structure on a sheltered shore. Ecology 68(5): 1502-1514.
- SCHMIEDE, P. & J.C. CASTILLA. 1979. Estudio del recurso *Concholepas concholepas* (loco) en la IV Región de Chile. Convenio SERPLAC-IV Región/P.U. Católica de Chile. Mimeografiado, 214 pp.
- SHEPHERD, S.A. 1985. Power and efficiency of a research diver, with a description of a rapid underwater measuring gauge: Their use in measuring recruitment and density of an abalone population. In: "Diving for Science", C.T. Mitchell (ed.), pp. 263-272.
- SHIBUI, T. 1971 a. Studies on the transplantation of red abalone and its growth and development. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 37(12): 1168-
- SHIBUI, T. 1971 b. Experimental studies on predatory animals of young abalones. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 37(12): 1173-1176.
- VOKES, E.H. 1972. Notes on the fauna of the Chipola Formation VII. On the occurrence of the genus *Concholepas* (Gastropoda: Thaidiidae), with the description of a new species. Tulane Studies in Geology and Paleontology 10: 31-33.
- WYNER, A.J.; J.E. MOORE & B. CICIN-SAIN 1977. Politics and management of the California abalone fishery. Marine Policy (October, 1977): 326-339.
- ZEGERS, J.; V. ISHIYAMA & J. TARAZONA. 1986. Contribución al conocimiento biológico pesquero del "chanque", *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la zona de Pisco, Perú. Revista de Ciencias, Universidad Nacional Mayor San Marcos 74: 87-102.



# MANEJO DE REPRODUCTORES Y POSTURAS DE CAPSULAS EN *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE): UNA REVISION DE PROBLEMAS Y REQUERIMIENTOS DE INVESTIGACION

## SPAWNERS MANAGEMENT AND OVOPOSITION IN *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE): A REVIEW OF THE PROBLEMS AND RESEARCH REQUIREMENTS

Daniel A. López y Carlos E. Varela

### RESUMEN

Se efectúa una revisión de la información existente sobre el manejo de reproductores y aspectos relacionados a la postura de cápsulas del "loco", *Concholepas concholepas* (Bruguière), proveniente de estudios experimentales realizados en el Sur de Chile y de datos publicados previamente. Estos temas son de importancia para maximizar la producción de larvas veliger en eclosión, la que es requerida tanto para el eventual cultivo intensivo de esta especie como para las prácticas de repoblación indirecta de áreas costeras.

Se entrega, asimismo, un listado no extensivo de las principales interrogantes que aún subsisten, detallándose luego de cada una de ellas, las actividades que deberían ser realizadas.

*Palabras claves:* Reproducción, alimentación, crecimiento.

### ABSTRACT

A literature review about the current information in spawners management and related topics of ovoposition in "loco" *Concholepas concholepas* (Bruguière) was carried out. This information was provided by experiment research in the southern Chile and the previous data published in journals.

These subjects are highly important to maximize the production of hatched larval veliger stages which is required as well intensive culture practices as stocking programs in costal areas.

*Key words:* Reproduction, feeding, growth..

### INTRODUCCION

Tanto para el desarrollo de cultivos intensivos como para las prácticas de repoblación "indirecta" (*sensu*: Proposición de Programa Nacional de repoblación y cultivo para el desarrollo del subsector pesquero artesanal, 1988), el manejo de reproductores constituye un aspecto de importancia. En particular para el gastrópodo *Concholepas concholepas* (Bruguière) interesa maximizar la producción de larvas veliger en eclosión. Esta especie posee un desarrollo intracapsular, que

dura entre uno a cuatro meses (Gallardo, 1973; Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976), durante el cual prácticamente no ocurre mortalidad (Gallardo, 1973). Terminada esta fase, eclosiona una larva veliger y se inicia un período relativamente largo en el pélagos, sobre el cual existen escasos antecedentes (Gallardo, 1979). Finalmente, con la fijación larval se produce el ingreso al bentos (Gallardo, 1979; Castilla, 1982; DiSalvo, 1988).

Si bien el éxito del cultivo en esta especie depende del conocimiento de la fase planctó-

nica y de la metamorfosis, las opciones de masificación en la producción de juveniles y el lograr producciones independientes de la época del año, dependerán de las posibilidades de obtención continua de altas cantidades de larvas recién eclosionadas.

De igual modo, las estrategias de repoblación indirecta deberán estar basadas en lograr la máxima eclosión de larvas a través del manejo de reproductores, incrementando de este modo el reclutamiento natural (Varela y López).

Las condiciones en las que los reproductores sean mantenidos en cautiverio, no sólo afectará su sobrevivencia, sino además su capacidad reproductiva. Igualmente, las características del reproductor también determina la disponibilidad de larvas, por cuanto se ha establecido una asociación directa entre el tamaño de la hembra y el número de huevos producidos (Castilla & Cancino, 1976).

El presente trabajo pretende revisar el estado actual de conocimiento existente sobre el manejo de reproductores de *C. concholepas*, así como de los procesos asociados a la postura de cápsulas en esta especie, tanto en condiciones naturales como artificiales. Se plantean asimismo los aspectos sobre los cuales existe déficit de información, detallándose las investigaciones requeridas para la formulación de programas de cultivo intensivo y estrategias de repoblación.

## MATERIALES Y METODOS

Se revisaron las publicaciones existentes sobre la especie, efectuándose un análisis detallado de sus contenidos, tabulándose la información en función de varias áreas temáticas. Se consideraron igualmente datos obtenidos en experimentos efectuados con reproductores de entre 4,0 y 14,0 cm de largo peristomal, en el Centro Experimental de Acuicultura y Ciencias del Mar (CEACIMA) del Instituto Profesional de Osorno, ubicado en bahía Metri (41° 36'S; 72° 42'W). Estos ejemplares, previamente marcados, han sido mantenidos por 19 meses en condiciones de laboratorio (acuarios de 100 l), y en sistemas flotantes (bandejas ubicadas a 5 m de profundidad, suspendidas de balsas). Se utilizó como alimento los bivalvos: *Mytilus chilensis* (Hupe) y *Perumytilus purpuratus* (Lamarck). Se efectuaron periódicamente controles de talla (largo peristomal), postura de huevos (número y longitud) y tasas de ingestión por especie de presa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Evaluación general de los conocimientos existentes

Existe información relativa a condiciones bajo las cuales se han mantenido reproductores en cautiverio y de su comportamiento; de aspectos asociados a su alimentación y a la postura de cápsulas. Sin embargo, hay disparidad tanto cualitativa como cuantitativa, en los conocimientos disponibles para cada tema (Tabla 1).

Por otra parte, adultos de *C. concholepas* han sido mantenidos en cautiverio por periodos largos, evidenciándose alta sobrevivencia y reproducción continua. No obstante, estos experimentos en su mayoría no han estado orientados directamente a evaluar el manejo de reproductores (Tabla 2).

En investigaciones realizadas recientemente en el sur de Chile, se ha demostrado que las condiciones bajo las cuales son mantenidos ejemplares adultos, modifican tanto su crecimiento como su capacidad reproductiva (Varela y López). El número de cápsulas producidas por hembras de entre 60 a 90 mm de largo peristomal, en acuarios con agua circulante, fue mayor que el de hembras ubicadas en sistemas suspendidos, estando sometidos los dos grupos a la misma alimentación; sin embargo, en sistemas suspendidos el crecimiento fue significativamente mayor (Fig. 1). En ambas situaciones hubo alta sobrevivencia. En 14 meses, la mortalidad fue de 3,8% en sistemas suspendidos, pero en el laboratorio fue inferior al 1% mensual, en igual período, para ejemplares de entre 24 y 130 mm, a excepción del primer mes, que fue de 11,5%. La mortalidad fue atribuible a errores de manejo en todos los casos.

Respecto a la alimentación bajo condiciones controladas, los adultos de *C. concholepas* consumen las presas habituales que ingieren en el ambiente (Tabla 3). Las tasas de consumo son modificadas por el tipo de presa (Castilla et al., 1979; Fig. 2), período del día (Castilla & Guisado, 1979) y época del año (Fig. 3); este último hecho, asociado probablemente a condiciones de temperatura. No es influyente, en cambio, la existencia o no de un período de inanición previo al experimento (Castilla et al., 1979) y es dudosa la relación existente entre la tasa de ingestión y la talla de los individuos (Fig. 3). Castilla & Cancino (1976) demostraron selección de tamaño de la presa (*Perumytilus purpuratus*), he-

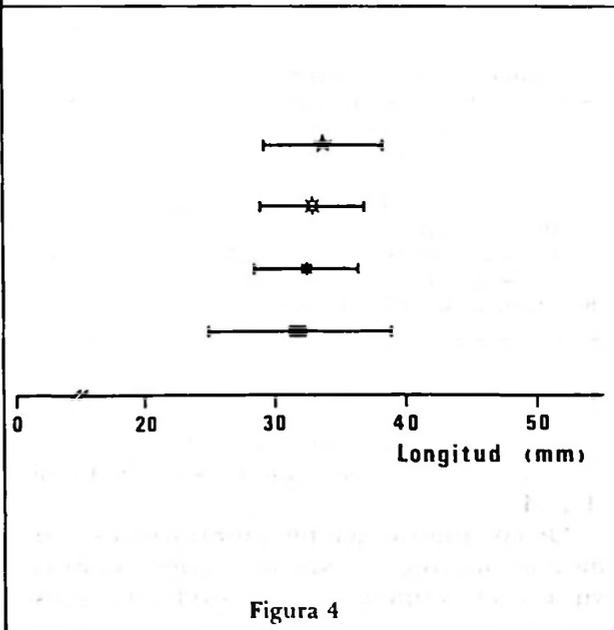
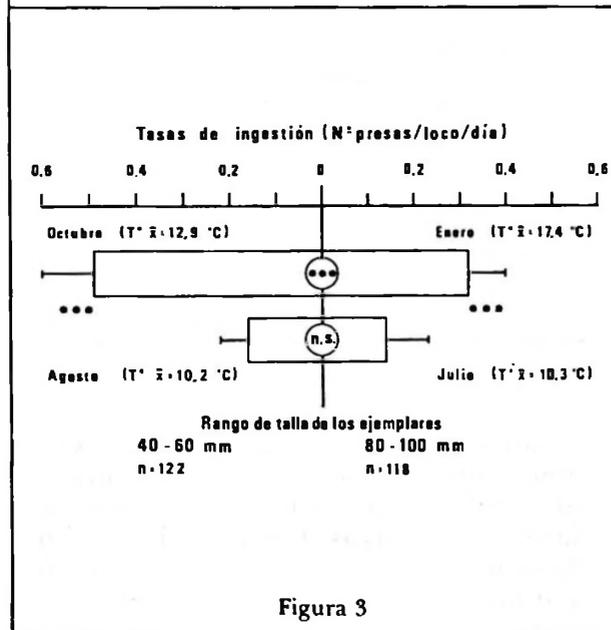
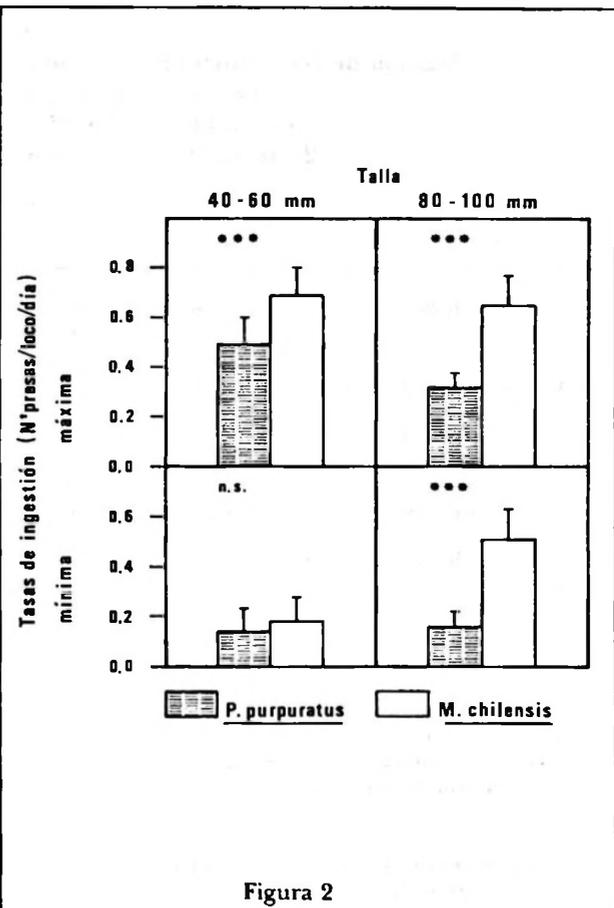
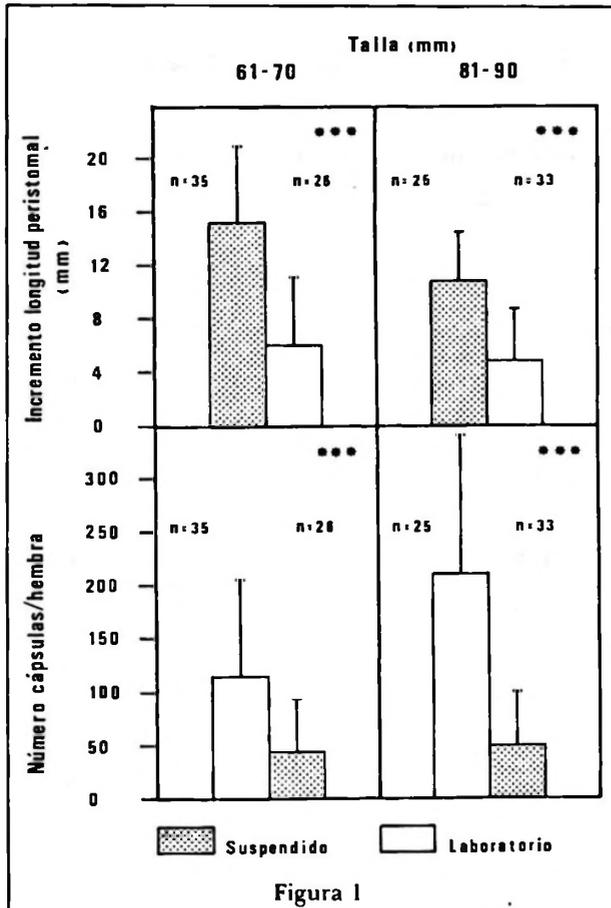


Figura 1 Diferencias en el incremento de la longitud peristomal y en el número promedio de cápsulas por hembra, en un periodo de 12 meses, en ejemplares de entre 61 mm y 70 mm ( $\bar{x} = 6,53$  mm) y de entre 81 mm y 90 mm ( $\bar{x} = 8,41$  mm). A tallas superiores a los 90 mm no hubo diferencias significativas ni en crecimiento ni en la postura de cápsulas (\*\*\*) =  $P < 0,001$ ). Figura 2 Comparación de las tasas máximas y mínimas de ingestión de *P. purpuratus* y *M. chilensis* por locos de entre 40 mm y 60 mm y por locos de entre 80 mm y 100 mm (n.s. = diferencias no significativas; \*\*\* =  $P < 0,001$ ). Figura 3. Comparación de las tasas máximas y mínimas de ingestión de *P. purpuratus* por locos de dos clases de talla; (n.s. = no significativo; \*\*\* =  $P < 0,001$ ). Se indican los meses en que ocurrieron estos valores extremos y la temperatura media mensual del agua. Figura 4. Comparación de tallas promedio de ejemplares de *P. purpuratus* ofrecidos como presas a loco (■) y de tallas promedio de *P. purpuratus* ingeridas por locos de 50 mm de longitud (●), 70 mm de longitud (◐) y de 120 mm de longitud (★). No se registraron diferencias significativas en ninguna comparación.

**Tabla 1**  
**Manejo de reproductores y postura de huevos en *Concholepas concholepas*:**  
**aspectos estudiados y su nivel de conocimiento.**  
**(Se consideraron dos niveles: 1=conocimiento detallado;**  
**2=antecedentes generales / conocimientos parciales).**

Proceso estudiado	Fuentes	Nivel de conocimiento
1. Mantenión de adultos en condiciones artificiales	Castilla, 1974; Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976; Castilla, 1979; López & Varela, 1989; Varela & López, 1989	2
2. Alimentación de adultos en condiciones artificiales.	Castilla & Guisado, 1979; Castilla <i>et al.</i> , 1979.	2
3. Lugares naturales de postura.	Viviani, 1969; Gallardo, 1973; Ramorino, 1975; Lozada <i>et al.</i> , 1976; Castilla, 1979; Moreno <i>et al.</i> , 1986.	1
4. Lugares de postura, en sistemas artificiales.	Ramorino, 1975; Castilla, 1979.	2
5. Periodos de postura en sistemas naturales.	Gallardo, 1973; Ramorino, 1975; Lozada <i>et al.</i> , 1976; Castilla, 1979; Ramorino, 1979; Gallardo, 1979; Castilla, 1982; Castilla, 1983; Guisado & Castilla, 1983.	1
6. Período de postura en el laboratorio u otros sistemas artificiales.	Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976; Varela, C. (datos no publicados).	1
7. Mecanismos conductuales de postura.	Castilla & Cancino, 1976	1
8. Proceso de formación de las cápsulas.	Gallardo, 1973; Castilla & Cancino, 1976.	2
9. Tamaño mínimo de las hembras en postura.	Castilla & Cancino, 1976; Lozada <i>et al.</i> , 1976; Castilla, 1979; Varela, C. (datos no publicados).	2
10. Tiempo empleado en la postura en condiciones artificiales.	Castilla & Cancino, 1976	2
11. Frecuencia de postura.	Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976.	2
12. Tamaño de las cápsulas.	Gallardo, 1973; Castilla & Cancino, 1976; Varela, C. (datos no publicados).	1
13. Número de cápsulas por hembra.	Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976.	2
14. Relación tamaño de la hembra/tamaño de las cápsulas.	Ramorino, 1975; Castilla & Cancino, 1976; Castilla, 1979.	1
15. Relación tamaño de las cápsulas/número de huevos.	Gallardo, 1973; Castilla & Cancino, 1976; Ramorino, 1975.	1
16. Descripción de las etapas del desarrollo intracapsular	Gallardo, 1973.	1
17. Duración de las etapas en el desarrollo intracapsular.	Gallardo, 1973; Ramorino, 1975.	2
18. Mortalidad intracapsular.	Gallardo, 1973.	1

cho que no fue corroborado en nuevos experimentos, realizados en el sur de Chile (Fig. 4).

De las consideraciones anteriores, es posible concluir que *C. concholepas* puede sobrevivir, crecer, alimentarse y reproducirse satisfactoriamente en cautiverio, dentro de un amplio rango de condiciones. Se requieren, sin embargo, estudios más detallados que permitan optimizar el manejo de adultos en condiciones artificiales.

En relación a la producción de cápsulas, deben ser considerados los aspectos de lugares y períodos de las posturas. En la naturale-

za, las posturas ocurren principalmente en la zona submareal (Castilla, 1979; Moreno *et al.*, 1986), pero existen también registros en la zona de mareas (Gallardo, 1973). En el laboratorio, se ha evidenciado preferencia por lugares en donde la circulación de agua es más lenta (Ramorino, 1979; Varela, datos no publicados). La información disponible indica que probablemente la postura ocurre durante todo el año, variando las épocas que el proceso se intensifica (Tabla 4). Respecto a ello, las diferencias latitudinales no son claras, lo cual se debe a los distintos métodos utilizados y a la variación en la extensión de

**Tabla 2**  
**Mantenimiento de reproductores en condiciones artificiales**

Condiciones de mantención de los reproductores	Sistema empleado	Tamaño de los ejemplares (mm) (Longitud peristomal)	Comportamiento en cautiverio	Período	Fuente
Temperatura: 12°C - 14°C Salinidad: 34‰ Alimentación: <i>Perumytilus purpuratus</i>	Acuarios de material plástico de 300 l.	14 - 100	Alta sobrevivencia. Postura de cápsulas todo el año, con máximo en enero/febrero y mayo/junio.	5 años	Castilla, 1979
Temperatura: 9,4°C - 21,3°C Salinidad: 24,4 - 31,2‰ Agua circulante: (30 l/min <sup>-1</sup> ) Alimentación: <i>Perumytilus purpuratus</i> y <i>Mytilus chilensis</i>	Acuarios de fibra de vidrio de 100 l.	15 - 130	Alta sobrevivencia. Postura de cápsulas todo el año, con máximo en noviembre/diciembre.	19 meses	Varela & López, 1989
Temperatura: 7,8°C - 18,8°C Salinidad: 19,8 - 31,5‰ Alimentación: <i>Perumytilus purpuratus</i> y <i>Mytilus chilensis</i>	Sistemas suspendidos (bandejas)	40 - 130	Alta sobrevivencia. Postura de cápsulas de agosto/abril.	12 meses	Varela & López, 1989
Temperatura: 12°C - 14°C Salinidad: 34‰ Circulación continua. Sin datos de alimentación.	Acuarios de asbesto cemento de 400 l.	95 - 100	100% de sobrevivencia. Postura de cápsulas de mayo a septiembre.	4 meses	Ramorino, 1975
Temperatura: 16,5°C - 18°C Circulación continua. Sin alimentación.	Acuarios de vidrio de 8 l.	?	Cópula en condiciones de oscuridad.	?	Castilla, 1974
Temperatura: 13,15°C - 14,5°C Salinidad: 34‰ Circulación continua Alimentación: <i>Perumytilus purpuratus</i> .	Acuarios de material plástico de 300 l.	74,4 - 98,5	Alta sobrevivencia. (La mortalidad ocurrió por contaminación accidental). Postura de cápsulas de abril a septiembre.	24 meses	Castilla & Cancino, 1976

**Tabla 3**  
**Alimentación de *Concholepas concholepas* en condiciones de laboratorio**

Presa ofrecida	Tasa diaria de consumo por loco (N° presa/loco/día)	N° de presas ofrecidas por día	Tamaño de los locos (mm)	Fuente
<i>Perumytilus purpuratus</i> (Mollusca: Bivalvia)	0,42±0,07	6-18	73,4-97,1	Castilla <i>et al.</i> , 1979
<i>Perumytilus purpuratus</i>	Rango de: 0,32±0,08 (octubre) 0,16±0,06 (agosto)	8	80-100	Este trabajo.
<i>Perumytilus purpuratus</i>	Rango de: 0,49±0,11 (enero) 0,14±0,09 (julio)	8	40-60	Este trabajo.
<i>Mytilus chilensis</i> (Mollusca: Bivalvia)	Rango de: 0,65±0,12 (noviembre) 0,51±0,12 (marzo)	8	80-100	Este trabajo.
<i>Mytilus chilensis</i>	Rango de: 0,69±0,12 (diciembre) 0,18±0,10 (julio)	8	40-60	Este trabajo.
<i>Colisella</i> sp. (Mollusca: Gastropoda)	0,59±0,12	9	59,7-96	Castilla <i>et al.</i> , 1979
<i>Jehlius cirratus</i> (Crustacea: Cirripedia)	11,31±0,39	171,4	59,7-96	Castilla <i>et al.</i> , 1979

tiempo de los estudios destinados a evaluar el período de postura (Tabla 4). Los mecanismos conductuales asociados a la postura de cápsulas, han sido descritos detalladamente por Castilla & Cancino (1976). Esta actividad es nocturna y significa una alta inversión de tiempo para las hembras. El registro de Castilla (1979), de una hembra en postura de sólo 40 mm de longitud peristomal, es el más bajo señalado en la literatura. Sin embargo, en controles realizados en reproductores mantenidos en bahía Metri, se han detectado ejemplares en posturas de 36 mm.

Tanto la frecuencia de postura por hembra como el número de cápsulas por hembra, han sido insuficientemente estudiadas. La mayor dificultad reside en que es difícil identificar las cápsulas provenientes de cada individuo (Ramorino, 1979). Las posturas pueden ser interrumpidas por períodos variables de tiempo (días o semanas), después de lo cual la hembra usualmente vuelve al mismo lugar; además, varias hembras pueden efectuar posturas en un mismo sitio, hecho que parece responder a un patrón conductual. En registros controlados en el laboratorio, la frecuencia fue influenciada por la con-

dición fisiológica de cada ejemplar y limitada por la necesidad de períodos largos de observación de muchos ejemplares. Se han registrado en el laboratorio hasta 580 cápsulas en un período de postura de 3,5 meses (Castilla & Cancino, 1976) y de 256 cápsulas en 6 días (Ramorino, 1975), existiendo una amplia variación individual.

Las cápsulas de *C. concholepas* miden entre 9 y 30 mm (Castilla & Cancino, 1976), no existiendo, aparentemente, diferencias en el rango de tamaño entre cápsulas de una postura y las de posturas diferentes (Ramorino, 1975). Sin embargo, la longitud de las cápsulas se incrementa linealmente con el tamaño de las hembras (Castilla & Cancino, 1976; Castilla, 1979). Se ha comprobado, igualmente, una relación lineal positiva entre la longitud de la cápsula y el número de huevos (Castilla & Cancino, 1976). La duración del desarrollo intracapsular es variable y parece no asociarse estrictamente a la temperatura del medio, a pesar que los datos disponibles impiden aseverarlo fehacientemente (Tabla 5). Aparentemente no existe mortalidad desde la postura del huevo hasta la eclosión de la veliger (Gallardo, 1973).

Tabla 4  
Período de postura de cápsulas en *Concholepas concholepas* en diversas áreas geográficas

Área geográfica	Período de postura	Método utilizado para la evaluación	Referencias
<b>Zona Norte</b> Iquique (20°S)	Marzo a mayo y agosto a diciembre con máximo de septiembre a diciembre.	Variaciones en el grosor y peso de gónada y glándula digestiva.	Herrera & Alvial, 1983.
<b>Norte Chico</b> Coquimbo	Alto en verano, máximo entre octubre y diciembre. Abril, agosto, noviembre, diciembre.	Vaciamiento gonadal.	Avilés & Lozada, 1975
<b>La Herradura</b> <b>Caleta Hornos</b> (29°S)	Todo el año; masivo de marzo a agosto. Enero a mayo. Mayo a julio	Observaciones de postura en el ambiente. Variación en el peso de las gónadas y glándulas de la cápsula. Observaciones de posturas en zona litoral de 1 a 8 m de profundidad. Observaciones de posturas de 9 m de profundidad.	Lozada <i>et al.</i> , 1976 Castilla, 1979 Castilla, 1979
<b>Zona Central</b>	Todo el año, con mayor frecuencia entre enero y mayo. Mayo a septiembre.	Observación de cápsulas en la naturaleza.	Ramorino, 1975
<b>Valparaíso</b>	Mayo a septiembre.	Observación de posturas de 5 hembras en laboratorio.	Ramorino, 1975
<b>Los Molles</b>	Abril a septiembre.	Observación de posturas de 6 hembras en el laboratorio.	Castilla & Cancino, 1976 Castilla, 1979
<b>Las Cruces</b> (32°S)	Marzo a julio. Todo el año, más intensivo de enero a julio. Todo el año, con máximo de marzo a julio.	Observación de posturas en zona costera de 1 a 2 m de profundidad. Observación de posturas en el laboratorio.	Castilla, 1979 Castilla, 1979
<b>Zona Centro Sur</b> Talcahuano (36°S)	Enero a marzo y septiembre a noviembre. Abril y agosto. Enero a abril; septiembre.	Integración de información sobre madurez de hembras y observación en la naturaleza.	Ramorino, 1979
<b>Zona Sur</b> Valdivia (39°S)	Enero a marzo y septiembre a noviembre. Abril y agosto. Enero a abril; septiembre.	Observación de posturas en zona intermareal hasta 6 m de profundidad. Postura de adultos en el laboratorio. Variaciones en el peso de la gónada y glándula de la cápsula.	Lozada <i>et al.</i> , 1976 Lozada <i>et al.</i> , 1976 Lozada <i>et al.</i> , 1976
<b>Zona Sur</b> Puerto Montt (41°S)	Noviembre a febrero. Todo el año, con máximo en noviembre y diciembre. Agosto a abril.	Observaciones de cápsulas en la zona intermareal. Observaciones de posturas de adultos mantenidos en acuarios. Observaciones de posturas en adultos mantenidos en bandejas suspendidas de balsas.	Gallardo, 1973 Varela (datos no publicados) Este trabajo. Varela (datos no publicados).

**Tabla 5**  
**Duración de las principales fases del desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas***

Etapa	Duración (Días)	Fuente	Temperatura (°C)
a) Embriogénesis (Huevo a postgastrula)	9	Gallardo, 1973	15,5 - 22
	17	Ramorino, 1975	12 - 14
b) Desarrollo larval (Pretrocofora-veliger, con velo bilobulado bien formado)	12	Gallardo, 1973	15,5 - 22
	15	Ramorino, 1975	12 - 14
c) Desarrollo completo (Huevo a eclosión de veliger)	36	Gallardo, 1973	15,5 - 22
	68-84	Ramorino, 1975	12 - 14
	69-128	Castilla & Cancino, 1976	13,5 - 14,5

### REQUERIMIENTOS DE INFORMACION PARA EL MANEJO DE LA ESPECIE

Se presenta a continuación, un listado no extensivo de las principales interrogantes que aún subsisten, indicándose, para cada una de ellas, las actividades que deberían ser realizadas.

1. ¿Cuáles son los efectos en las capacidades reproductivas provocadas por el tipo de sistema en que son mantenidos los reproductores?

#### Actividades:

- determinación del número de cápsulas producidas por reproductores mantenidos en distintos tipos de sistemas (acuarios, sistemas suspendidos, etc.) con diferentes normas de manejo (limpieza, suministro de agua, iluminación, etc.)
- evaluación de la variabilidad temporal de las mediciones anteriores

2. ¿Cuál es el efecto de la alimentación en la capacidad reproductiva?

#### Actividades:

- medición de la frecuencia de postura, número de cápsulas por postura y fecundidad, en relación al tipo de dieta, periodicidad y cantidad de alimento ofrecido

3. ¿Cómo es afectada la fecundidad por la densidad de ejemplares en sistemas artificiales?

#### Actividades:

- determinación de la frecuencia de postura, número de cápsulas por postura y tamaño de las cápsulas, en adultos mantenidos

dos en sistemas con diferentes números de hembras y de machos

4. ¿Qué factores afectan la periodicidad de las posturas?

#### Actividades:

- determinación del número de cápsulas por unidad de tiempo y por hembra, en ejemplares de distinta talla
- evaluación del proceso anterior en distintas áreas geográficas
- establecer relaciones entre la frecuencia de postura con: tamaño de las posturas previas, tiempo transcurrido entre posturas y tamaño de las cápsulas

5. ¿A qué tamaño mínimo pueden ser utilizadas las hembras como reproductoras?

#### Actividades:

- determinación de talla mínima de postura bajo diferentes condiciones artificiales y naturales
- talla mínima de postura por área geográfica
- relación entre talla de la hembra y viabilidad de las larvas

6. ¿Cuáles son las características óptimas de los sustratos donde se adhieren las cápsulas?

#### Actividades:

- ensayos con diferentes tipos de sustratos en donde se depositan cápsulas para evaluar facilidades de manejo (traslado, limpieza, etc.)
- observaciones sistemáticas, de preferencia de postura de cápsulas en sustratos naturales

7. ¿Cómo disponer, en cualquier época, de cantidades suficientes de individuos maduros?

**Actividades:**

— ensayo de distintas técnicas de acondicionamiento (régimen térmico, alimentación, etc.) en individuos inmaduros, en diferentes épocas del año

8. ¿Qué factores maximizan la disponibilidad de energía útil para reproducción?

**Actividades:**

— determinación del efecto de la temperatura, salinidad y alimentación en: tasa de ingestión, asimilación, respiración, excreción (productos nitrogenados y fecas), para calcular el presupuesto energético.

— verificación de condiciones que hacen positivo el balance energético y maximizan la producción de cápsulas.

9. ¿Cuál es el efecto del manejo genético de los reproductores, tanto en stocks naturales como en los juveniles producidos por cultivos intensivos?

**Actividades:**

— determinación de la variabilidad genética en stocks susceptibles de ser utilizados como reproductores.

— determinación de variabilidad genética en reclutas y adultos en stocks naturales, previo y posteriormente al inicio de actividades de repoblación litoral.

— cálculo de heredabilidad (de talla o peso individual) en descendientes de cruzamientos dirigidos, en cultivos artificiales.

10. ¿Cuáles son los efectos de las condiciones ambientales sobre el desarrollo intracapsular?

**Actividades:**

— medición de la duración del desarrollo intracapsular bajo diferentes regímenes de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

— medición de la duración del desarrollo intracapsular, en cápsulas provenientes de reproductores mantenidos a distintas densidades, regímenes de alimentación y condiciones físicas.

La concreción de las actividades mencionadas permitirá maximizar la producción de larvas en eclosión y su suministro en cualquier período del año, lo cual es importante para: diseñar estrategias de repoblación directa e indirecta por área geográfica y para la realización de eventuales cultivos intensivos de postlarvas y adultos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación del Instituto Profesional de Osorno, quien financió parcialmente este trabajo. Al Dr. Juan Carlos Castilla y Dr. Jorge Garrido, por el estímulo brindado para su ejecución.

Se reconoce igualmente la ayuda de Araceli de Tezanos y Eugenio Pérez, así como los comentarios realizados por diversos colegas, a la exposición de este trabajo en el Seminario "Recurso loco", organizado por CONICYT. En particular, a un corrector anónimo que hizo sugerencias que mejoraron la versión final.

A María Elsa Hernández, por la transcripción del manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1988. Proposición de Programa Nacional de repoblación y cultivo para el desarrollo del subsector pesquero artesanal.
- AVILÉS, S. & E. LOZADA. 1977. Estudios histológicos del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) en Punta Saliente, Coquimbo. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 44: 207-218.
- CASTILLA, J.C. 1974. Notes on Mating behaviour of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). The Veliger, 16(3): 291-292.
- CASTILLA, J.C. 1979. *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae): Postura de cápsulas en el laboratorio y la naturaleza. Biología Pesquera Chile, 12: 91-97.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquería de Moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. Monografías Biológicas, 2: 199-212.
- CASTILLA, J.C. 1983. El recurso *Concholepas concholepas*, su biología y estado en que se encuentra la pesquería en Chile. En: Análisis de pesquerías chilenas. Universidad Católica de Valparaíso. P. Arana (ed.): 37-51.
- CASTILLA, J.C. & J. CANGINO. 1976. Spawning behaviour and egg capsules of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). Marine Biology, 37: 255-263.
- CASTILLA, J.C. & CH. GUIADO. 1979. Conducta de alimentación nocturna de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). Biología Pesquera Chile, 12: 125-130.
- CASTILLA, J.C.; CH. GUIADO & J. CANGINO. 1979. Aspectos ecológicos y conductuales relacionados con la alimentación de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). Biología Pesquera Chile, 12: 99-114.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. The Veliger, 30(4): 358-368.
- GALLARDO, C. 1973. Desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda: Muricidae) M.N.H.N. Publicación Ocasional, 16: 3-16.
- GALLARDO, C. 1979. El ciclo vital del muricidae *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras

- fases de vida en el bentos. *Biología Pesquera Chile*, 12: 79-89.
- GUISADO, CH. & J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology*, 78: 99-103.
- HERRERA, C. & A. ALVIAL. 1983. Talla mínima de madurez gonádica en poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789, Mollusca: Gastropoda: Muricidae) en Iquique, Chile. *Memorias de la Asoc. Latinoamericana de Acuicultura*, 5(2): 289-293.
- LOZADA, E.; M.T. LÓPEZ & R. DESQUEVROUX. 1976. Aspectos ecológicos de poblaciones chilenas de loco, *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca: Gastropoda: Muricidae), *Biología Pesquera Chile*, 8: 5-29.
- MORENO, C.A.; K.M. LUNECKE & M.T. LÓPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *OIKOS*, 46: 359-364.
- RAMORINO, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaiso*, 15(2): 149-177.
- RAMORINO, L. 1979. Conocimiento científico actual sobre reproducción y desarrollo de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biología Pesquera Chile*, 12: 59-70.
- VARELA, C.E. & D.A. LÓPEZ. Manejo de los reproductores de *Concholepas concholepas* (Bruguière) en el diseño de una estrategia de repoblación. *Medio Ambiente*.
- VIVIANI, C. 1969. Los Porcellanidae (Crustacea, Anomura) chilenos. *Beitrag Zur Neotropischen Fauna*, 6(1): 40-56.

# DENSIDAD DE *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (GASTROPODA, MURICIDAE) EN LA RESERVA MARINA DE MEHUIN: EVIDENCIAS DE FALLA EN EL RECLUTAMIENTO<sup>1</sup>

## DENSITY OF *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (GASTROPODA, MURICIDAE) IN THE MARINE RESERVE OF MEHUIN: EVIDENCES OF RECRUITMENT FAILURE

Carlos A. Moreno\* y Alberto Reyes\*\*

### RESUMEN

Se describe un cambio significativo en la densidad poblacional de *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae) ocurrido en 1987 en la zona intermareal del litoral de la Reserva Marina de Mehuín (34° 24'S, 73° 13'W), en base al análisis de datos tomados por el seguimiento biológico desde octubre de 1984. El área citada es la principal zona de reclutamiento, y en ella se estudió la proporción de reclutas (individuos menores a 30 mm de diámetro de caparazón) en cada muestra, observándose que la baja densidad poblacional estuvo asociada con una notable baja en el número de reclutas en 1987. Esta baja densidad no pudo estar asociada con una reducción en la disponibilidad de alimentos dentro de la reserva. La disminución en la proporción de reclutas es asociada con la sobreexplotación local del recurso en la costa de Valdivia.

*Palabras claves:* Loco, reclutamiento, seguimiento biológico, reserva marina.

### ABSTRACT

A significant change in the population density of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) occurred in 1987 at the intertidal rocky shore of the Mehuín Marine Reserve (34° 24'S, 73° 13'W) is described based upon data monitored since 1984. This area is a principal local recruitment environment for the specie. The recruits (smaller than 30 mm in caparace diameter) proportion showed that the low population density was associated with a small recruitment in 1987. The low density could not be related to a food environmental decrease, but with a overexploitation of the resource at the coastal area of Valdivia.

*Key words:* Loco, recruitment, monitoring, marine reserve.

### INTRODUCCION

Los cambios en tiempo y espacio de las poblaciones naturales son fenómenos conocidos por la teoría ecológica. Estos cambios puede obedecer a causas intrínsecas a la población (e.g. razones demográficas) o bien ser inducidos por factores extrínsecos, que van desde la presencia de depredadores hasta catástrofes ambientales (Ricklef, 1978). La

población de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) presente en la Reserva Marina de Mehuín ha experimentado varios cambios en densidad, de los cuales sólo algunos han sido descritos.

En efecto, Moreno *et al.* (1986) describen la respuesta inicial de esta población explotada del intermareal al ser protegida de su principal depredador, el hombre, dando

\*Instituto de Ecología y Evolución, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

\*\*Instituto de Fomento Pesquero.

<sup>1</sup>Trabajo parcialmente financiado por los proyectos OEA 01-85, FNC 62-89 y Convenio IFOP-UACH 1984-1989.

cuenta de un incremento de los tamaños individuales, pero igualmente de una pequeña baja en la densidad. Ambos cambios combinados resultaron en un incremento significativo de la biomasa de *C. concholepas* dentro de la Reserva. A partir de estos antecedentes y del otro caso estudiado en el país por Castilla y Durán (1985), se planteó la idea que la protección de áreas permite incrementar la población de *C. concholepas* (Moreno et al., 1987).

Paralelamente, esta especie ha alcanzado una desproporcionada importancia comercial, debido a su alto valor relativo en los mercados internacionales (Castilla, 1982). Esto ha generado una presión de pesca que ha obligado a que los organismos de control decreten una moratoria total de la actividad extractiva en el presente año 1989.

En la Reserva Marina de Mehuín no ha existido explotación desde 1978. Sin embargo, también se han observado disminuciones en la densidad de *C. concholepas*. Las alternativas posibles de plantear para interpretar estos descensos son: a) es un fenómeno densodependiente asociado con los efectos de una mayor densidad o biomasa de adultos; o bien, b) con el tiempo, ha comenzado una falla en el proceso de reclutamiento, de tal manera que no habría renovación de los individuos que posteriormente migran al submareal.

Respecto de la primera alternativa sabemos que el incremento de biomasa de *C. concholepas* es capaz de afectar significativamente la disponibilidad de alimento en el intermareal, pero también que basta un período de exclusión de 12 a 14 meses para que se recupere el cinturón de *Perumytilus purpuratus*, que es uno de los principales alimentos para el loco (Moreno et al., 1986). De tal manera que, si esta alternativa fuese cierta, debería existir una correlación entre disponibilidad de alimento vs. densidad de *C. concholepas*.

Respecto de la segunda alternativa, sabemos que el reclutamiento no es afectado por la presencia de adultos (López y Moreno, 1988), por lo que anualmente se deberían estar incorporando a la población intermareal nuevos individuos. Si esto no ocurre, entonces la población debería disminuir en la reserva, a pesar de incrementos en la disponibilidad de alimentos para *Concholepas*. En esta investigación de largo plazo, analizaremos el problema de la disminución de la población de *C. concholepas* en la Reserva Ma-

rina de Mehuín. Utilizando los datos acumulados del monitoreo biológico de este lugar, se confrontarán las evidencias a favor de las explicaciones de disminución de alimento o de fallas en el reclutamiento.

## MATERIALES Y METODOS

La información para este análisis proviene del seguimiento temporal de la Reserva Marina de Mehuín (39° 24'S; 73° 13'W), de la cual se tomaron los datos de densidad y tamaños de *C. concholepas*, y la cobertura de algunas de sus principales presas: el mitilido *Perumytilus purpuratus* (Lamarck), el cirripeo *Jehlus cirratus* (Darwin) y el poliqueto *Phragmatopoma virgini* (Kinberg), entre octubre de 1984 y junio de 1987.

La densidad de *C. concholepas* fue estimada usando transectos lineales según Eberhardt (1978) y Burnham et al. (1980), en cuatro transectos permanentes dentro de la Reserva Marina. La cobertura de las especies presas, se midió con un cuadrado de acrílico de 20 × 20 cm, con 100 puntos ordenados regularmente y que se aplicó en 12 lugares fijos dentro de los transectos.

Para cuantificar la proporción de reclutas en el tiempo, en cada archivo de datos se contó el número de individuos menores y mayores de 30 mm de longitud peristomal, siguiendo un criterio arbitrario de llamar "reclutas" a los individuos menores de esa talla (c.f. Keough & Downes, 1982).

Las comparaciones estadísticas de la densidad antes y después de la primera baja de reclutamiento observada en 1987, se realizaron siguiendo el diseño BACI de Stewart-Oaten et al. (1986). Este diseño es necesario para evitar los problemas estadísticos derivados de la pseudorreplicación que se produce al muestrear varios puntos dentro de una sola reserva (Hulbert, 1984). Para aplicar este método de análisis, se tomó como "control" la densidad de *C. concholepas* en un punto cercano fuera de la Reserva, llamado punta Pichicuyín, y como zona de "impacto", la Reserva Marina.

Los datos de extracción comercial de *C. concholepas* de la provincia de Valdivia y de la X Región, provienen de las estadísticas oficiales entregadas por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP).

## RESULTADOS

Las fluctuaciones de la densidad de *C. concholepas* en la Reserva Marina de Mehuín se

muestran en la Fig. 1. Se observa que desde 1984 a 1986 la densidad varió entre 5-6 ind/m<sup>2</sup> y, luego, de 1987 a 1989, la fluctuación anual se presenta alrededor de 2 ind/m<sup>2</sup>. A pesar de que la variabilidad observada puede ser atribuible a posibles errores de los métodos de muestreo, aun así, se observa una caída brusca de la densidad a partir de 1987.

Examinando la proporción de individuos juveniles (*i.e.* iguales o menores a 3 cm de longitud peristomal) en la población total (Fig. 2), se observa que a partir de 1987 esta fracción de reclutas es también bruscamente menor. Por otra parte, en esta figura se observa que la proporción de reclutas en la población es fluctuante y, si se sobrepone esta figura con la anterior (Fig. 1), se aprecia que los incrementos en juveniles son sincrónicos con los aumentos de densidad total de *C. concholepas* en el intermareal. De tal manera, los cambios en la densidad de "locos" dentro de la Reserva pueden ser considerados como un resultado directo del impacto de la falla de reclutamiento que comenzó en 1987. Bajo la perspectiva de impacto ambiental, es posible reanalizar los datos de densidad recurriendo al método BACI de Stewart-Oaten *et al.* (1986), en donde los datos de "antes" son todos aquéllos previos a

diciembre de 1986 y los de "después" todos aquéllos posteriores a enero de 1987, es decir, antes y después de la primera falla en el reclutamiento. La comparación estadística de las diferencias de estos valores de densidad respecto de un muestreo control simultáneo fuera de la Reserva, indica que las diferencias son estadísticamente significativas. En efecto, la hipótesis nula de que las diferencias en densidad de la población de locos, entre la Reserva (zona de impacto) y el control de punta Pichicuyín para antes y después de 1987, son cero, puede ser rechazada, ya que el *t* calculado es 2,619, lo que para 8 y 21 grados de libertad es significativo al nivel de 0,01 (Fig. 3).

La otra posible explicación para el cambio temporal de densidad de *C. concholepas*, es una fuerte disminución de la cantidad de alimentos disponibles. La abundancia de las tres especies que han sido mencionadas en Mehuín, como alimentos para el loco, se muestra en la Fig. 4, no se observan disminuciones durante 1987. Por el contrario, el cirripedio *Jehlius cirratus* aumenta su cobertura, mientras *Perumytilus purpuratus* se mantiene bastante estable durante todo el período de muestreo. El poliqueto tubícola *Phragmatopoma virgini*, que ocasionalmente sirve de

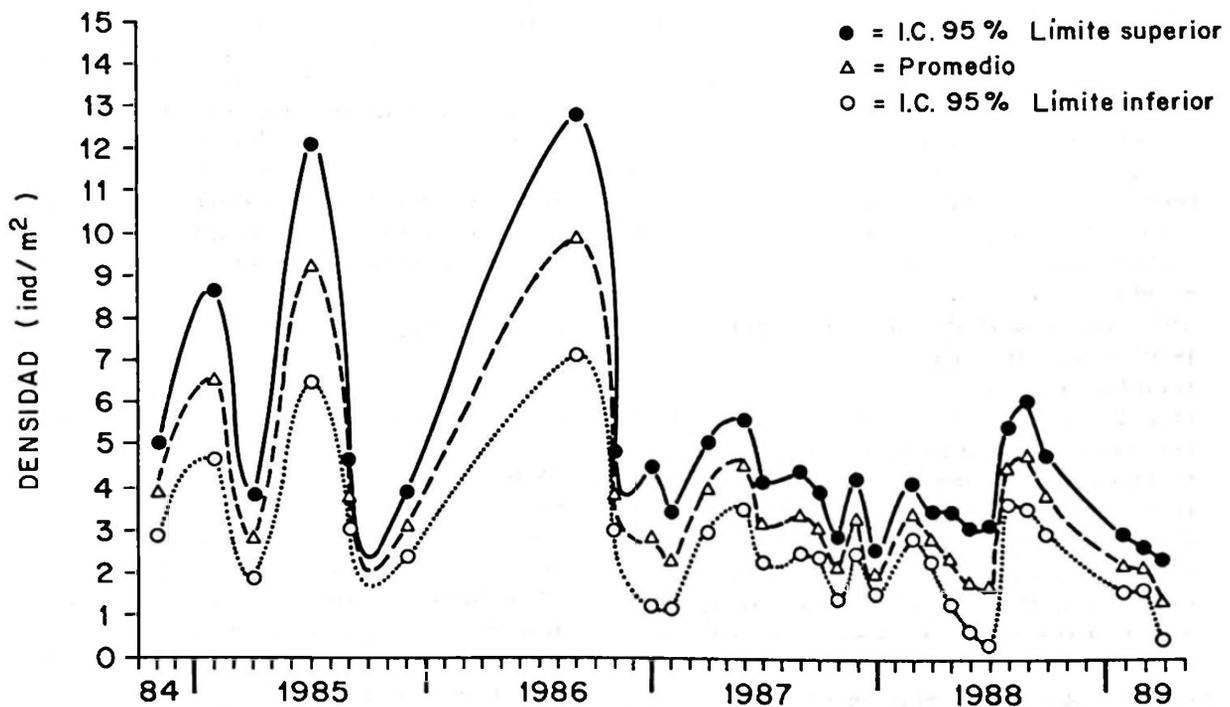


Figura 1. Densidad promedio de *Concholepas concholepas* Bruguière, en la zona intermareal de Reserva Marina de Mehuín, incluyendo los límites superiores e inferiores del intervalo de confianza de 95%.



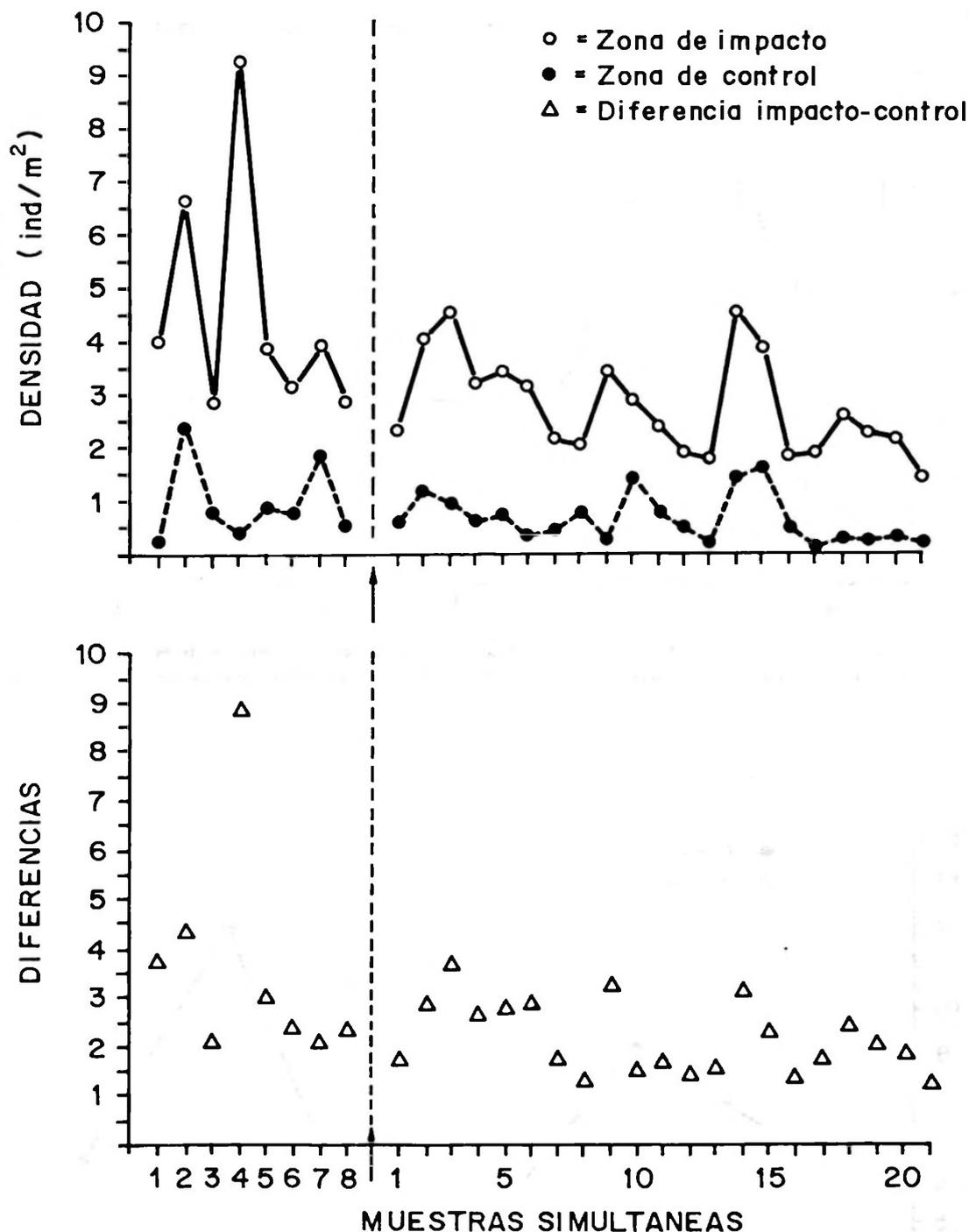


Figura 3. Representación gráfica del método BACI de Stewart-Oaten *et al.* (1986), para la comparación de muestras simultáneas entre la zona de impacto y la de control. Para este caso se ha considerado como perturbación la falla de reclutamiento observada en 1987 y que en el gráfico se indica con una flecha. El análisis estadístico se realiza sobre las diferencias de densidad entre la Reserva Marina (Impacto) y la zona explotada exterior (Control).

debió favorecer el reclutamiento, por la preferencia que muestran los juveniles hacia este tipo de sustrato.

Dado que esta población es una población abierta (*sensu* Roughgarden *et al.*, 1985), es

decir, el origen de los reclutas es remoto, y considerando que el intermareal es la zona de reclutamiento para *C. concholepas* (Guisado y Castilla, 1983; Rivas y Castilla, 1987), la densidad intermareal local de esta especie

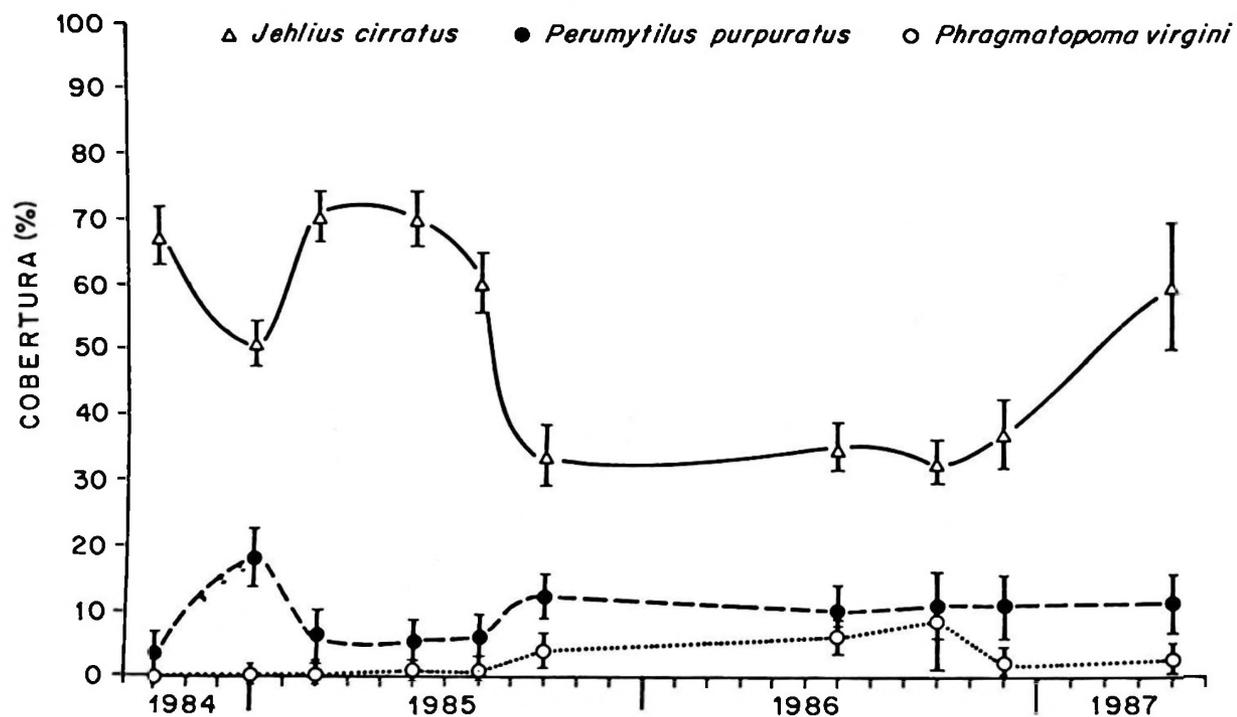


Figura 4. Cobertura en porcentaje de los tres invertebrados que en la Reserva Marina de Mehuín son alimento habitual para *Concholepas concholepas*. Cada punto central indica el promedio más/menos un error estándar.

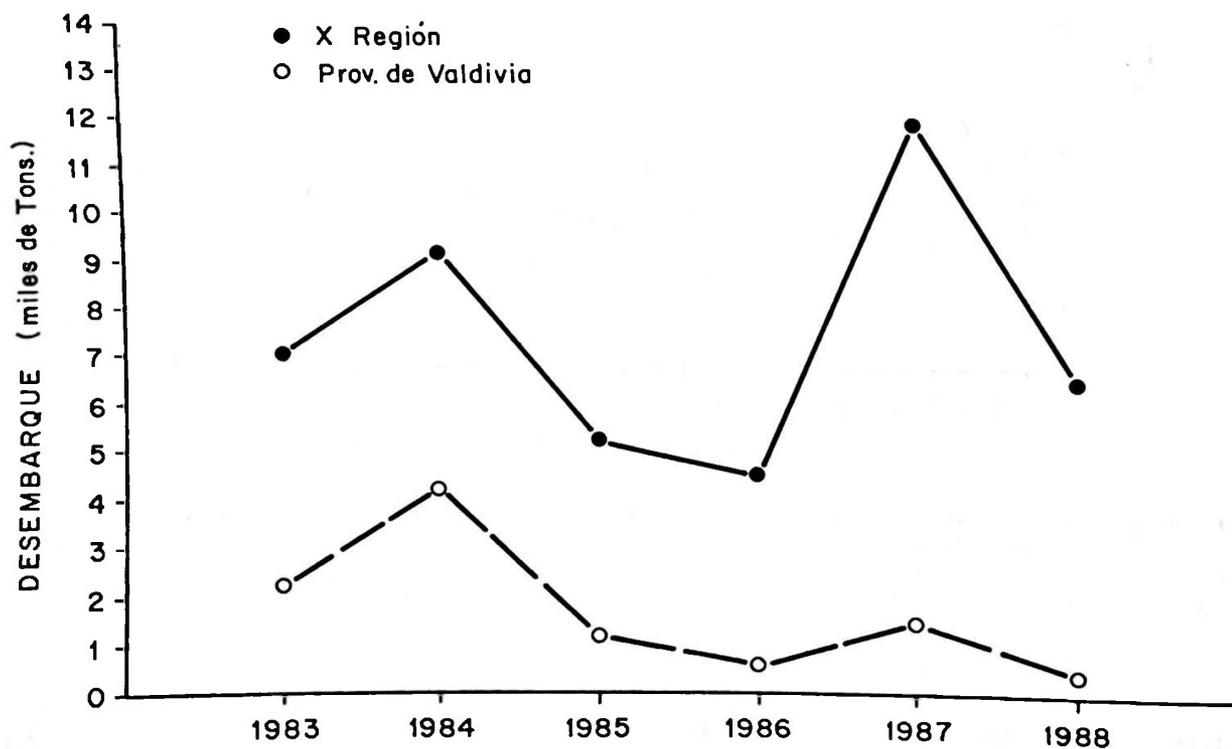


Figura 5. Valores oficiales de desembarque de "locos" (*Concholepas concholepas*) en la provincia de Valdivia y en la X Región de Chile durante el período de estudio.

debería estar fuertemente influenciada por el éxito del proceso de asentamiento y posterior reclutamiento. En efecto, la sincronía entre periodos más intensos de reclutamiento y aumentos de la densidad de locos registrada en nuestros resultados, son una evidencia de que los cambios estacionales descritos en poblaciones intermareales por Castilla y Durán (1985), en la Reserva Marina de las Cruces, y por Lépez (1987) en la Reserva de Mehuín, no sólo son resultados de movimientos de especímenes mayores de 30 mm entre el intermareal y el submareal, sino que además son efecto del reclutamiento anual al intermareal.

Consecuente con lo anterior, si hay una falla de reclutamiento local en un año, la densidad en el intermareal deberá bajar y la cantidad de individuos que a la postre se incorporará a la población submareal será menor. La pregunta que surge es, ¿por qué en los años 1987 y 1989 existió falla en el reclutamiento? Para una eventual respuesta, hay que considerar el hecho de que las larvas se encuentran agrupadas en el plancton (DiSalvo, 1988), lo que se relaciona con la posibilidad de que éstas se asienten agrupadamente en el substrato intermareal y generen un patrón de reclutamiento agrupado, como han verificado Lépez (1987), Rivas y Castilla (1987) y Lépez y Moreno (1988). Lo anterior significa que, en un mismo sitio del espacio pero en diferentes tiempos, el reclutamiento puede ocurrir de manera diferente.

Sin embargo, a pesar que estos cambios temporales en los niveles de reclutamiento se dan en la Reserva Marina (Lépez y Moreno, 1988), nunca la densidad de reclutas, considerando toda la reserva como en el presente estudio, había bajado a cero como ocurrió en los años 1987 y 1989. Consecuentemente, hay que preguntarse, ¿se ha mantenido la población reproductora en el tiempo? tomando en cuenta el nivel regional, hemos notado que la captura sostenida de individuos de más de 10 cm, de acuerdo a las disposiciones legales vigentes, han eliminado las clases de talla iguales o superiores a esta medida en las poblaciones de *C. concholepas* de la provincia de Valdivia. Las capturas en esta zona han bajado desde 4 mil t en 1984, a menos de 1 t en 1988. De tal manera que la cantidad total de animales en reproducción, larvas en el plancton, individuos asentados al bentos y reclutas a la población intermareal, han debido disminuir en forma encadenada, aumentando el grado de aleatoriedad del re-

clutamiento. Esta situación pone en peligro la supervivencia de la población formada actualmente casi exclusivamente por individuos inmaduros. En las palabras de Rivas y Castilla (1987), se está en peligro que la probabilidad de encuentro de un parche de larvas de baja densidad con su hábitat tienda a cero.

Si en otros lugares de la costa de Chile se han infligido daños similares a los de las poblaciones submareales de Valdivia, es urgente verificar los niveles de reclutamiento intermareal a lo largo de Chile, para saber cuál es la posibilidad de recuperar las densidades normales de las poblaciones de esta especie. Además, es necesario comparar la medida de la proporción adultos/juveniles con un índice de reclutamiento medido directamente en el ambiente. Mientras, desde la perspectiva de los resultados de esta investigación, la medida de moratoria total para el año 1989-1990 tomada por la Subsecretaría de Pesca no sólo se justifica, sino que será necesario ejecutar el plan nacional de repoblamiento de este recurso antes de pensar en volver a explotarlo libremente.

## AGRADECIMIENTOS

Han contribuido a formar la base de datos biológicos de la Reserva Marina de Mehuín: Eduardo Villouta, Cecilia Godoy, M. Irene Lépez, Francisco Encina y Gladys Asencio. A todos ellos agradecemos su entusiasmo y colaboración. Carlos Ríos y William Duarte contribuyeron con su crítica a mejorar el texto.

## LITERATURA CITADA

- BUSTOS, E. 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas. III, IV y X Región 1985: Estado de Situación del Recurso. Informe Técnico AP 86/55. Stgo. Chile, IFOP: 309.
- . 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas. III, IV y X Región 1986: Estado de Situación del Recurso. Informe Técnico AP 87/5. Stgo. Chile, IFOP: 163.
- BURNHAM, K.P.; D.R. ANDERSON & J.L. LAKE. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72: 10-202.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquería de moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. *Monografías Biológicas* 2: 199-212.
- CASTILLA, J.C. & L.R. DURÁN. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of Central Chile: The effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). *Oikos* (Copenhagen) 45: 391-399.

- DiSALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger* 30(4): 358-368.
- EBERHARDT, L.L. 1978. Transect methods for population studies. *Journal of Wildlife Management* 42(1): 1-31.
- GALLARDO, C. 1979. El ciclo vital del Murícido *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras fases de vida en el bentos. *Biología Pesquera (Chile)* 12: 79-89.
- GUISADO, CH. & J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology* 78: 99-103.
- HULBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187-211.
- KEOUGH, M.J. & B.J. DOWNES. 1982. Recruitment of marine invertebrates: The role of active larval choices and early mortality. *Oecologia (Berlin)* 54: 348-352.
- LÉPEZ, M.I. 1987. Ecología Intermareal de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) bajo dos regímenes de intervención antrópica. Tesis de Magister en Ciencias, mención Ecología. Fac. Ciencias. Universidad Austral de Chile. 136 pp.
- LÉPEZ, M.I. & C.A. MORENO. 1988. Reclutamiento de *Concholepas concholepas* en la costa de Valdivia: Influencia de los adultos y del tipo de hábitat. *Biología Pesquera (Chile)* 17: 47-56.
- MORENO, C.A.; K.M. LUNECKE & M.I. LÉPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from Man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos (Copenhagen)* 46: 359-364.
- MORENO, C.A.; C. GODOY; E. VILLOUTA & M.I. LÉPEZ. 1987. Explotación de recursos bénticos litorales: Una alternativa derivada de la protección de áreas. En P. Arana (Ed.) "Manejo y Desarrollo Pesquero". Escuela de Ciencias del Mar. Universidad Católica de Valparaíso, pp. 51-58.
- RICKLEFS, R. 1978. *Ecology*. Chiron Press, New York. 2nd. Edition.
- RIVAS, D.A. & J.C. CASTILLA. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca: Gastropoda) en Chile Central. *Investigación Pesquera (Chile)* 34: 3-19.
- ROUGHGARDEN, J.; Y. IWASA & CH. BAXTER. 1985. Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology* 66(1): 54-67.
- STEWART-OATEN, A.; W.W. MURDOCH & K.R. PARKER. 1986. Environmental impact assessment: "Pseudoreplication" in time? *Ecology* 67(4): 929-940.

**DETERMINACION DE LA FECUNDIDAD DE  
CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS (BRUGUIERE, 1789)  
(GASTROPODA, MURICIDAE) EN CONDICIONES  
DE LABORATORIO.**

**DETERMINATION OF THE FECUNDITY OF  
CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS (BRUGUIERE, 1789)  
(GASTROPODA, MURICIDAE) UNDER  
LABORATORY CONDITIONS.**

---

*René Durán y Juan C. Castilla*

**RESUMEN**

En este trabajo se determina la fertilidad, períodos de ovipostura y fecundidad del "loco", *Concholepas concholepas*, en laboratorio, en la zona de Las Cruces, Chile Central. Con este fin, se mantuvieron ejemplares de entre 1,4 a 11,6 cm de longitud máxima de peristoma en acuarios plásticos con agua circulante entre noviembre de 1984 y abril de 1988. La hembra fértil de menor tamaño fue de 4,94 cm. Hembras entre 8 y 10 cm de longitud máxima son 100% fértiles. La fertilidad disminuye hacia los extremos. Las oviposturas se concentran en los meses de marzo-abril y agosto-septiembre, aun cuando es posible encontrar oviposturas a lo largo de todo el año. La fecundidad, definida como el número de larvas producidas por hembra en un año, aumenta hasta la marca de clase 10 cm (7,19 millones de larvas/año), disminuyendo en las hembras de tallas mayores (3,32 millones de larvas/año en las hembras de 11 cm). El decremento de la fecundidad y fertilidad en las hembras mayores de 10 cm, sugiere que la talla mínima de extracción de 10 cm es adecuada. Por otra parte, la concentración de las oviposturas en ciertos períodos del año, permitirían el establecimiento de vedas reproductivas. En el trabajo sugerimos que la existencia de zonas costeras protegidas (tampones) a lo largo de Chile, con altas densidades de locos, actúan como fuentes de larvas ayudando en la mantención de los stocks pesqueros en zonas aledañas de mayor explotación.

*Palabras claves:* Concholepas, loco, fecundidad, fertilidad, ovipostura.

**ABSTRACT**

The periods of oviposition, the fertility, and fecundity of the "loco", *Concholepas concholepas*, in laboratory condition at Las Cruces, Central Chile were assessed. Individuals between 1.4 and 11.6 cm of peristomal length were maintained in plastic tanks with running seawater from November 1984 to April 1988. The smallest fertile female had 4.94 cm. Females between 8 and 10 cm are 100% fertile. Smaller and larger individuals showed a lower percentage of fertility. Ovipostures were observed all the year round, but mainly concentrated in March-April and August-September. The fecundity, defined as the number of larvae produced by a female during a year, increased until the class mark of 10 cm (7.19 millions larvae/year), decreasing in the higher female classes (3.32 millions larvae/year in the 11 cm class females). The fecundity and fertility decrease observed on females larger than 10 cm, suggest that the minimal legal capture length (10 cm) is adequate. Furthermore, the concentration of the ovipostures in particular seasons of the year allows the establishment of reproductive close seasons. We suggest that the existence in Chile of protected coastal areas (buffer areas) with high densities of "locos", act as seeding grounds, helping to keep the level of "loco's stocks" in adjacent more exploited areas.

*Key words:* Concholepas, loco, fecundity, fertility, ovipostures.

## INTRODUCCION

El "loco", *Concholepas concholepas*, es un gastrópodo murícido de gran importancia económica en Chile (Castilla y Becerra, 1976; Castilla, 1983; Bustamante y Castilla, 1987). El loco habita ambientes rocosos distribuyéndose desde el intermareal superior hasta una profundidad de 30-40 m (DuBois *et al.*, 1980). Según la información publicada, el reclutamiento se produce en la zona intermareal (Gallardo, 1979; Guisado y Castilla, 1983; Rivas y Castilla, 1987). En sitios costeros con un alto grado de intervención humana las tallas mayores de locos se encuentran principalmente en el submareal (Castilla *et al.*, 1979). Por otra parte, en sitios costeros con bajo grado de intervención humana, como la Reserva Marina de la Estación Costera de Investigaciones Marinas (ECIM), Las Cruces (Pontificia Universidad Católica de Chile), es frecuente encontrar altas densidades de locos de diversas tallas (hasta 10-11 cm de longitud máxima de peristoma) en zonas rocosas intermareales o submareales someras (Castilla y Durán, 1985; Durán *et al.*, 1987). Una situación similar ha sido informada para la Reserva Marina de la Universidad Austral de Chile en Mehuín (Moreno *et al.*, 1986).

El loco es una especie dioica con fecundación interna. Las tallas mínimas de madurez gonádica se han observado en individuos entre 4-6 cm (Lozada *et al.*, 1976; Castilla *et al.*, 1979; Herrera y Alvial, 1983). La hembra puede conservar los espermios provenientes de una cópula durante un tiempo de hasta 4-5 meses (Ramorino, 1979). Los huevos fecundados son depositados en cápsulas, las cuales contienen un número de huevos directamente proporcional a su longitud. A su vez, la longitud de las cápsulas es directamente proporcional a la longitud máxima del peristoma de las hembras (Castilla y Cancino, 1976). Los huevos eclosionan al cabo de 60-84 días (Ramorino, 1975), dando origen a larvas planctónicas (Castilla y Cancino, 1976; Gallardo, 1973; Ramorino, 1975). Según un trabajo reciente (DiSalvo, 1988), en el laboratorio las cápsulas de *C. concholepas* eclosionan al cabo de 30-60 días, liberando larvas veliger que tardan cerca de tres meses en alcanzar las metamorfosis. De acuerdo a Castilla (1982), el reclutamiento en la zona central de Chile ocurre en los roqueríos de la zona intermareal superior, principalmente durante los meses de primavera e inicio del verano.

Con el objeto de conocer la fertilidad, períodos de ovipostura y fecundidad de *C. concholepas*, realizamos observaciones de laboratorio en un grupo inicial de 142 locos de diferentes tamaños por un lapso de 42 meses entre diciembre de 1984 y abril de 1988. La información, útil por sí misma, puede además constituirse en una pieza clave para complementar el conocimiento sobre dinámica poblacional y manejo pesquero del recurso "loco", que se encuentra en una situación de sobreexplotación en Chile (Castilla y Jerez, 1986; Geaghan y Castilla 1986, 1987).

## MATERIALES Y METODOS

En noviembre de 1984 se instalaron en ECIM diez acuarios de PVC, con una capacidad de 40 l cada uno, en dos niveles. Los acuarios del nivel superior recibían agua directamente desde el sistema de agua de mar circulante de ECIM con flujo continuo. Los acuarios inferiores recibían el agua por rebalse de los superiores a través de una tubería de PVC. El agua caía hacia los acuarios inferiores desde una altura de 50 cm, lo cual ayudaba a la oxigenación. Se mantuvo un flujo de aproximadamente 2 l/min, el cual fue interrumpido sólo ocasionalmente por fallas en el suministro de la energía eléctrica o por limpieza y mantención de los acuarios (cada 7-15 días). Debido a la tasa de recambio del agua, la temperatura en los acuarios era similar a la temperatura del agua de mar en el ambiente, con un rango que fluctuó entre 11-16 °C. Los "locos" instalados en los acuarios estuvieron sujetos a una aclimatación inicial de 1 mes, luego de lo cual se iniciaron controles periódicos. En estos acuarios se colocaron ejemplares de *C. concholepas* en una proporción de sexos 1:1. La determinación del sexo se hizo según Castilla (1974). Los individuos fueron medidos, pesados y asignados a diferentes acuarios de acuerdo a su talla (longitud máxima de peristoma). Los rangos de tallas utilizados fueron 1,4-4,0 cm (n = 40); 4,1 - 6,0 cm (n = 30); 6,1 - 8,0 cm (n = 28); 8,1 - 10,0 cm (n = 24) y 10,1 - 12,0 cm (n = 20). Los individuos fueron identificados con una marca de cobre fijada a la concha mediante masilla epóxica.

Como alimento se proporcionó *ad libitum* el mitilido *Perumytilus purpuratus*, el cual se recolectó de mantos intermareales naturales en áreas costeras aledañas a ECIM. Este mitilido es el principal alimento de locos intermareales (Castilla y Durán, 1985). El alimento se

recambió en cada estanque con una periodicidad de 7-15 días.

Para cada hembra en forma particular se procedió a controlar la fecha de inicio de oviposturas de cápsulas en las paredes de los acuarios, del mismo modo que el número de eventos de ovipostura. Se definió como un evento de ovipostura al conjunto de cápsulas depositadas por una hembra sin una interrupción mayor de 5 días, en un mismo lugar del acuario y con una matriz cementante al sustrato común (normalmente cada uno de estos eventos puede identificarse, por la orientación común que presentan las cápsulas depositadas). Además, en cada evento se controló el número total y longitud de cápsulas depositadas. Se realizó un seguimiento individual de cada hembra con el objeto de tener una relación entre el tamaño de la hembra y número y tamaño de cápsulas depositadas y determinar la fecundidad. Esta fue definida como el número de larvas producidas por una hembra en el período de un año.

## RESULTADOS

### a) Fertilidad

La Figura 1 muestra la estructura de tallas de hembras de *C. concholepas* en los acuarios y la fracción de cada una de ellas que efectuaron oviposturas a lo largo de todo el período

de observación. Las hembras en edad fértil se encuentran entre la marca de clase de 5,0 (4,5 – 5,4 cm) y 11,0 (10,5 – 11,4 cm) cm de longitud de peristoma. La hembra fértil de menor tamaño controlado tenía una longitud de 4,94 cm. Sólo las hembras entre 8,0 y 10,0 cm de longitud máxima son fértiles en un 100%. El porcentaje de hembras fértiles (85%) en la marca de clase de 11,0 cm es menor que el de las clases inmediatamente precedentes. Durante el período de estudio sólo una hembra creció lo suficiente para pasar al grupo de marca de clase de 12 cm, este ejemplar no se incluye en la Figura 1. Esta hembra realizó una postura al final del período de estudio, cuando su longitud máxima del peristoma era de 11,6 cm.

### b) Períodos de ovipostura

En la Figura 2 se muestra la estructura de tallas de las hembras mayores de 5,0 cm y sus oviposturas a lo largo del período de estudio. En los primeros cuatro meses (noviembre 1984-febrero 1985) de mantención de *C. concholepas* en los acuarios no se detectaron oviposturas, éstas fueron observadas sólo a partir de marzo de 1985. En general, las oviposturas en el laboratorio se presentan a lo largo de prácticamente todo el año, concentrándose principalmente en los meses de marzo-abril y agosto-septiembre. El número de

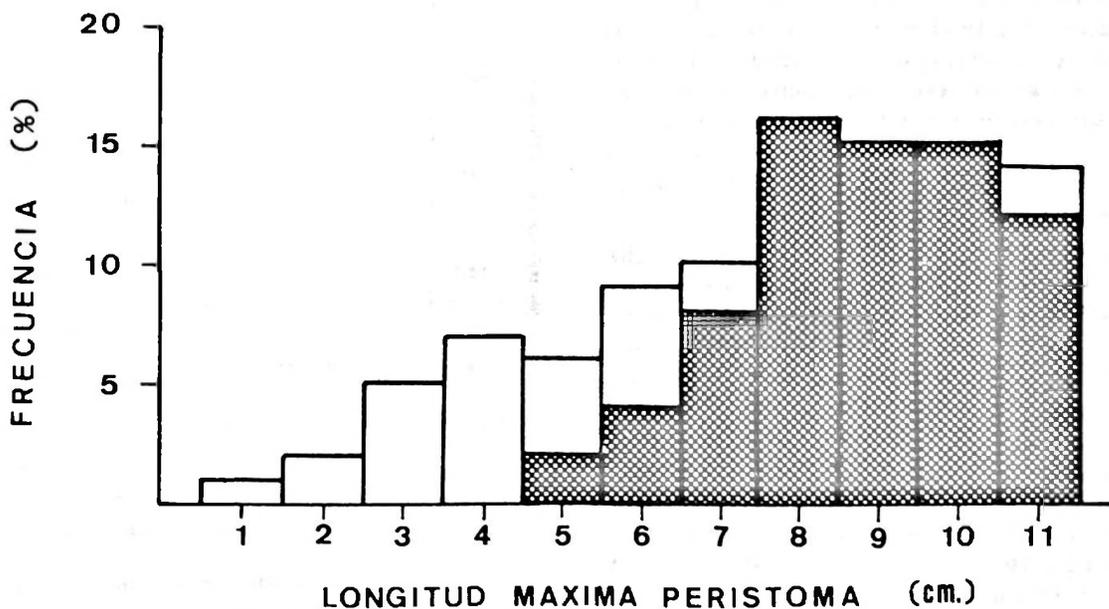


Figura 1: Estructura de talla (frecuencia relativa %) de hembras de *Concholepas concholepas* en acuarios y proporción de hembras fértiles (▨) e infértiles (□) por grupo de talla (n=61).

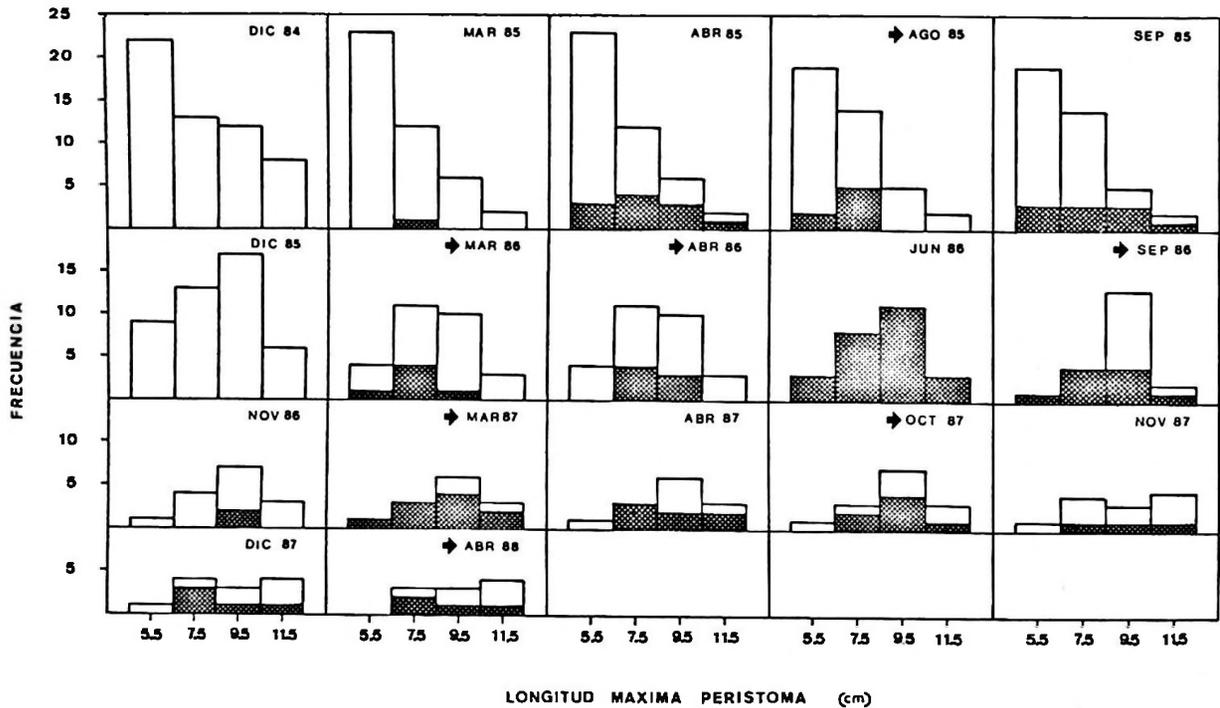


Figura 2: Estructura de talla de hembras de *Concholepas concholepas* mayores de 5,0 cm en acuarios entre diciembre de 1984 y abril de 1988. Proporción de hembras con (■) y sin (□) oviposturas. Las flechas indican presencia de oviposturas en el ambiente.

eventos de ovipostura por hembra por año varió entre 4 y 8 ( $\bar{x} = 5,52$  d.s. = 1,37). Las hembras de diferentes grupos de talla no presentan diferencias significativas (ANOVA  $p > 0,35$ ) en el número de eventos de ovipostura al año. Además, en la Figura 2 se destacan con flechas aquellos meses en los cuales se observaron oviposturas naturales de *C. concholepas* en el intermareal o submareal somero de Las Cruces.

### c) Fecundidad

La Figura 3 muestra el número promedio de cápsulas ( $\pm$  d.s.) depositadas por evento de ovipostura para las diferentes tallas de hembras de *C. concholepas* mayores de 5,0 cm. El número de cápsulas por evento de ovipostura aumenta con la longitud del peristoma hasta la marca de clase de 10,0 cm. La marca de clase de 11,0 cm longitud máxima de peristoma presenta un decremento en el número de cápsulas por evento de ovipostura y es inferior al de la marca de clase de 8,0 cm. En este gráfico se incluye el dato de las posturas efectuadas por la hembra de marca de clase de 12 cm; obviamente, la cifra es referencial y carece de alguna medida de dispersión.

La Figura 4 muestra la relación entre longitud máxima de peristoma del "loco" y la longitud de las cápsulas. Se observa una rela-

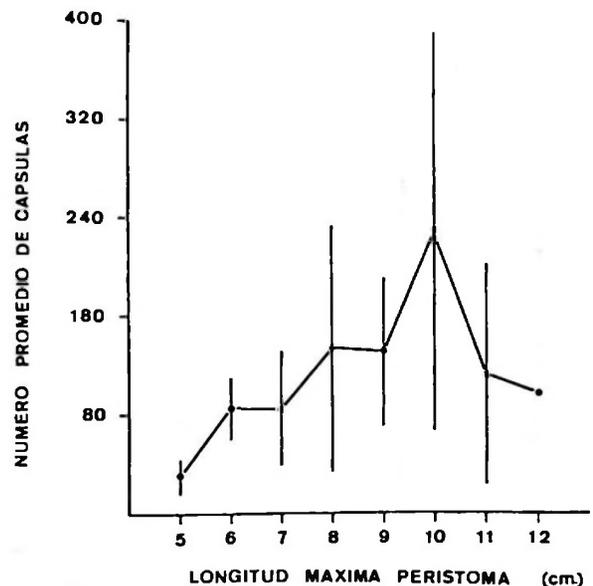


Figura 3: Número promedio de cápsulas ( $\bar{X} \pm$  d.s.) depositadas por evento de ovipostura por hembras de *Concholepas concholepas* de diferentes tallas. La marca de clase de 12 cm está representada por un solo ejemplar.

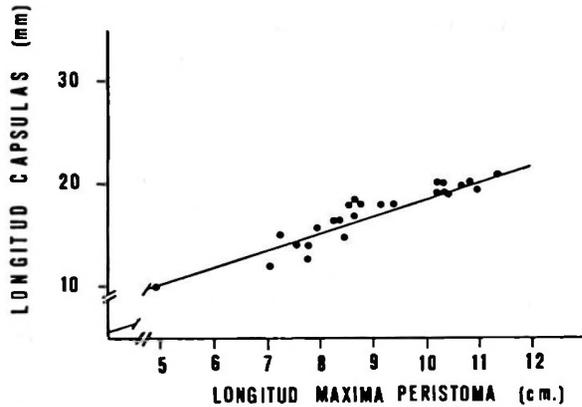


Figura 4: Relación entre longitud máxima del peristoma de hembras de *Concholepas concholepas* y longitud total de las cápsulas depositadas.

ción directa entre ambas variables. La ecuación de regresión es:

$$\text{L.T.C.} = 1,32 + (0,1776 \text{ L.M.P.})$$

$$(r = 0,96; n = 21) \quad (1)$$

Donde: L.T.C. = Longitud Total Cápsula  
L.M.P. = Longitud Máxima Peristoma

Con la finalidad de calcular la fecundidad por grupo de talla utilizamos la ecuación de regresión entre número de larvas y longitud total de las cápsulas dadas por Castilla y Cancino (1976):

$$\text{N.L.C.} = -5348,91 + (588,618 \times \text{L.T.C.}) \quad (r = 0,935) \quad (2)$$

Donde: N.L.C. = Número de Larvas por Cápsula.

Utilizando las ecuaciones (1) y (2) se calculó la fecundidad de *C. concholepas* por grupo de talla mediante la siguiente ecuación:

$$F. = \text{N.C.} \times \text{P.H.F.} \times \text{N.L.C.} \times \text{N.E.} \quad (3)$$

Donde: F. = Fecundidad  
N.C. = Número de Cápsulas por evento de ovipostura  
P.H.F. = Proporción de Hembras Fértiles por grupo de talla  
N.E. = Número de Eventos de ovipostura por año  
N.L.C. = Número de Larvas por Cápsula.

En la Figura 5 se muestra la fecundidad por grupo de talla de las hembras de *C. concholepas* según los cálculos provenientes de la ecuación (3). Se aprecia que la fecundidad aumenta hasta la marca de clase de 10,0 cm, sufriendo un descenso en las clases de tallas mayores.

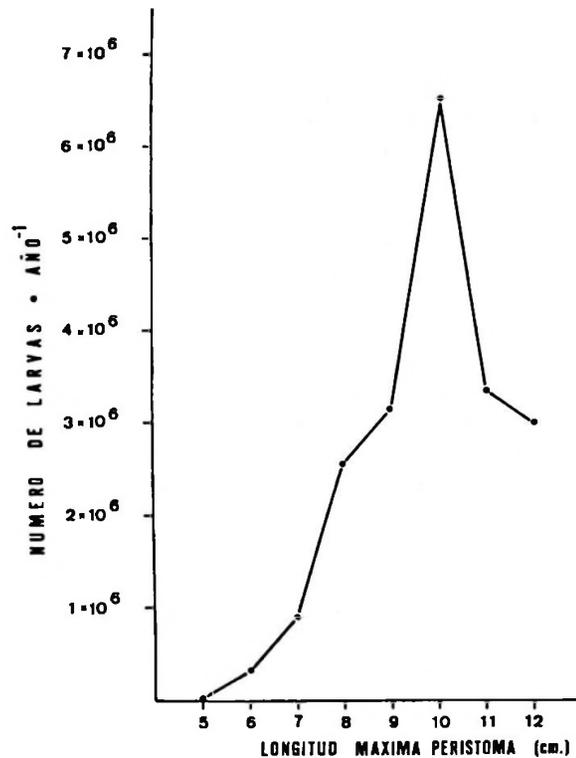


Figura 5: Fecundidad (número de larvas por año) por grupo de talla en hembras de *Concholepas concholepas*.

## DISCUSION

En gastrópodos murícidos la fecundidad anual de una hembra es producto del número promedio de huevos por cápsula, del número de cápsulas de cada ovipostura y del número de posturas por año. En varias especies de murícidos, las hembras más grandes producen cápsulas de tamaños mayores, y entre las cápsulas de una especie determinada, la cantidad de huevos es una función lineal de la altura de la cápsula (Spight *et al.*, 1974; Castilla y Cancino, 1976; este trabajo). No obstante lo anterior, en muy pocos casos se cuenta con la información necesaria como para calcular la fecundidad de estos gastrópodos, y más aún, algunos de los resultados publicados en la literatura son contradictorios (ver revisión por Spight *et al.*, 1974).

Nuestros resultados con ejemplares de *Concholepas concholepas* mantenidos en condiciones de laboratorio confirman comunicaciones previas (Castilla, 1979; Schmiede y Castilla, 1979; Castilla y Durán, 1985) respecto de la existencia de períodos sincrónicos de oviposturas. Los pulsos de oviposturas de

*C. concholepas* de marzo-abril y agosto-septiembre, aparecen como los de mayor importancia. Por otra parte, se observa que los "locos" hembras pertenecientes a las marcas de clase 8, 9 y 10 cm, corresponden a ejemplares adultos 100% fértiles. Tallas mayores, ejemplo 11 cm, corresponden a hembras cuya fertilidad y fecundidad disminuyen, debido principalmente a un decremento en el número de cápsulas depositadas por evento de ovipostura. Puesto que la producción de cápsulas de una misma especie de muricido presenta altas variaciones entre individuos (ver revisión de Spight *et al.*, 1974) en función de la disponibilidad de alimento o parasitismo, nuestros resultados de oviposturas con hembras de *C. concholepas* mayores de 10 cm no tienen necesariamente que interpretarse como muestra de "senilidad". Son necesarias un mayor número de observaciones.

En todo caso, nuestro diseño de protocolo observacional en el laboratorio contiene todos los elementos como para calcular la fecundidad potencial de hembras de *C. concholepas* de diferentes tamaños. Una hembra de 10 cm presenta una fecundidad potencial de  $7,19 * 10^6$  larvas por año. En una hembra de 11 cm dicha fecundidad disminuye a  $3,32 * 10^6$  larvas por año.

Otras dos especies de muricidos chilenos: *Rapana (Chorus) giganteus* y *Crassilabrum crassilabrum*, en los que se ha estudiado la producción de larvas (Gallardo, 1980), muestran fecundidades muy reducidas y notoriamente acopladas con estrategias de desarrollo directo a través de acortamientos de la fase planctónica. Por su parte, *C. concholepas* es una especie con desarrollo indirecto y larvas planctónicas que presumiblemente se encuentran expuestas a una alta mortalidad durante el prolongado período de vida planctónica de 2 (Gallardo, 1979; Ramorino, 1979) a 3 meses (DiSalvo, 1988). Muy probablemente, las principales causas de estas mortalidades larvales sean: depredación, inanición y deriva larval hacia sectores de la costa no óptimos para la fijación y metamorfosis.

Por otra parte, el prolongado período de vida planctónica del "loco" permite una amplia dispersión de las larvas en el océano. Posiblemente, el "loco" constituye una metapoblación (*sensu* Roughgarden e Iwasa, 1985) con un stock larval común en varias poblaciones locales. La potencialidad de dispersión amplia del "loco" es uno de los mecanismos que permitiría asegurar o incremen-

tar el reclutamiento de la especie si existiesen reservas marinas o zonas tampones a lo largo de la costa de Chile (Castilla y Schmiede, 1979; Castilla, 1986).

Spight y Emlen (1977) encontraron que en dos especies de muricidos del género *Thais*, cuando aumentaba la disponibilidad de alimento, se producía un aumento concomitante de fecundidad. En este trabajo, la determinación de la fecundidad del "loco" se realizó en condiciones de laboratorio y con alimento *ad libitum*. Desconocemos cuál es la disponibilidad, accesibilidad y variabilidad del alimento para el "loco" en sus hábitat naturales. No cabe duda que estas variables podrían influir en las estimaciones de fertilidad de poblaciones naturales. La temperatura es otra de las variables que puede influir tanto en la fertilidad como en el desarrollo de muricidos (Spight, 1975). Cualquier intento de cultivo o repoblamiento del "loco" debe considerar estudios de fecundidad. En el futuro será de importancia confirmar o rechazar nuestros resultados en otras latitudes del país y diseñar una técnica que permita estudiar la fecundidad de *C. concholepas* en poblaciones naturales.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo económico de los proyectos: IDRC 3-P-80-0107, 3-P-85-0069; FONDECYT 86/1100 y 88/0432; y OEA 52C363. Agradecemos a Doris Oliva y Angela Trisotti por la ayuda en la mantención de "locos" en los acuarios de ECIM. El trabajo terminó de ser escrito durante el período sabático de J.C. Castilla en el Departamento de Zoología, U. de Washington, Seattle, USA. Se agradece el apoyo otorgado a JCC por el International Development Research Centre, Canadá, Grant 3-F-88-6060-54.

#### LITERATURA CITADA

- BUSTAMANTE, R. y J.C. CASTILLA. 1987. La pesquería de mariscos en Chile: un análisis de 26 años de información estadística del desembarque. *Biol. Pesq. Chile*, 17: 79-97.
- CASTILLA, J.C. 1974. Notes on mating behaviour of *Concholepas concholepas* (Mollusca, Gastropoda, Muricidae) from Chile. *Veliger* 16(5): 291-292.
- CASTILLA, J.C. 1979. *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae): Postura de cápsulas en el laboratorio y la naturaleza. *Biol. Pesq. Chile* 12: 91-97.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquería de moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. *Monografías Biológicas* 2: 199-212.

- CASTILLA, J.C. 1983. El recurso *Concholepas concholepas*, su biología y estado en que se encuentra la pesquería en Chile. *En*: P. Arana (Ed.), Análisis de pesquerías chilenas : 37-51.
- CASTILLA, J.C. 1986. ¿Sigue existiendo la necesidad de establecer Parques y Reservas marítimas en Chile? *Ambiente y Desarrollo* 2(2): 53-63.
- CASTILLA, J.C. y R. BECERRA. 1976. The shellfisheries of Chile: An analysis of the statistics 1960-1973. *En*: International Symposium Coastal Upwelling, Proceedings, Coquimbo, Chile. J.C. Valle (ed.): 61-90.
- CASTILLA, J.C. y J. CANGINO. 1976. Spawning behaviour and egg capsules of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Marine Biology* 37: 255-263.
- CASTILLA, J.C. y L.R. DURÁN. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of Central Chile: The effects on *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Oikos* 45: 391-399.
- CASTILLA, J.C., C. GUIADO y J. CANGINO. 1979. Aspectos ecológicos y conductuales relacionados con la alimentación de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biol. Pesq. Chile* 12: 99-114.
- CASTILLA, J.C. y G. JEREZ. 1986. Artisanal fishery and development of a data base for managing the Loco, *Concholepas concholepas*, resource in Chile. In G.S. Jamieson and B. Bourne (ed.), North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92: 133-139.
- CASTILLA, J.C. y P. SCHMIEDE. 1979. Hipótesis de trabajo sobre la existencia de zonas marítimas tampones en relación a recursos marinos bentónicos (mariscos y algas) en la costa de Chile continental. *En*: Seminario-Taller sobre Desarrollo e Investigación de los Recursos Marinos de la VIII Región, Chile. V.A. Gallardo (ed.) Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Concepción. pp. 145-167.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger* 30 (4):358-368.
- DUBOIS, R.; J.C. CASTILLA y R. CACCIOLATTO. 1980. Sublittoral observations of behaviour in the chilean "loco" *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Veliger* 23 (1): 83-92.
- DURÁN, L.R.; J.C. CASTILLA y D. OLIVA. 1987. Intensity of human predation on rocky shores at Las Cruces in Central Chile. *Environmental Conservation* 14(2): 143-149.
- GALLARDO, C. 1973. Desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas* (Bruguière) (Gastropoda: Muricidae). *Publ. Ocas. Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile)* 16: 3-16.
- GALLARDO, C.S. 1979. El ciclo vital del Muricidae *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras fases de vida en el bentos. *Biol. Pesq. Chile* 12: 79-89.
- GALLARDO, C.S. 1980. Adaptaciones reproductivas en gastrópodos muricáceos de Chile; Conocimiento actual y perspectivas. *Inv. Mar. Valparaíso* 8 (1-2): 115-128.
- GEAGHAN, J.P. y J.C. CASTILLA. 1986. Use of catch and effort data for parameter estimates for the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. In G.S. Jamieson and N. Bourne (ed.), North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 92: 168-174.
- GEAGHAN, J.P. y J.C. CASTILLA. 1987. Population dynamics of the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. *Invest. Pesq. (Chile)* 34: 21-31.
- GUIADO, C. y J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology* 78: 99-103.
- HERRERA, G. y A. ALVIAL 1983. Talla mínima de madurez gonádica en poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789, Mollusca: Gastropoda: Muricidae) en Iquique, Chile. *Mems. Asoc. Latinoam. Acuicult.* 5(2): 289-293.
- LOZADA, E.; M.T. LÓPEZ & R. DESQUEYROUX. 1976. Aspectos ecológicos de poblaciones chilenas de loco, *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca, Gastropoda, Muricidae). *Biol. Pesq. Chile* 8: 5-29.
- MORENO, C.; K.M. LUNECKE & M.I. LÉPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos* 46: 359-364.
- RAMORINO, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.* 15(2): 149-177.
- RAMORINO, L. 1979. Conocimiento científico actual sobre reproducción y desarrollo de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biol. Pesq. Chile* 12: 59-70.
- RIVAS, D y J.C. CASTILLA. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) en Chile Central. *Invest. Pesq.* 34: 3-19.
- ROUGHGARDEN, J. y Y. IWASA. 1985. Dynamics of a metapopulation with space-limited subpopulations. *Theoretical Population Biology* 29: 235-261.
- SPIGHT, T.M. 1975. Factors extending gastropod embryonic development and their selective cost. *Oecologia (Berl.)* 21: 1-16.
- SPIGHT, T.M.; C. BIRKELAND y A. LYONS. 1974. Life histories of large and small murexes (Prosobranchia: Muricidae). *Marine Biology* 24: 229-242.
- SPIGHT, T.M. y EMLEN. 1976. Clutch sizes of two marine snails with a changing food supply. *Ecology* 57: 1162-1178.



# RECLUTAMIENTO DE *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789)(GASTROPODA, MURICIDAE) EN LA COSTA DE VALDIVIA: INFLUENCIA DE LOS ADULTOS Y DEL TIPO DE HABITAT<sup>1</sup>

## RECRUITMENT OF *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE) IN THE COAST OF VALDIVIA: ADULTS AND HABITAT TYPE INFLUENCE

Irene L pez\* y Carlos A. Moreno\*\*

### RESUMEN

Durante 1984 y 1985, se estudió en la localidad de Mehuín (39 24'S, 73 13'W), costa de Valdivia, las características del reclutamiento de *Concholepas concholepas* en el intermareal rocoso. Se establecieron relaciones entre densidad de "locos" adultos y la densidad de individuos de tamaño igual o menor que 25 mm de longitud peristomal, y de estos últimos "reclutas" con el tipo de sustrato al cual se encuentran asociados. Se encontró que no hay relación entre la densidad de adultos y la presencia de reclutas, y que el tipo más frecuente de sustrato usado por los juveniles es el con grietas y cobertura de cirripedios en frentes no expuestos. Se detectó, además, que no existe información sobre la etapa de asentamiento, excepto que ésta ocurre a tamaños menores a 2 mm. La mayoría de los estudios realizados, incluyendo el presente, consideran reclutas a los individuos entre 15 y 25 mm de longitud peristomal.

*Palabras claves:* Densidad, reclutamiento, gastropoda, Mehuín.

### ABSTRACT

During 1984 and 1985 the characteristics of the recruitment of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at the rocky intertidal, was studied in Mehuín, coast of Valdivia (39 24'S, 73 13'W). Relationships between density of the adult population and juvenile specimens, equal or smaller than 25 mm of peristomal length, and of these last "recruits" with the type of substratum with which they are associated, were established. It was found that there is no relation between density of adults and the presence of recruits, and that, the type of substratum used most frequently by juveniles is that with crevices and covered by barnacles at non exposed fronts. It was also detected, that there is no information on the settlement process, that occur at sizes less than 2 mm. Majority of the studies, even the present one, considers recruits an individual with a peristomal length between 15 and 25 mm.

*Key words:* Density, recruitment, gastropoda, Mehuín.

### INTRODUCCION

*Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda: Muricidae) se distribuye desde Lobos de Afuera (Perú) hasta Cabo de Hornos (Chile) (Stuardo, 1979), y se le encuentra desde la zona intermareal hasta profundidades de 30-40 m (Castilla, 1982). Es una espe-

cie intensamente explotada, siendo una de las más importantes en las exportaciones chilenas de mariscos. Alcanza su tamaño comercial (100 mm de abertura peristomal) alrededor de los seis años de vida (Bustos *et al.*, 1986; López, 1987).

La explotación de esta especie la hace

\*Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción.

\*\*Instituto de Ecología y Evolución, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

<sup>1</sup>Parcialmente financiado con Proyecto OEA 01/85 Y FNC 62-89.

principalmente el subsector pesquero artesanal. Además, los mariscadores de orilla realizan en la zona intermareal otro tipo de explotación, de la cual no existe control pesquero y cuya incidencia puede ser notable (Durán *et al.*, 1987). Esto último determina que en esa zona no se encuentren individuos mayores de 50-60 mm de abertura peristomal (Moreno *et al.*, 1986).

El establecimiento de una reserva marina en la localidad de Mehuín, en 1978, permitió cuantificar los cambios observados en la población intermareal de *C. concholepas* (Moreno *et al.*, 1986). Se observó un aumento en la densidad y también en los tamaños de los individuos encontrados en el intermareal, estableciéndose una clara diferencia entre la población de la Reserva Marina y la de la zona explotada. Asimismo, se constató una disminución en la abundancia del cirripedio, *Jehlius cirratus* y del mitilido, *Perumytilus purpuratus*, especies que constituyen alimento para *C. concholepas* en la zona intermareal (Moreno *et al.*, 1986) y ofrecen eventualmente refugio para los juveniles.

Posteriormente a estas observaciones, L pez (1987) not  que la población de *C. concholepas* disminuyó después de alcanzar un máximo en densidad, sugiriendo la existencia de uno o más procesos densodependientes como origen causal de tal fenómeno dentro de la Reserva. Una de las posibles consecuencias de esta situación puede ser la disminución en el número de reclutas en la zona intermareal. Sin embargo, las larvas que se asientan en un lugar determinado no son necesariamente descendientes directos de la población adulta del mismo sitio. Por lo tanto, si hay una disminución del reclutamiento en zonas con altas densidades de adultos, las posibles explicaciones serían la falta generalizada de larvas capaces de asentarse y/o un efecto generado por los adultos residentes. Esto último puede manifestarse en forma directa sobre los reclutas (canibalismo) o indirectamente por la disminución de recursos disponibles para la sobrevivencia de los individuos postasentados.

Desafortunadamente, las alternativas anteriores no son mutuamente excluyentes y ambas podrían estar ocurriendo simultáneamente, es por ello que este trabajo sólo tiene como objetivo determinar las relaciones que existen entre la presencia de reclutas y factores ambientales de su entorno, incluyendo la presencia de adultos en diferentes densidades y distintos hábitat físicos y biológicos.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio fue realizado entre junio de 1984 y enero de 1986 en las costas rocosas de la localidad de Mehuín (39 24'S, 73 13'W), ubicada a 80 km al noroeste de la ciudad de Valdivia. Se utilizaron dos puntas rocosas separadas por una playa de arena de 500 m de extensión, denominadas punta Kilian y punta Pichicuyín, esta última ubicada al norte de la primera. En 1978, punta Kilian fue declarada Reserva Marina, quedando bajo la tutela de la Universidad Austral de Chile. Punta Pichicuyín, en cambio, está abierta a la acción de los mariscadores de la zona, que la recorren en cada marea baja.

Como unidades de estudio se eligieron cuatro plataformas rocosas en la Reserva, separadas entre sí por canalones que no quedaban descubiertos en marea baja (zonas 1, 2, 3, 4 y 7) y dos en la zona explotada (zonas 5 y 6). En cada unidad se estableció un transecto permanente desde el intermareal alto hasta la zona de las grandes algas, marcando sus extremos con pernos. Estos transectos sirvieron de base para todas las observaciones y mediciones de densidad que se llevaron a cabo en cada zona. Estas estimaciones fueron hechas por el método del transecto lineal descrito por Eberhardt (1978) y Burnham *et al.*, (1980) y además empleando cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup>, distribuidos a lo largo de cada transecto. Los transectos 4 y 7 fueron manipulados extrayendo quincenalmente todos los individuos mayores de 5 cm de longitud peristomal, desde abril de 1985 hasta abril de 1986.

Por considerarse importante en el reclutamiento de *C. concholepas*, se estimó la heterogeneidad del sustrato en las seis zonas, obteniendo la longitud del transecto (distancia lineal entre los pernos) y la de los perfiles representados en la Figura 1, siguiendo con un curv metro todas las rugosidades de éstos (distancia real o perfil). Para obtener el índice de heterogeneidad, ambas variables fueron relacionadas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IH = \frac{DR - DL}{DR}$$

donde: IH =  ndice de heterogeneidad (0 < IH > 1); DR = distancia real; DL = distancia lineal.

En este trabajo, hemos definido arbitrariamente como reclutas a los individuos me-

nores a 25 mm de longitud peristomal. Se eligió esa talla, exclusivamente, porque a partir de ese tamaño ya son relativamente fáciles de detectar en terreno, sin que ello signifique alguna relación de tipo biológica.

Las fechas y métodos de muestreo se presentan en la Tabla 1. Los resultados de las

diferentes mediciones de densidad de reclutas se contrastaron docimando la hipótesis nula de igualdad de reclutamiento en las diferentes zonas, utilizando las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (Conover, 1971), Mann-Whitney, Friedman y Newman-Keuls (Zar, 1974).

**Tabla 1**  
**Fechas y áreas en las que fueron aplicados los diferentes métodos de muestreo**

Fecha muestreo	Zonas	Método muestreo
Abril y mayo 1985	1, 4, 6	Censo
Octubre 1985	4, 6	Cuadros al azar de 0,25 m <sup>2</sup>
Diciembre 1985	1, 4, 6	Cuadrados de 0,25 m <sup>2</sup>
Enero 1986	1, 3, 4, 5, 6, 7	Registro juveniles en 30 a 38 cuadrados de 0,25 m <sup>2</sup> por área

## RESULTADOS

### a. Caracterización de las zonas muestreadas

Considerando que el tipo de hábitat puede ser fundamental para el éxito del reclutamiento de *C. concholepas* y porque todavía no se conocen bien las condiciones bajo las cuales ocurre este fenómeno, se describirán las zonas ubicadas en la Reserva Marina (zonas 1, 2, 3, 4 y 7) y luego las ubicadas en punta Pichicuyín (zonas 5 y 6), con el mayor detalle posible.

**Zona 1.** Es la única expuesta al embate directo de la ola. Posee un índice de heterogeneidad de 0,54, una longitud de 23 m y en ella la densidad de *C. concholepas* no fue alterada. En la Figura 1a, se ha dibujado la topografía correspondiente a este transecto. El área está surcada por canales en cuyas paredes se agrupan individuos de *C. concholepas* de tallas mayores; en las superficies horizontales, entre los canales, se encuentran los reclutas.

**Zona 2.** No forma parte de una plataforma rocosa sino que está constituida por bloques de variados tamaños. Esto la hizo muy diferente al resto de los transectos, por lo que fue eliminada después de los primeros muestreos.

**Zona 3.** Ubicada entre las zonas 4 y 7, posee un índice de heterogeneidad de 0,39 y una longitud de 26 m. En ella se conservó la densidad natural de *C. concholepas*. Esta zona

presenta en su trayecto sólo un canal de aproximadamente 2 m de profundidad (Figura 1b). Es posible encontrar juveniles entre los metros 4 al 12.

**Zona 4.** Es la más cercana a la playa. En ella se extrajeron quincenalmente los ejemplares de *C. concholepas* iguales o mayores a 50 mm de longitud peristomal. Su topografía puede visualizarse en la Figura 1c; posee el índice de heterogeneidad más bajo (0,15) y una longitud de 23 m.

**Zona 5.** Ubicada en el extremo norte del roquerío de Pichicuyín, es el transecto de menor longitud (12 m). Su constitución topográfica (Figura 1e) es muy distinta a la de la zona 6, lo que impidió considerarlo como una réplica de aquélla. Los individuos reclutas sólo se encontraron entre las grietas del sustrato rocoso y en número reducido. Su índice de heterogeneidad es de 0,51.

**Zona 6.** Enfrenta directamente la llegada de la ola. Su topografía es más bien plana (Figura 1f), con un índice de heterogeneidad de 0,31 y una longitud de 25 m. En los sectores medio e inferior se encontró un elevado número de reclutas. Tanto en esta zona como en la anterior, no se alteró la densidad de *C. concholepas*.

**Zona 7.** La parte superior de esta zona está constituida por grandes rocas y su parte inferior termina abruptamente, como puede observarse en la Figura 1d. Al igual que en la zona 4, se extrajeron los individuos de 50 o

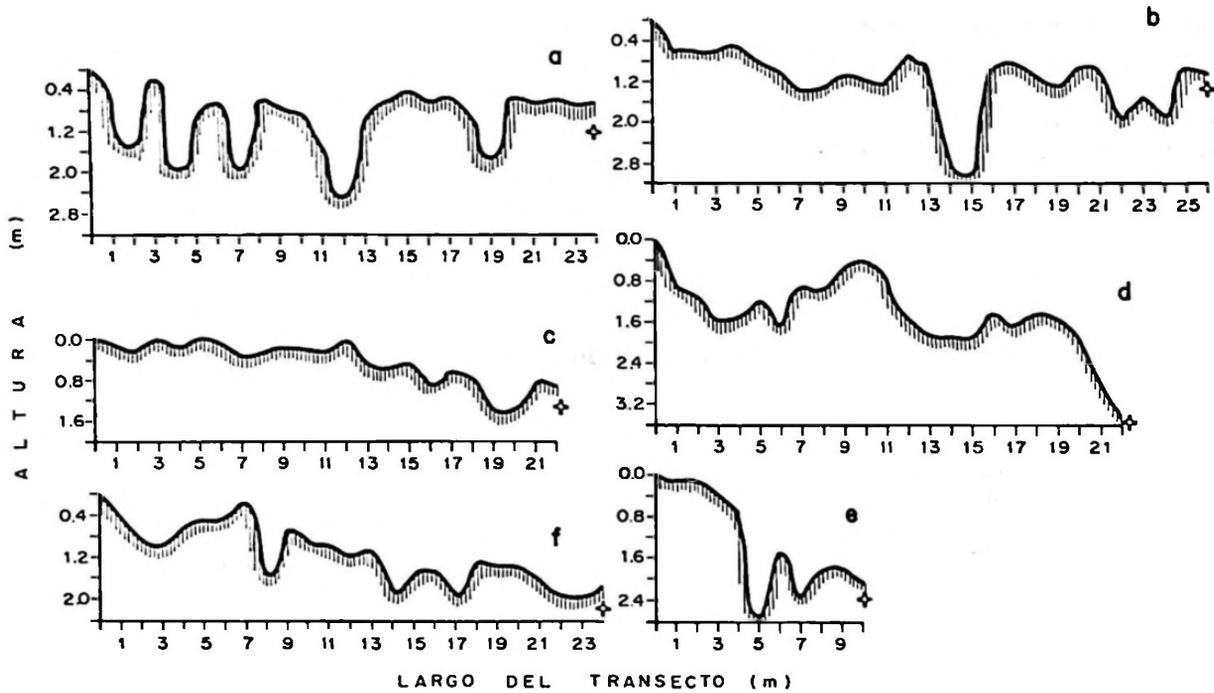


Figura 1. Perfiles de las 6 zonas intermareales rocosas donde se instalaron transectos. Sobre estos perfiles fue calculado el índice de heterogeneidad (ver texto, para mayores detalles).

más mm. Los juveniles sólo se encuentran entre los 12 y 16 m. Tiene un índice de heterogeneidad de 0,33 y una longitud de 22 m.

#### b) Densidad de *C. concholepas*

En la Tabla 2 se encuentran los valores de densidad y sus coeficientes de variación obtenidos en las zonas 1, 3, 5 y 6 durante el período de estudio. En todas las zonas, la densidad presentó fluctuaciones cuyas tendencias coinciden con bastante exactitud, excepto en la zona 1. Hubo un máximo en junio y julio y otro en diciembre y enero, que se repitieron en los dos años muestreados, menos en la zona 1, en que la densidad no presentó el máximo de invierno en el año 1985. Las densidades siempre fueron mayores dentro de la Reserva, con la única excepción del mes de marzo de 1986 en la zona 6.

#### c) Reclutamiento de *C. concholepas*

Para visualizar el efecto directo o indirecto de los adultos de *C. concholepas* sobre el reclutamiento, éstos fueron extraídos quincenalmente de las zonas 4 y 7. La Tabla 3 muestra el número de individuos superiores a 50 mm que se excluyeron durante el período de estudio y cuyo total fue de 1.997 en la zona 4 y

de 1984 individuos en la zona 7. En los primeros meses se extrajeron hasta 752 individuos en un mes, y luego entre octubre de 1984 y julio de 1985 el número de ejemplares extraídos se mantuvo constante a niveles entre 14 y 79 individuos, con la sola excepción de diciembre de 1984, mes en que se extrajeron 158 individuos de la zona 7.

En la Tabla 3 también se han incluido los valores de la densidad en ambas zonas. Esta fue disminuyendo a medida que la exclusión de tallas mayores se llevaba a cabo, hasta estabilizarse a valores tan bajos como los encontrados en los sectores explotados por el hombre (Tabla 2).

Los resultados de las estimaciones de densidad de juveniles menores o iguales a 25 mm, se muestran en la Tabla 4. La primera fue hecha en las zonas 1, 4 y 6, censando 29 m<sup>2</sup>; 16,15 m<sup>2</sup> y 20,25 m<sup>2</sup>, respectivamente. La zona 1 presentó la densidad más alta (2,28 indiv./m<sup>2</sup>) y la 4 la menor (0,49 indiv./m<sup>2</sup>).

En la segunda medición realizada con cuadrados al azar, la zona 6 presentó una densidad de 11,14, siendo significativamente mayor que la densidad de la zona 4 (test de Man-Whitney).

En la medición de diciembre de 1985, nuevamente la densidad en la zona 6 fue la

**Tabla 2**  
**Densidad de *Concholepas concholepas* en las áreas de trabajo en Mehuín desde 1984 hasta 1986. Valores en individuos por metro cuadrado.**  
**Entre paréntesis su coeficiente de variación**

Fecha	Pta. Kilian Reserva Marina		Pta. Pichicuyín Zona explotada	
	Transecto 1	Transecto 3	Transecto 5	Transecto 6
1984				
Abril*	6,09 (0,26)	11,19 (0,19)	0,18 (0,50)	—
May.*	—	—	1,17 (0,33)	2,70 (0,27)
Jun.*	—	7,18 (0,33)	—	—
Jul.*	11,45 (0,14)	13,08 (0,10)	—	—
Ago.*	5,53 (0,26)	—	—	3,55 (0,44)
Oct.	2,27 (0,20)	4,28 (0,21)	0,28 (0,32)	0,21 (0,17)
Dic.	6,94 (0,19)	—	2,29 (0,37)	0,41 (0,41)
1985				
Ene.	—	11,00 (0,28)	—	—
Mar.	2,27 (0,24)	2,87 (0,27)	0,76 (0,69)	0,18 (1,21)
May.	1,97 (0,23)	—	0,83 (0,52)	3,63 (0,27)
Jun.	2,09 (0,25)	9,27 (0,25)	0,44 (0,72)	0,97 (0,62)
Ago.	—	3,86 (0,20)	0,88 (0,68)	0,31 (0,86)
Sep.	2,68 (0,26)	—	—	—
Oct.	—	—	0,78 (0,53)	1,54 (0,53)
Nov.	2,65 (0,27)	3,19 (0,22)	—	—
1986				
Mar.	2,39 (0,45)	—	—	13,02 (0,22)
Jul.	—	—	—	4,45 (0,27)
Ago.	1,83 (0,45)	9,93 (0,25)	—	—

\*: Fechas en que los valores de densidad fueron tomados con cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup>.

más alta en comparación con las zonas 1 y 4. Sin embargo, según la prueba de Kruskal-Wallis, la densidad de reclutamiento fue similar en las tres zonas.

Por último, en la misma Tabla 4 se han resumido los datos resultantes del muestreo de enero de 1986 hecho en todas las zonas, lo que permitió una completa comparación con el test de Kruskal-Wallis (Tabla 5). En los 38 cuadrados usados como unidad de muestreo en la zona 5, no se encontró ningún recluta, por lo que difiere significativamente con respecto a todas las otras zonas, excepto con la 7 que también tiene un bajo número. Los reclutas en las zonas 1 y 3 son más abundantes que en las zonas 4 y 7, respectivamente. La zona 6, a pesar de tener la densidad más alta de juveniles, no fue significativamente diferente a las otras zonas.

Los resultados de las pruebas estadísticas para docimar la hipótesis de igualdad en el número de reclutas en las distintas zonas, indican que sólo en algunos casos la zona 6 posee un número mayor de reclutas. Las zonas 1 y 3 que no presentan diferencias signifi-

ficativas entre ellas, tienen mayor número de reclutas que las zonas 4 y 7. Estos resultados sugieren claramente que no existe una interferencia por parte de los adultos, puesto que en zonas con alta densidad (zonas 1 y 3), el reclutamiento resultó tan bueno como en las zonas en que la densidad es baja (zona 6). Al no existir una relación densodependiente entre reclutas y adultos de *C. concholepas*, se relacionó la densidad promedio de reclutas de las 6 zonas con la heterogeneidad del sustrato de cada una de ellas (Figura 1). Los promedios de reclutas de las mediciones hechas en mayo y octubre de 1985 alcanzan valores más altos, con índices de heterogeneidad mayores. Sin embargo, los provenientes de enero de 1986 no presentan ninguna tendencia. El coeficiente de correlación calculado (0,15) señala que no existe relación entre ambas variables.

En diciembre de 1985 se estimó la densidad de reclutas en las zonas 1, 4 y 6, separándolos por tipo de sustrato: *Perumytilus purpuratus*, *Phragmatopoma virgini*, *Iridaea lamina-rioides* y *Ulva* sp., sustrato primario con grie-

**Tabla 3**  
**Densidad (ind/m<sup>2</sup>) previa a las exclusiones y número de individuos excluidos (N) de *C. concholepas* de las zonas 4 y 7 en la Reserva, durante 1984 y 1985**

Meses	N	Zona 4 Densidad (C.V.)	N	Zona 7 Densidad (C.V.)
1984				
Jun.	124	4,66 (0,34)	—	—
Jul.	725	—	—	—
Ago.	283	2,05 (0,39)	630	2,67 (0,39)
Sep.	147	—	155	—
Oct.	55	—	74	—
Nov.	59	0,18 (1,10)	29	0,63 (0,56)
Dic.	41	—	158	—
1985				
Ene.	65	0,30 (1,01)	53	0,37 (0,90)
Feb.	67	—	38	—
Mar.	71	0,41 (0,47)	79	0,38 (0,53)
Abr.	32	—	29	—
May.	14	—	36	—
Jun.	42	1,23 (0,43)	31	0,38 (0,54)
Jul.	20	—	31	—
Ago.	67	0,93 (0,43)	83	1,16 (0,44)
Sep.	34	—	142	—
Oct.	82	1,49 (0,32)	124	0,66 (0,38)
Nov.	22	—	138	—
Dic.	47	—	154	—
Totales	1.997		1.984	

**Tabla 4**  
**Número promedio de reclutas menores o iguales a 25 mm de longitud peristomal encontrados en todas las zonas de Mehuín en muestreos realizados en 1985 y 1986**

Fecha	Método	Zona	ind/m <sup>2</sup>	Prueba estadística
May. 1985	Censo	1	2,28	
		4	0,49	
		6	1,73	
Nov. 1985	Cuadrados al azar	4	2,57	Mann-Whitney U=42 U 0,05 (2gl) 7,7=41
		6	11,14*	
Dic. 1985	Cuadrados al azar	1	4,56 ± 7,82	Kruskall-Wallis n.s.
		4	0,70 ± 1,22	
		6	17,48 ± 59,35	
Ene. 1986	Cuadrados	1	1,11	Kruskall-Wallis (ver Tabla 4)
		3	1,11	
		4	0,80	
		5	0,0	
		6	1,39	
		7	0,50	

\*P<0,05

tas y cirripedios (Tabla 6). Debido a que en la zona 4 no se tenía la información correspondiente al sustrato primario, necesaria para la aplicación del test estadístico adecuado, ésta se estimó por el método para datos faltantes

en un análisis de varianza de 2 vías (Zar, 1974).

Primero se docim  con el método de Friedman para bloques al azar la siguiente hipótesis nula, H<sub>0</sub>: el número de reclutas es

**Tabla 5**  
**Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, aplicada**  
**al reclutamiento de individuos menores o iguales a 25 mm de**  
**longitud peristomal, en todas las zonas de estudio en enero de 1986**

i/j	Trans. 1	Trans. 3	Trans. 4	Trans. 6	Trans. 7
Trans. 3	14,38 24,93				
	ns				
Trans. 4	1,34 26,14	15,72 26,14			
	ns	ns			
Trans. 6	4,24 24,59	10,14 24,59	5,58 26,14		
	ns	ns	ns		
Trans. 7	18,49 24,93	32,87 24,93	17,15 26,14	22,73 24,59	
	ns	*	ns	ns	
Trans. 5	37,33 24,59	51,70 24,59	35,99 25,83	31,77 24,26	18,83 24,59
	**	**	**	**	ns

ns=valor no significativo; \*=P<0,05; \*\*=P<0,01.

Resultado Prueba=  $T=119,8 > X^2_{0,05, 81} = 11,07$

$$1^{\text{er}} \text{ valor } \text{c/u casilla} = \frac{R_i}{n_i} - \frac{R_j}{n_j}$$

$$2^{\text{da}} \text{ valor} = (t_{(1-\alpha/2), N-R}) (S^2 * N - 1 - T/N - R)^{1/2} (1/n_i + 1/n_j)^{1/2}$$

igual en los 5 tipos de sustrato. La prueba rechazó dicha hipótesis con una probabilidad  $> 0,001$ . Es notorio el mayor número de reclutas detectados entre los cirripedios y en el sustrato primario con grietas. Este hecho se encontró significativo al aplicar el test no paramétrico de Newman-Keuls para comparaciones múltiples (Zar, 1974), el que señaló que el tipo de sustrato dado por los cirripedios y el sustrato primario con grietas poseen significativamente un mayor número de reclutas (Tabla 7).

## DISCUSION

Un aspecto convencional en nuestro tratamiento para *C. concholepas*, es que el reclutamiento ha sido definido como la incorporación a la población intermareal de individuos iguales o menores a 25 mm de longitud peristomal. Esto incluye individuos de hasta cerca de un año de vida de acuerdo con las estimaciones de crecimiento realizadas hasta hoy (Tobella, 1975; Guisado y Castilla, 1983; Acuña y Stuardo, 1979; Bustos *et al.*, 1986).

Este criterio concuerda con el planteamiento de Keough y Downes (1982) y Con-

nell (1985), en el sentido que la incorporación desde el plancton al bentos de un individuo con larva planctónica debe ser llamado "asentamiento", y que lo que regularmente se designa como "reclutamiento" es un artefacto derivado de la efectividad de la técnica de muestreo u observación utilizada. Así, la mayoría de los autores que se han referido al proceso de reclutamiento en *C. concholepas* han trabajado con ejemplares fáciles de detectar en terreno, normalmente individuos mayores de 15 mm de longitud peristomal y hasta 40 mm para los tamaños mayores (Guisado y Castilla, 1983; Rivas y Castilla, 1987 y presente trabajo). Esto indica que entre el tamaño de metamorfosis de la postlarva (1,6-1,9 mm según DiSalvo, 1988) al cual debe asentarse y los "reclutas" más pequeños de *Concholepas* estudiados (período de postasentamiento), existe una falta de conocimiento, el cual es importante para completar el ciclo vital de esta valiosa especie.

Por otra parte, estos resultados son consistentes con las ideas de Osman (1977), Wethey (1984) y Rougharden *et al.* (1985), en el sentido que una población local abierta no debería presentar efectos densodependien-

**Tabla 6**  
**Número de reclutas menores o iguales de 25 mm encontrados**  
**en los distintos tipos de sustratos o biosustratos en**  
**las zonas 1, 4 y 6 en diciembre de 1985 en Mehuín**

Biosustrato (100% cobertura)	Zona 1		Zona 4		Zona 6	
	Prom.	S <sup>2</sup>	Prom.	S <sup>2</sup>	Prom.	S <sup>2</sup>
<i>Perumytilus</i>						
<i>purpuratus</i>	0,2	0,16	0,8	1,36	0,2	0,16
<i>Jehlius cirratus</i>	8,4	130,6	0,2	0,16	19,2	85,36
<i>Phragmatopoma</i>						
<i>virgini</i>	0,6	0,24	1,6	2,64	1,8	4,96
<i>Iridaea + Ulva</i>	7,0	73,60	0,2	1,36	0,6	1,44
Sustrato primario con grietas	6,6	29,44	10,4*	—	11,6	18,64

\*Valor estimado por método para datos faltantes usando ANDEVA de dos vías (Zar, 1974).

**Tabla 7**

**Resultados de la prueba de Newman-Keuls aplicada al reclutamiento de *Concholepas concholepas* en distintos tipos de sustrato, cuya clave es la siguiente: 1. *Perumytilus purpuratus* 2. *Phragmatopoma virgini* 3. *Iridaea laminarioides* 4. Sustrato primario (roca desnuda) 5. *Jehlius cirratus*. (En cada casilla se indica el valor de q, abajo el valor de q 0,05; ∞; P y su nivel de significancia)**

Sustrato	1	2	3	4
2	1,02 2,772 vns			
3	2,41 3,314 vns	1,39 2,772 vns		
4	6,21 3,633 *	5,19 3,314 *	3,79 2,772 *	
5	9,71 3,858 *	8,69 3,633 *	7,59 3,314 *	3,51 2,772 *

vns = valor no significativo

\* = P < 0,05

tes, que pueden afectar el éxito del proceso general de asentamiento-reclutamiento.

*C. concholepas* es una especie con larva pelágica (Gallardo, 1979) y hasta hoy no se tiene otra información sobre sus posibles unidades poblacionales que la proporcionada por Stuardo (1979). Estos antecedentes no son aplicables para estimar la distancia que eventualmente podrían recorrer las larvas desde el lugar de la eclosión al sitio de asentamiento. Lo que es seguro, es que la larva pasa en el plancton un lapso mayor de 30 días, y de hasta 90 en un caso estudiado en el labora-

torio (DiSalvo, 1988), período suficiente para suponer un traslado de grandes distancias por los innumerables flujos de aguas costeras (corrientes de marea, eddies, contracorrientes, etc.), a menos que la actual falta de conocimiento sobre la ecología de las larvas no nos permita suponer que su desarrollo pueda ser completado en ambientes muy costeros como bahías, pozas de marea, etcétera.

La alta asociación encontrada entre los individuos medidos (diámetro < de 25 mm) y los sustratos con grietas y cubiertos de cirripedios, no indica que éstos sean los ambientes en los cuales se realiza el proceso de asentamiento. En efecto, los especímenes de esos tamaños corresponden a individuos que tienen más de 6 meses de vida y, por lo tanto, estos hábitat preferidos no implican necesariamente selección de hábitat para el asentamiento, es decir, el momento en el cual los individuos recién metamorfoseados se instalan en el bentos. Sin embargo, respecto a que estos individuos se encuentren significativamente asociados a un sustrato dominado por *Jehlius cirratus*, no debe entenderse como un fenómeno deterministico, ya que en este mismo lugar Gallardo (1979) había señalado anteriormente la presencia de reclutas entre las algas del género *Iridaea*. Entre ambos estudios ha mediado la creación de la Reserva de punta Kilian, con todos los cambios ecológicos en las comunidades (Moreno *et al.*, 1984; 1986), y que han significado un incremento de la cobertura de cirripedios en hábitat antes dominados por *Iridaea laminarioides*. Debido al tipo de exposición al oleaje en que se encontraban las zonas de muestreo donde se encontró reclutamiento, estos resultados coinciden con los de Rivas y Castilla (1987),

en el sentido que los juveniles se encuentran en zonas que no están expuestas directamente al oleaje.

De acuerdo a lo precedente, todavía son necesarios más estudios antes de concluir que el reclutamiento está asociado a una preferencia de hábitat. Estos estudios deberían ser realizados poniendo a prueba la hipótesis que señales físicas, químicas y biológicas del ambiente inducen a seleccionar tipos específicos de ambientes, teniendo como alternativa la ocurrencia de una mortalidad diferencial entre ese hábitat y los demás (Underwood, 1979).

En general, de estos resultados podemos concluir que: a) la presencia de reclutas resulta independiente de la presencia de individuos mayores a 25 mm de longitud peristomal, lo que sugiere que la presencia de adultos no constituye señal para la inducción de la metamorfosis, asentamiento ni el reclutamiento, b) que como producto de lo anterior, no se presentan tendencias en el reclutamiento asociadas a la situación de Reserva Marina o zona explotada, c) el reclutamiento ocurre en ambientes más bien protegidos del oleaje extremo, en sustratos con grietas y cirripedios, d) que nos resulta evidente que en futuros estudios hay que disminuir la brecha de conocimiento entre el proceso de "asentamiento" y el de "reclutamiento", en orden de conocer bien el ciclo de vida de *Concholepas concholepas* en su fase juvenil, como primer paso orientado al éxito de los programas de repoblamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Cecilia Godoy, Eduardo Villouta, Francisco Encina y Eugenio Castro, por la inestimable ayuda en terreno durante la realización del Proyecto OEA 01-85. Alberto Reyes, Carlos Ríos y William Duarte, contribuyeron con sus lecturas críticas a mejorar el presente manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- ACUÑA, E. & J. STUARDO. 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de dos poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). *Biología Pesquera* (Chile) 12: 131-142.
- BUSTOS, E.; H. ROBOTHAM; E. LARA & E. PACHECO. 1986. Edad y Crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de Von Bertalanffy (Gastropoda-Muricidae). *Investigación Pesquera* (Chile) 33: 33-45.
- BURNHAM, K.P.; D.R. ANDERSON & J.L. LAKE. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* 72: 10-202.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquería de moluscos gastrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. *Monografías Biológicas* 2: 199-212.
- CONNELL, J.H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 93: 11-45.
- CONOVER, W.J. 1971. *Practical nonparametric statistics*. John Wiley & Sons. New York. 462 pp.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger* 30(4): 358-368.
- DURÁN, L.R.; J.C. CASTILLA & D. OLIVA. 1987. Intensity of human predation on rocky shores at Las Cruces in Central Chile. *Environmental Conservation* 14(2): 143-149.
- EBERHARDT, L.L. 1978. Transect methods for population studies. *Journal Wildlife Management* 42(1): 1-31.
- GALLARDO, C. 1979. El ciclo vital del Muricido *Concholepas concholepas* y consideraciones sobre sus primeras fases de vida en el bentos. *Biología Pesquera* (Chile) 12: 79-89.
- GUISADO, CH. & J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces. Chile. *Marine Biology* 78: 99-103.
- KEOUGH, M.J. & B.J. DOWNES. 1982. Recruitment of marine invertebrates: The role of active larval choices and early mortality. *Oecologia* (Berlin) 54: 348-352.
- LÉPEZ, M.I. 1987. *Ecología Intermareal de Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) bajos dos regimenes de intervención antrópica. Tesis de Magister en Ciencias, mención Ecología. Fac. Ciencias. Universidad Austral de Chile. 136 pp.
- MORENO, C.A.; J.P. SUTHERLAND & H.F. JARA. 1984. Man as a predator in the intertidal zone of southern Chile. *Oikos* (Copenhagen) 42: 155-160.
- MORENO, C.A.; K.M. LUNECKE & M.I. LÉPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from Man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos* (Copenhagen) 46: 359-364.
- OSMAN, R.W. 1977. The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecological Monographs* 47: 37-63.
- RIVAS, D.A. & J.C. CASTILLA. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca: Gastropoda) en Chile Central. *Investigación Pesquera* (Chile) 34: 3-19.
- ROUGHGARDEN, J.; Y. IWASA & CH. BAXTER. 1985. Demographic theory for an open marine population with space-limited recruitment. *Ecology* 66(1): 54-67.
- STUARDO, J. 1979. Sobre clasificación, distribución y variación de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789): un estudio de taxonomía beta. *Biología Pesquera* (Chile) 12: 99-114.
- TOBELLA, G. 1975. Crecimiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Moll. Gast. Muricidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*. 44: 185-189.

UNDERWOOD, A.J. 1979. The ecology of intertidal gastropods. *Advances in Marine Biology* 16: 112-210.

WETHEY, D.S. 1984. Spatial pattern in barnacle settlement day to day changes during the settlement sea-

son. *Journal Marine Biology Association of the United Kingdom* 64: 687-698.

ZAR, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, inc. Englewood Cliffs. N.J. 620 pp.

# ASSESSMENT OF THE PRESENT CAPACITY FOR MANAGEMENT OF THE LOCO *CONCHOLEPAS* *CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE) IN CHILE

## EVALUACION DE LA ACTUAL CAPACIDAD DE MANEJO DEL LOCO *CONCHOLEPAS* *CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE) EN CHILE

---

James P. Geaghan\* and Juan C. Castilla\*\*

### ABSTRACT

In recent years the fishery for loco (*Concholepas concholepas*) has undergone a number of changes in management strategy. The first was a change in the minimum size limit from 95 mm in the north of Chile and 105 mm in the south to a uniform 100 mm in 1981. An annual 3 month closed season was initiated in 1982, and, starting in September of 1985, there was a closure of nearly two years in all regions except the southernmost three. This two-year closure has been followed by two short open seasons, one of 45 days in 1987, and one with a national 5,000 ton quota in 1988. The response by fishermen to increasingly restrictive regulation has been some clandestine fishing and the stockpiling of locos prior to the open season. These actions have resulted in the partial loss of landings data and a nearly total loss of meaningful effort data. This loss of data will have serious impact on the ability of fishery managers to effectively evaluate the state of the fishery and determine future regulatory actions.

There is considerable published background information on the basic biology of the species, and some information on aspects of the population dynamics such as growth and mortality. There are, however, large discrepancies between authors which may be due to sub-population or regional differences. There is also a complete lack of information on loco recruitment. As a result, a number of management model options are unavailable, and there is no present capability to evaluate the effect of decreasing stocks on recruitment levels, or the potential of recruitment over-fishing. The development of a recruitment index is further hampered by a lack of information and proven sampling techniques for the earliest life stages of the loco.

In October of 1988, CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) sponsored a symposium to assess the present state of knowledge on biotechnology, aquaculture, repopulation and population dynamics of the loco. In this paper we review the available literature pertinent to the population dynamics and management of the loco, including aspects of life history and ecology. We examine the present potential for management, and suggest some areas of investigation which may provide a basis for the future management of the resource. The need for improved levels of catch and effort data, and the need for education and improved communication between fishery managers, industry and fishermen is also discussed.

*Key words:* Concholepas, loco, population dynamics, growth, mortality, management.

### RESUMEN

En años recientes, la pesquería del recurso loco, *Concholepas concholepas*, ha pasado por una serie de cambios respecto a la estrategia de manejo. El primero fue un cambio en el tamaño mínimo de extracción, desde 95 mm en el norte del país y 105 mm en el sur, a un tamaño uniforme de 100 mm. Una veda anual de tres meses se implantó en 1982 y a partir de 1985 se implementó una veda de casi 2 años en todas las regiones del país, con excepción de las tres más sureñas. A esta veda de dos años le siguieron dos periodos cortos de pesquería, uno de 45 días, en 1987, y uno con una cuota nacional de 5.000 toneladas en 1988. Las respuestas de los pescadores artesanales al incremento de las medidas restrictivas para la pesca de este recurso, han sido la pesca clandestina y el "apozamiento" o almacenamiento de locos bajo el agua, en

---

\*Department of Experimental Statistics, Louisiana State University, Baton Rouge, LA. 70803, USA.

\*\*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

períodos previos a las aperturas de las vedas. Estas acciones se han traducido en una pérdida parcial de los datos de desembarques y en una pérdida casi total de información sobre esfuerzo de pesca. Estas pérdidas de información tendrán en el futuro serios impactos en relación con la habilidad de manejadores pesqueros para evaluar efectivamente el estado de la pesquería y determinar medidas de regulación futura.

Existe una considerable cantidad de publicaciones sobre la biología básica de esta especie e información más restringida sobre aspectos de dinámica poblacional, tales como crecimiento y mortalidad. No obstante, existen fuertes discrepancias entre diferentes autores. Estas pueden deberse al trabajo con diferentes subpoblaciones de locos o a diferencias de tipo regional. Por otra parte, la información sobre el reclutamiento del loco es insuficiente o parcialmente inexistente. Como resultado de lo anterior, un número importante de modelos de manejo no son posibles de ser utilizados y en estos momentos no existe una capacidad para evaluar el efecto del decremento de los stocks sobre los niveles de reclutamiento o el potencial efecto de la sobrepesca sobre el reclutamiento. El desarrollo de un índice de reclutamiento es más grave aún, debido a la falta de información y técnicas confiables en el muestreo de los estados tempranos (larvales) del loco.

En octubre de 1988, CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica) organizó un Simposio con el fin de evaluar el estado actual del conocimiento sobre biotecnología, maricultura, repoblación y dinámica poblacional del loco. En este trabajo nosotros presentamos una revisión de la literatura disponible y pertinente a la problemática de la dinámica poblacional y manejo del loco, incluyendo aspectos biológicos sobre sus estados tempranos y ecología. Examinamos el potencial del conocimiento actual para el manejo pesquero y sugerimos algunas áreas de investigación que pueden aportar las bases para el manejo futuro del recurso. Se discute la necesidad de mejorar la información referente a la captura y esfuerzo, educar y mejorar las comunicaciones entre manejadores, industriales y pescadores artesanales.

*Palabras claves:* Concholepas, loco, dinámica poblacional, crecimiento, mortalidad, manejo.

## INTRODUCTION

The muricid gastropod loco (*Concholepas concholepas*) is one of the most important species taken by artisan fisheries in Chile. This abalone-like species is considered a delicacy, and is in high demand in numerous countries outside Chile, making it an economically important export. The Chilean loco fishery is among the worlds most important gastropod fisheries, and ranked first in that category in 1984 (Bustamante and Castilla, 1987).

The most effective method of harvesting the sub-tidal, adult populations of this species is by hooka divers from small boats, so the loco has not become the object of large scale commercial operations. Most harvesting is done from open boats (7 to 10 meters) by artisan fishermen and divers. The high price and ready marketability of the loco make it an important economic component in the lives of these individuals.

From 1965 until 1981 the only restriction on harvesting locos was a minimum size of 95 mm in Regions I through IV, and 105 mm in the rest of Chile. In 1981 a nationally uniform minimum of 100 mm was established (Castilla and Jerez, 1986). In 1982, a 3 month closed season from March 1 through May 31 of each year, was instated. This additional restriction was in force in 1982, 1983, 1984 and 1985. An anomalous decline in the catches shortly after the start of the 1985 sea-

son, and the occurrence of large numbers of locos below the 100 mm size limit, triggered a two year closure of the fishery, from September 25, 1985 to May 15, 1987, in all regions except the southernmost three (X, XI and XII, Fig. 1). The south was exempted from closure because it was presumed to have been historically under-exploited.

The fishery reopened for 45 days on May 15, closing on June 30, 1987 in all regions including the south. A second season with a 5 thousand ton national quota was initiated on June 16, 1988. This quota was exceeded in 6 days, and the fishery closed on July 21, 1988. During these latter 2 seasons a large proportion of the catch was taken by fishermen prior to the opening date, and held in the ocean in mesh bags to be landed during the open season. In the 1987 season the number of locos taken early and held was probably half of the total number of locos landed in the season. In the 1988 season, nearly all of the locos landed had been taken prior to the opening date.

The quota of 1988 was filled quickly because the fishermen started stockpiling locos well in advance of the opening date. This early taking and stockpiling of locos, called "apozamiento", resulted in a decreased quality of locos during the 1988 season, and in some areas, considerable mortality. Locos can apparently be held without appreciable decrease in quality for several weeks, and can

survive for a month or more. The 1988 season was initially set to open on May 15, 1988, so apozamiento was initiated some weeks prior to this date in many areas. The opening date was later postponed to June 15, which caused the holding of many locos for well over a month, and resulted in high mortalities.

The phenomenon of apozamiento has been observed in each of the opening dates since 1983, but the locos taken prior to the opening date have generally been landed within the first one to three days of fishing. The more recent, shortened, seasons have seen a large increase in apozamiento, all of which represents undocumented effort in the landings. Studies of the population dynamics and the development of management plans for the loco have traditionally relied on catch and effort data obtained from the artisan fishery. The loss of effort data will complicate future studies of population dynamics, and has been further aggravated by attempts by the fishermen to control the price of locos by withholding even catches made during the fishing season.

It seems unlikely that the problem of apozamiento of locos can be easily overcome, though it may be reduced. The fishermen are aware that a season may last less than a week, and this is not sufficient time to capture appreciable quantities of this economically important species. However, locos held for many weeks suffer a notable decrease in quality, and there is considerable opposition to this practice by commercial processors. Pressure by processors and regulatory personnel may help to shorten the periods of apozamiento, but it is doubtful that the practice can be eliminated.

In addition to the problem in data collection represented by apozamiento, there has been an appreciable clandestine fishery for loco operating during the closed season. The clandestine landings represent an additional, and potentially very large, undocumented catch and effort. There have been no published estimates of the magnitude of clandestine fishing.

In view of these recent developments in the loco fishery, efforts are being made to seek innovative techniques in its management and to seek alternative measurements of the status of the loco populations. Our objectives in this paper are to review the published information on the loco, examine the present potential for management, and to

suggest some areas of investigation which may provide a basis for the future management of the resource.

## LITERATURE REVIEW

Frequent reference will be made in the text to the region (Fig. 1) in which studies were conducted. Table 1 lists the field study site for most of the authors cited.

## ANNUAL CYCLES AND EARLY LIFE HISTORY

Aspects of the annual life cycle of the loco have been documented by numerous authors. Avilés and Lozada (1975) found a high percentage of males to be sexually active virtually all year in Region IV, while the percentages of sexually active females rose gradually through the winter months to peak in October. Ramorino (1975) found sexually ripe individuals from December to June in Region V, peaking in February and March, and associated the stages of annual gonad development with ocean temperatures. Ramorino also noted that some mature individuals occurred all year.

Copulation is accompanied by the formation of groupings of locos, called "maicillos", or "flor del loco", which are in turn followed by the egg capsule deposition (Schmiede and Castilla, 1979; Castilla, 1979 and 1982). The degree of aggregation was evaluated using Morisita's index by Schmiede and Castilla (1979), and ranged from lows of near 1, indicating near random dispersion, to peaks of 7 in October and 8.5 in February in Region IV. The maximum number of locos observed in a subtidal grouping was 1,340. The October peak consisted primarily of individuals under 100 mm, and the February peak of individuals over 100 mm. Schmiede and Castilla (1979) also detected movements to shallower areas during the periods of reproductive groupings for both the smaller individuals in October and the larger individuals in February, and suggest that these movements may bias length frequencies taken in different times of the year.

The formation of these reproductive groupings, or maicillos, probably increases their catchability, and the determination of the period for the 3 month seasonal closures from 1982 to 1985 was based in part on this premise. Ramorino (1976) reported a primary spawning period from January to July

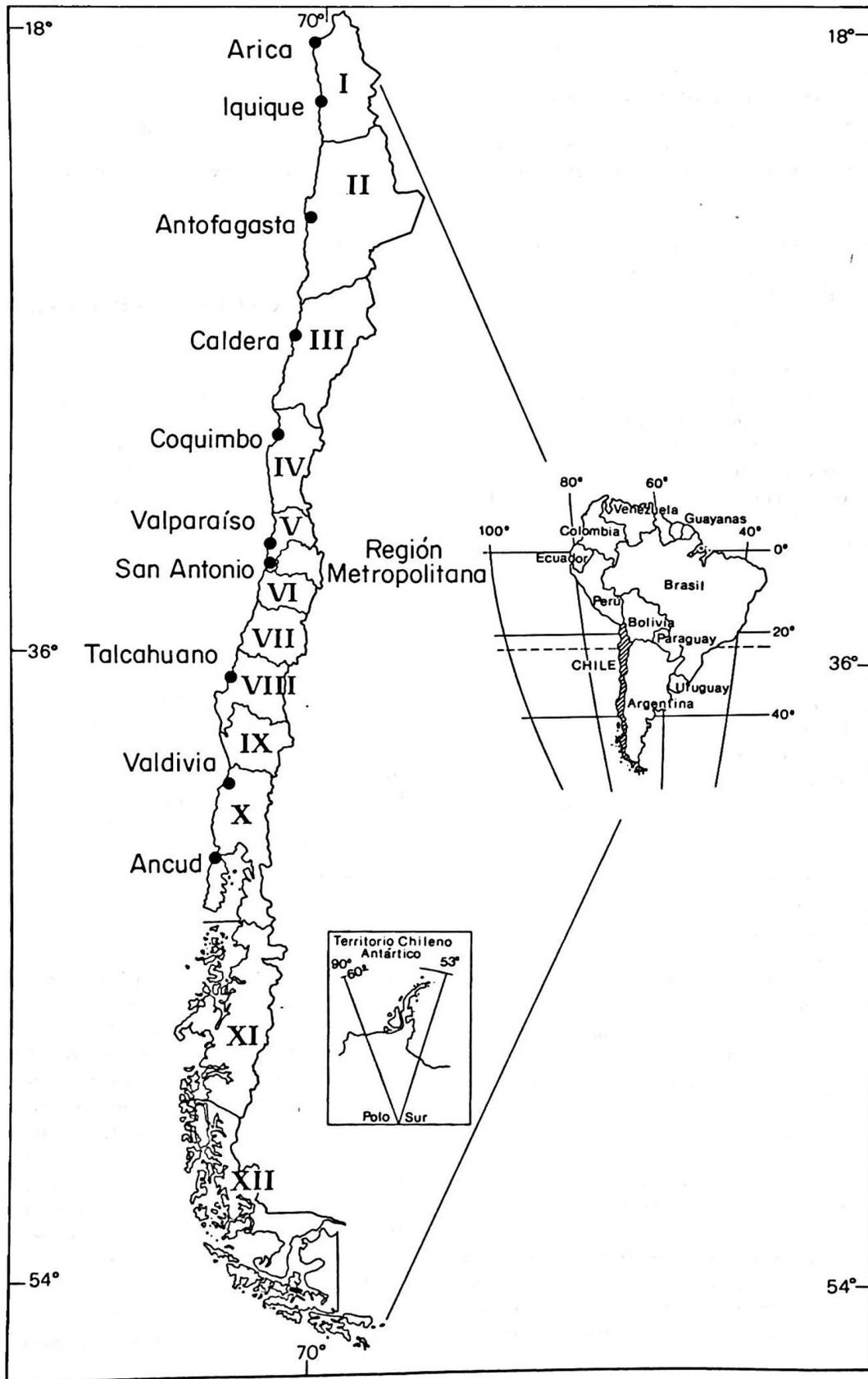


Figure 1. Map of Chile indicating the national regions and major cities nearest to field study sites of the loco (*Concholepas concholepas*).

**Table 1**  
**Study locations of authors cited in this paper. See map (Figure 1) for the geographical location of regions and major cities**

<i>Authors, Year</i>	<i>Site</i>	<i>Region</i>	<i>Nearest Major City</i>
Acuña and Stuardo, 1979	Montemar	V	Valparaíso
Adlerstein, 1986	Hornos	IV	Coquimbo
Avilés and Lozada, 1975	Pta. Saliente	IV	Coquimbo
	Bahía Herradura	IV	Coquimbo
Bustos <i>et al.</i> , 1986	Ancud	X	Ancud
Bustos <i>et al.</i> , 1985	Ancud	X	Ancud
	Caldera	III	Caldera
Castilla, 1979	Hornos	IV	Coquimbo
	Bahía Herradura	IV	Coquimbo
	Los Molles	V	Valparaíso
Castilla and Durán, 1985	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
Castilla <i>et al.</i> , 1979	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
	Bahía Herradura	IV	Coquimbo
	Los Molles	V	Valparaíso
	Hornos	IV	Coquimbo
Castilla and Jerez, 1986	Las Cruces	V	San Antonio
	El Quisco	V	San Antonio
	Quintay	V	Valparaíso
	Isla Pájaros	IV	Coquimbo
DiSalvo, 1988	Bahía Herradura	IV	Coquimbo
Durán <i>et al.</i> , 1987	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
Gallardo, 1973	Mehuín	X	Valdivia
Guisado and Castilla, 1983	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
Geaghan and Castilla, 1986	Cruz Grande	IV	Coquimbo
	Quintay	V	Valparaíso
Geaghan and Castilla, 1987	El Quisco	V	San Antonio
	Hornos	IV	Coquimbo
Herrera and Alvial, 1983	Huayquique	I	Iquique
Jerez and Rivas, 1988	Ancud	X	Ancud
Lépez, 1987	Mehuín	X	Valdivia
Lozada, E. <i>et al.</i> , 1976	Cta. Leandro	VIII	Talcahuano
	Pta. Saliente	IV	Coquimbo
Moreno <i>et al.</i> , 1986	Mehuín	X	Valdivia
Oliva and Castilla, 1986	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
Ramorino, 1975	Valparaíso	V	Valparaíso
Rivas and Castilla, 1987	Las Cruces (ECIM)	V	San Antonio
	Quintay	V	Valparaíso
	Montemar	V	Valparaíso
Schmiede and Castilla, 1979	Hornos	IV	Coquimbo
Tobella, 1975	Caleta Leandro	VIII	Talcahuano

and a smaller, secondary spawning period in October and November. The reproductive groupings are observed from February to May in Region V, and the grouping period is followed by the peak period of capsule deposition and development from March through July in Region IV.

The eggs are laid in capsules, attached to rocky substrate, in intertidal and sub-tidal areas. Castilla (1979) reports that the greatest masses of capsules are deposited in the lower intertidal and shallow sub-tidal areas. Ramorino (1975) found egg capsules most abundant in February to May, but reports that capsules can be found all year in Region

V. Gallardo (1973) states the capsules are available in Region X from November through March.

Castilla and Cancino (1976) and Castilla (1979) demonstrate linear relationships between the length of the capsule and the size of the female depositing the capsules and between capsule length and thousands of larvae in the capsule. Several females kept in the laboratory produced in excess of 200 capsules in a year, and the range of eggs per capsule was 668 to 14,250 (Castilla and Cancino, 1976). Ramorino observed up to 256 capsules deposited in three stages by a single female, with numbers of eggs per capsule

ranging from 3,288 to 9,450, while Gallardo (1973) found from 2,450 to 14,250 eggs per capsule. Hatching occurs in 60 to 84 days in eggs kept at 12 to 14°C, the range observed in the sea (Ramorino, 1975). Castilla and Cancino (1976) observed hatching in 69 to 128 days at temperatures ranging from 13.5 to 14.5, while Gallardo (1973) obtained hatching in 36 to 37 days, but at higher temperatures, ranging from 16 to 22°C.

The larval stages of the loco are planktonic, a stage that has been shown to last as long as 3 months under laboratory conditions (DiSalvo, 1988), though it is probably less under natural conditions. Metamorphosis occurred at 1.4 to 1.7 mm.

After metamorphosis, the post larval locos settle in the rocky intertidal zone. The substrate inhabited by recently settled locos is described by Castilla *et al.* (1979) for recently settled locos with a mean size of 1.605 mm. As the locos mature, they emigrate to subtidal areas. Castilla (1982) indicates that movements from the intertidal to subtidal areas probably start at about a year of age. Rivas and Castilla (1987) estimate the instantaneous rate of emigration from the intertidal population to be 0.67, assuming that the intertidal rate of natural mortality for juveniles is 0.20, the same as that estimated for adults.

Distribution and fishing mortality for intertidal juvenile populations have been estimated by Rivas and Castilla (1987). The instantaneous rate of fishing mortality was estimated to be between 0.92 and 1.51, and is due primarily to "mariscadores", local residents who derive a part of their subsistence from intertidal shellfish gathering. Estimates of intertidal densities of loco published by Durán *et al.* (1987) indicate that a reduction from 4.3 locos per m in protected areas to 1.4 per m in harvested areas is due to mariscadores. The total annual harvest of 5.4 locos per m is apparently supplemented by seasonal displacement of locos from the subtidal to intertidal habitats (Durán *et al.*, 1987; Castilla and Durán, 1985). Moreno *et al.* (1986) and Oliva and Castilla (1986) have published additional information on the effects and intensity of intertidal fishing by mariscadores on the loco and other species. The impact of the mariscadores as a factor in loco population dynamics is apparently quite great, and has not previously been taken into account.

## GROWTH RATES AND MATURATION

In Region V first year growth has been reported as 3 mm per month by Acuña and Stuardo (1979), 3 mm per month for individuals under 47 mm by Tobella (1975) in Region VIII, and 3.67 mm for newly settled individuals averaging 11.3 mm in Region V (Guisado and Castilla, 1983). Monthly growth rates for recently settled locos in the rocky intertidal areas have been reported as 3 mm in Región X (Lozada, *et al.*, 1976). Lépez (1987), using tagged individuals in Region X, found that the growth rate of intertidal populations of locos are seasonal. Lépez gives the winter (May through September) rate of growth as 1.23 mm, almost half of the summer rate (October through January) of growth of 2.14 mm per month.

The size at sexual maturity was determined using histological sections by Avilés and Lozada (1975). No sexually mature individuals were found with lengths under 50 mm. Individuals from 50 to 70 mm were found to be maturing while those over 70 mm were mature. Herrera and Alvial (1983) determined the minimum size of sexual maturity as 49 mm for males, and 53 mm for females. The size at which 50 percent of the population was mature was in the 57 to 62 mm length class for both sexes. If maturity is taken to occur at 60 mm, then sexual maturity is reached at approximately two years of age.

Several estimates of parameters of the von Bertalanffy growth curve have been published for the loco (Table 2). Castilla and Jerez (1986) determined growth from length frequencies, and obtained estimates for several sites in Central Chile (Regions IV and V). Bustos *et al.* (1986), using ages determined from external shell examinations, reported a parameter estimates for a modified version of the von Bertalanffy growth curve (with a power term of 1/D) for southern Chile (Region X). In a report to the Corporación de Fomento de la Producción, Bustos *et al.* (1985) reported figures for Region III (Caldera) and Region X (Ancud).

An additional growth model was estimated for locos from Caleta Hornos, in Region IV by Adlerstein (1986). This model was based on aged locos employing shell sectioning techniques and the analysis of micro-growth rings. Adlerstein detected fortnight and annual periodicities, and

Table 2  
Published values of parameter estimates for the Von Bertalanffy  
growth curve estimated from subtidal populations of the Chilean loco

Authors	Area (Region)	n	$L_{\infty}$	K	$t_0$
Castilla and Jerez (1986)	Las Cruces (V)	193	183.098	-0.203	-0.023
Castilla and Jerez (1986)	Las Cruces (V)	166	167.150	-0.215	-0.012
Castilla and Jerez (1986)	El Quisco (V)	606	172.534	-0.229	-0.014
Castilla and Jerez (1986)	Quintay (V)	308	168.241	-0.202	-0.035
Castilla and Jerez (1986)	Combined (V)	—	175.247	-0.212	-0.021
Castilla and Jerez (1986)*	Montemar (V)	105	175.25	-0.161	-0.102
Bustos <i>et al.</i> (1986) (D=0.4)	Ancud (X)	2,049	189.39	-0.34771	5.0689
Bustos <i>et al.</i> (1985)	Caldera (III)	1,809	177.66	-0.09355	2.332229
Bustos <i>et al.</i> (1985)	Ancud (X)	2,097	229.54	-0.07730	1.889274
Adlerstein (1986)	Hornos (IV)	101	131.40	-0.362	0.491
Lépez (1987)	Mehuín (X)	—	201.00	-0.12	—

\*Data from Acuña and Stuardo (1979).

spawning checks deposited in late summer and early spring. Adlerstein also suggests that the growth pattern may follow, at least initially, a Gompertz type growth curve, but decides in favor of using the von Bertalanffy growth function.

The mean length of time needed to reach the commercial size of 100 mm has been estimated as 3.5 years (Adlerstein) for Region IV, and in Region V as 4 years in Quintay (Castilla and Jerez, 1986), and as between 4 and 5 years by Acuña and Stuardo (1979). In Region X, Bustos *et al.* (1986) estimated commercial size as occurring at between 5 and 6 years, while Lépez (1987) estimates that commercial size is obtained in 6 years (1984 growth rates) or more (1985 growth rates) for tagged intertidal specimens.

Castilla and Jerez (1986) estimated the critical size using the equation of Alvenson and Carney. In all of the cases examined, the critical size exceeded the 100 mm size limit presently in effect. The values, calculated with a natural mortality of 0.20, ranged from 120 to 129.

### Mortality parameter estimates

Several estimates of natural and fishing mortality, calculated with a variety of techniques, have been published. Castilla and Jerez obtained various estimates (Table 3a) using the method of vanSickle (1977) for sites in Regions V to obtain estimates of the total mortality (Z). These authors applied the same technique to samples of nearly virgin populations from isla Pájaros (Region IV) to obtain estimates of the maximum value of natural mortality. Geaghan and Castilla (1986, 1987) employed a modified version of the Leslie model (incorporating natural mortality and recruitment) to obtain estimates of natural mortality (M) and the catchability coefficient (q) (Table 3b). An additional estimate of fishing mortality of 0.97 is provided by Jerez and Rivas (1988) for Region X (Table 3b).

### Recruitment

In studying the dynamics of fished populations, it is necessary, at a minimum, to

Table 3a  
Published values of parameter estimates for natural mortality (M) and total mortality (Z) based on length frequencies for the Chilean loco

Authors	Area (Region)	n	M	Z
Castilla and Jerez (1986)	Isla Pájaros (IV)	—	0.2; 0.23	—
Castilla and Jerez (1986)	Las Cruces (V)	193	—	1.277
Castilla and Jerez (1986)	Las Cruces (V)	166	—	1.817
Castilla and Jerez (1986)	El Quisto (V)	1,120	—	1.956
Castilla and Jerez (1986)	Quintay (V)	2,434	—	1.876
Castilla and Jerez (1986)*	Montemar (V)	105	—	2.103

\*Average for various sub-populations.

**Table 3b**  
**Published values of parameter estimates for natural mortality (M), fishing mortality (F) and catchability coefficients (q) for the Chilean loco**

Authors	Area (Region)	M	F	q
Geaghan and Castilla (1986)	Quintay (V)	0.147	1.727	-0.0001034
Geaghan and Castilla (1986)	Cruz Grande (IV)	0.194	2.146	-0.0000726
Geaghan and Castilla (1987)	Hornos (IV)	—	—	-0.0001334
Geaghan and Castilla (1987)	El Quisco (V)	—	—	-0.0000964
Jerez and Rivas (1988)	Ancud (X)	0.154*	0.97	—

\*Bustos (1986) in Jerez and Rivas (1988). The value of M is given as a mean 0.154 s. deviation 0.043.

understand and measure the major additions to and losses from the population. This would include natural and fishing mortality as losses, and growth and recruitment as additions. As listed above, there is an appreciable amount of information available on mortalities and growth. However, there is very little information on recruitment. The habitat used for recently settled post larval locos and growth rates have been described by Guisado and Castilla (1983) and L pez (1987). The pattern of juvenile distribution, mortalities and movements have been discussed by Rivas and Castilla (1987).

Mean daily rates of recruitment have been estimated for four fished populations (Geaghan and Castilla, 1986, 1987). In Region IV daily rates of recruitment were estimated as 2,866 for the fishing village of Hornos and 5,370 for Cruz Grande. In Region V estimates were 1,732 for Quintay and 1,438 for El Quisco. Since these fished populations are specific areas, each with its own surface area and capacity to support locos, figures for these sites cannot be readily generalized to other fished populations. These estimates were also made for specific time intervals, and may not reflect the recruitment potential of present population levels.

There is no additional information on recruitment levels or recruitment potential. Durán and Castilla (1988), based on laboratory observations, have estimated size specific fecundity for locos in Region V. To date there have been no efforts to relate recruitment levels or the size of prerecruit life stages to adult population levels.

## DISCUSSION

In the winter of 1985, during the first months of the 1985/86 season, there was a sharp, anomalous reduction in the catch of locos and the occurrence of smaller sizes in

the catch. A two year closure was initiated in September of 1985 to prevent growth over-fishing. Growth over-fishing as described by Gulland (in Lackey and Nielsen, 1980) refers to a fishery where small individuals are taken incidentally in an intensive fishery. This results in an inefficient, non-optimal exploitation of the fishery. Gulland states that the obvious solution is to "prohibit the landing or retention on board of small fish", and that this is "possible in a few cases, notably when each animal is taken individually". If sizes cannot be controlled, then effort is reduced to increase the overall life span and thus optimize the harvest.

Locos are taken individually by divers. In many areas, the divers do an excellent job of judging and selecting legal sized locos. Therefore, the appearance of smaller individuals in the loco fishery, particularly in 1985, was due to a change in criteria by the divers and fishermen, and was probably a result of increasing demand and decreasing supply. The appropriate course of action would be better enforcement and education of the fishermen. But, more important, even if growth over-fishing was present, this type of over-fishing alone is not likely to lead to a collapse in the fishery. The problem is primarily one of inefficiency in terms of optimizing the harvest.

Much more serious consequences can result in a fishery that experiences recruitment over-fishing. Gulland (in Lackey and Nielsen, 1980) states that this occurs when the "adult stocks are reduced to the level at which there is a significant fall in the average recruitment", and that this type of over-fishing is "much more serious than growth over-fishing and can lead to the complete collapse of the fishery". He also notes that this type of over-fishing is much harder to detect, and that its control would often justi-

fy "a very substantial and rapid reduction in catches".

The partial recovery in the loco populations following the closure, discusses below, and evidence from closed areas (see Moreno and Reyes, 1988 and Castilla, 1988) indicates that the loco probably did not suffer from a complete collapse of recruitment. However, present rates of recruitment may be reduced in comparison to previous years, and may have contributed to the sharp declines observed in 1985. Numerous hypotheses can be stated to potentially explain the 1985 decline in catches in addition to a reduced rate of recruitment due to recruitment over-fishing, such as reduced population levels due to clandestine fishing or reduced recruitment for some transitory reason (reduced growth). However, it is of the utmost importance to guarantee that recruitment over-fishing does not occur in the future.

Some index or measure of recruitment will be needed.

### The Fishery

The total production in Chile (Figure 2, insert) averaged about 4,000 t from 1956 through 1971, and after 4 years of catches averaging 5 to 6 thousand t increased rapidly to nearly 25 thousand t in 1980. Since 1980, the loco catches have decreased rapidly, though the generally lower catches since 1985 may be the result of shortened seasons. The sustained catches observed from 1956 through 1971 would suggest that a quota should be at least 4,000 t, and something less than 25,000. Jerez and Rivas (1988) calculate a conservative estimate of 5,000 t for the 1988 season, which is probably a good initial level in view of the uncertainty associated with the fishery in 1987.

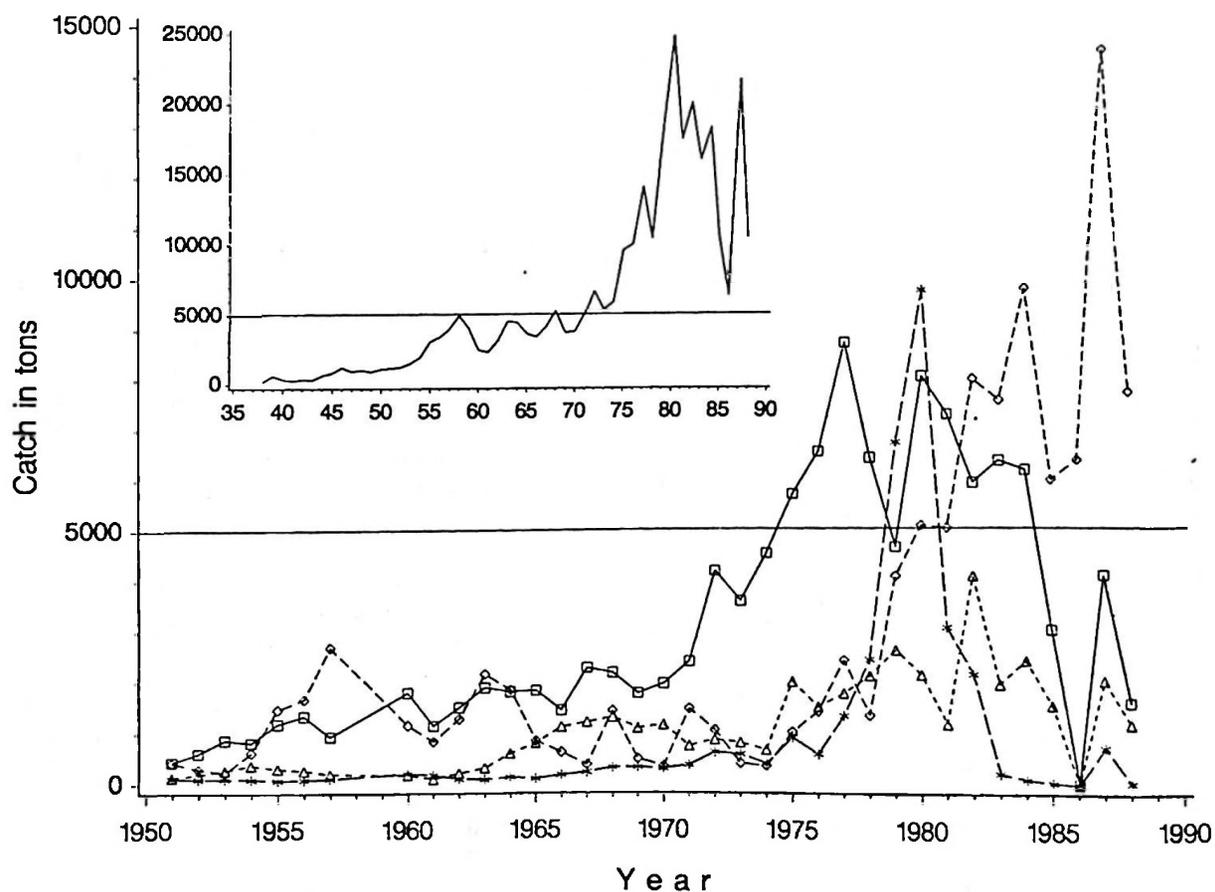


Figure 2. Annual catch in tons of loco (*Concholepas concholepas*) for all of Chile (inset) and separately for four geographical subdivisions; Northern (Regions I-II: \*), Central (Regions III-VI: □), South-Central (Regions VII-IX: △) and the South (Regions X-XII: ×). The database, provided by SERNAP, the Chilean National Fishery Service, contains preliminary figures for 1988.

Examination of grouped regions (Figure 2) suggests that the best quota may be considerably more than the 4,000 t indicated by the annual catch data. The central regions of Chile (zones III, IV, V and VI) and the southern regions (particularly zones X and XI) were probably under-exploited during most of the years included in the catch statistics. The central regions provided a sustained yield of approximately 2,000 t from 1960 through 1972, and a sustained yield of over 5,000 t from 1975 through 1984. This suggests that, barring changes in recruitment levels, the quota for the central region should be at or above the 5,000 t level.

During the period between 1960 and 1978, the southern region generally produced less than 2,000 t annually. Since 1979, the yield from the southern region has increased dramatically to around 8,000 t annually. Much of this production has resulted from the exploitation of virgin fishing grounds as fishermen, principally from zone X, have fished further south into zone XI. To what extent the present levels of exploitation can be sustained is unknown.

The region encompassing zones VII through IX have had a stable production of 1 to 2 thousand t since 1960, and has generally produced in excess of 2,000 t since 1975. The 2,000 t level appears to be sustainable.

The most variable region is northern Chile (zones I and II). This area provides little production, generally under 1,000 t. However, it rose from under 1,000 t in 1976 to 10,000 t in 1980, and returned to under 1,000 t by 1983. The high production, observed in 1980 is the primary cause of peak in national production observed in that year. Discussions during this symposium suggested that variations in loco productivity in northern Chile may be the result of variations in environmental factors, especially the capricious El Niño current. If this proves to be true, this area should be treated as a special case in future management plans.

If the apparently sustainable levels discussed above from the SERNAP landings data are correct, regions III through IX alone should provide 7,000 t annually. The southern regions should be capable of sustaining a level of production of at least 3 to 4 thousand t, suggesting a sustainable national level of in excess of 10,000 t annually, plus any production from northern Chile.

Figure 3 shows the average catch per boat days for four fishing villages in central Chile (Regions IV and V) as both means for 100 boat days of effort and the simulations from Geaghan and Castilla (1987). The record is not complete for any one area, but the parallel pattern of the existing station records suggests that the pattern would generally reflect the catch per unit of effort for the central region. Also, the Chilean artisan fishermen have shown themselves to be quite mobile, so it seems unlikely that individual areas would maintain higher than average catch rates for very long.

Assuming that Figure 3 is representative of catch rates for central Chile, there are several observations that can be made. First, the sharp drop in 1982 was the direct result of increased fishing effort (Geaghan and Castilla, 1986 and 1987). The sharp drop appears to be associated with the first 3-month closed season in 1982, and possibly resulted from increased demand and prices following that closed season.

Since that decreasing yield per boat was accompanied by an increase in effort, the total production from central Chile has not decreased proportionally, declining from about 8,000 t in 1980 to 6,000 t in 1984 (Figure 2). The subsequent declines evidenced in Figure 2 are the likely result of catch restrictions in effect since 1985, and not due to additional declines in catch rates. In fact, available evidence from the 1987 season (Figure 3) indicates that catch rates increase from a low of about 200 locos per boat-day in 1985 to 500 locos per boat-day in 1987. The higher catch rates predicted by simulation models (Geaghan and Castilla, 1986 and 1987) do not take into account clandestine fishing or possible reductions in recruitment.

The most disturbing trend in Figures 2 and 3 is the apparent large drop in population densities in 1982, as evidenced by decreasing catch per unit of effort. The decreasing densities alone are not necessarily a problem, if it were certain that the existing populations could maintain production. However, with virtually no knowledge of recruitment capability, the reduced populations must be a concern to fishery managers. The sharp drop in catch per unit of effort in the winter of 1985 may have resulted, at least in part, from reduced recruitment.

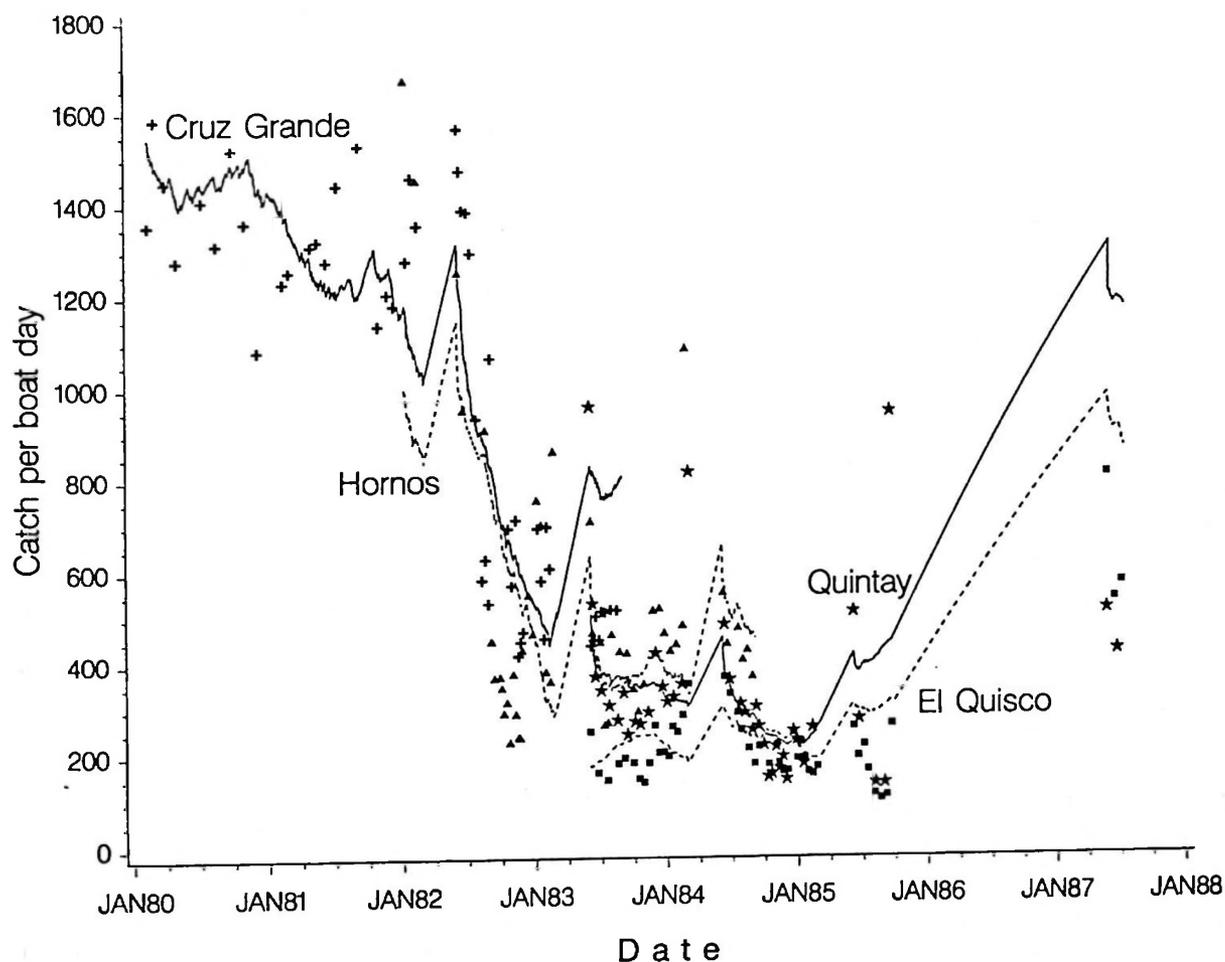


Figure 3. Catch per unit of effort of loco (*Concholepas concholepas*) per boat-days for four fishing villages in Central Chile; Cruz Grande (Region IV: +), Hornos (Region IV:  $\Delta$ ), Quintay (Region V:  $\star$ ) and El Quisco (Region V:  $\square$ ). Individual data points represent the mean of approximately 100 boat-days of effort. Solid lines are simulations from Geaghan and Castilla (1987) with additional projections beyond 1986 for Quintay and El Quisco.

### Management alternatives

Assuming that a policy of open entry to the fishery is maintained, there are several obvious choices of action. One extreme would be a complete closure of the fishery to insure recovery. This choice is reasonable only if necessitated by recruitment over-fishing. The other extreme would be to open the fishery entirely, an option that could result in extremely inefficient exploitation of this open access fishery.

Two more reasonable choices are to continue with an annual quota, refining this over time to an optimum level, or to reopen the fishery for an extended period of time, from several months to a year or more, probably maintaining the annual 3 month closed season. Each of these courses of action have

consequences for the fishermen, industries and the resource.

The quota system of management has several strong advantages for the loco fishery. It should limit the fishing levels, which is critical if recruitment over-fishing exists. It is also relatively easy to enforce, insofar as regulations of the loco fishery can be enforced. Unfortunately, clandestine fishing may negate many of the advantages of the quota system, or any other attempt to limit fishing effort.

The 1988 quota was set nationally at 5,000 t. The fishery was closed after 6 days of landings, almost all of which had apparently been stockpiled prior to the opening date. The quota was also exceeded by at least 100 percent. Preliminary data from SERNAP,

the Chilean National Fishery Service, places the total 1988 landings at over 10,000 t. Therefore, as a result of stockpiling, or apozamiento, any quota up to 10,000 t, as evidenced by the 1988 experience, is likely to be filled in a week without any possibility of documenting effort.

The SERNAP landings data includes locos landed during the 6 day open season, including those which were apozados. However, clandestine landings which are not seized by SERNAP are not included, so the annual total landed exceeds the SERNAP figure by an unknown amount.

The calculation of the 1988 quota was based on estimates of catchability from fishing grounds in Region X. Estimates were based on 12 sub-populations, presumed to be banks of locos, selected from 60 sub-populations fished by fishermen from 3 villages. A relatively conservative estimate of the growth rate, 0.9, was used in recruitment calculations from Bustos *et al.* (1985), along with a natural mortality estimate of 0.2, were used estimating production. These calculations for southern Chile were subsequently expanded to a national level.

In order to evaluate this approach, independent estimates of recruitment are needed. It is also necessary to determine if growth, mortality and recruitment parameter estimates from a single region are adequate to determine quotas at a national level. The 5,000 t quota would appear conservative in view of the historic levels examined by grouped regions presented earlier. In fact, the observed production of 10,000 t, 100 percent over the quota, appears to be a more reasonable level. It is possible, if future quotas are exceeded by 100 percent, that an artificially low quota must be designated to obtain the desired level. However, it seems unlikely that 10,000 t would be stockpiled again to fill future quotas, in view of the low quality and mortalities observed in 1988. Furthermore, managers would risk a loss of credibility in setting an artificially low quota.

The quota system of management is not necessarily the most efficient approach, in terms of obtaining an optimal harvest level. The desirability of this approach depends on the ability to enforce the established quota, and the availability of sufficient information to establish an optimal quota. The quota has an additional disadvantage in that regional quotas are difficult to manage, and a national

quota may still result in over-fishing in some areas and underfishing in others. The quota system also yields very irregular production levels for the fishermen and industries, with the total annual production being produced in 6 days in the case of the loco. Finally, if the quota is filled quickly, less than a month, then there is little or no data available to evaluate densities and modify the quota in the future. In the case of the loco, the quota system, if maintained, means an almost total loss of catch and effort data.

An alternative is to reopen the fishery for an extended period of time. Reopening the fishery would almost certainly result in a repeat of the pattern observed in 1982, with rapidly falling catches following the opening date. The 45 day open season of 1987 produced near optimal levels, and perhaps half of the catch was taken during the season, with the other half resulting from stockpiling. This pattern, if it could be repeated with a 45 to 60 day season, would likely provide adequate estimates of catch and effort to evaluate stocks. Also, if the fishermen could be guaranteed a longer season, as opposed to 6 days, there would perhaps be less incentive to stockpile prior to the opening date. An additional advantage to this approach are that it provides a relatively regular supply for industries. However, levels of effort would be more difficult to control, and there is some potential for recruitment over-fishing with this approach.

### Management models

Management models to be considered include most classic models. Models such as the Schaeffer yield model and Ricker recruitment model are not likely to be useful in the near future because of the limited data. Where available, the data series is restricted to isolated villages and periods of only a few years (Figure 3). The Beverton-Holt yield per recruit model can be applied to the isolated villages for which data are available. However, the fishing mortality levels predicted as optimal for the village of Quintay ( $F=0.4$ ) were much lower than the observed levels ( $F=1.7$ ) (Geaghan and Castilla, 1987) and may not be truly optimal for this artisan fishery. The Beverton-Holt model is based on biomass, but the locos are traditionally sold as numbers of individuals, not by weight. In recent years some consideration of size and quality has been taken into ac-

count in the sale of locos, but the number of units remains the primary consideration in the sale of locos by the fishermen. This partly negates the effectiveness of the Beverton-Holt model.

A fishing mortality of 0.4, the value predicted as optimal by the Beverton-Holt model, in the village of Quintay would require only 1 or 2 boats fishing on a regular basis, a large reduction from the average of 8 prior to 1985, and much below the approximately 20 boats which are disposed to fish locos during the shortened seasons. However, it may be better for 8 or 10 artisan fishermen to make a living than for 1 or 2 be extremely successful. We suggest, therefore, that the "optimum" for this fishery may not be simply the economic optimization of yield, but rather that a larger number of fishermen given access may in fact be optimal.

Geaghan and Castilla (1986, 1987) developed a simple simulation model for 4 fishing villages in central Chile. This approach is particularly interesting, since unlike most traditional management models, it provides a day to day indication of stock levels. The model is useful in evaluating the effect of hypothetical management techniques.

Cohort analysis has also been used in several studies of the loco. Since ages are not available, the version used has been that of Jone's adaptation to use with lengths. While providing much useful information, this model is particularly dependent on the availability of a good growth model.

Another potentially useful model for loco management is Kimura's stock reduction analysis. The potential use of this model for the loco has not yet been explored in published literature.

An additional, recent development of interest is the possibility of concessions of sections of the sea for individual management by scientific or commercial enterprises. This should be a major consideration in future management plans, since concessions cannot be included in the national quota, and if well managed could limit effort and open the way for continuous fishing, thus following the "long term opening" pattern described. A successful concession could also provide recruitment to adjacent areas. Managing a concession will require information on a small scale, both spatially and temporally. Investigating and managing agencies should be prepared to provide some assistance to concessionaires. Concessions, in turn, could

become a valuable source of information and understanding of loco population dynamics, and that of other species as well.

## CONCLUSIONS

Although there is considerable understanding of the behavior and growth of locos, there are numerous aspects of the early life history that have not been documented, but are important to understanding population dynamics. There is no published literature on the survival or extent of dispersion of the planktonic larval stages. The fecundity of the loco has been recently examined by Durán and Castilla (1988) but the potential of reproduction by unexploited sub-legal size classes (60 to 100 mm) to support the fishery has not been examined.

Population units of the loco have yet to be defined, and the influence of environment on growth and other life history aspects have not yet been determined. The literature shows various discrepancies in growth models and other aspects of the life history, particularly the period of copulation, formation of maicillos and egg capsule deposition. It is not clear if these differences are regional, environmental or just variation between authors and techniques.

Traditional methods of evaluating stock densities based on catch and effort data have been extensively used. However, there is some question as to whether this use is valid, since some of the assumptions associated with these methods are not met. These questions must be addressed, not if catch per unit of effort is used, the best level of resolution of fishing grounds for the application of catch and effort has yet to be determined (regional, village or individual fishing baks).

Although some estimates of mortalities are available, a single value of natural mortality has been used for most studies and management assessments. The dependency of this value on age, and different life stages has not yet been determined.

Perhaps the most important lack of information is in the area of recruitment. The type of relationship between adult populations and recruitment is not known. The decreasing population densities represented by the declining catch per unit of effort information (Figure 3) may have a great impact on recruitment, but to date there is no information on recruitment densities.

## Goals

The most immediate concern of fishery managers must be to insure continuance of the fishery, especially against recruitment failure. The establishment of refuges is one measure which may help insure against such a failure. Other immediate concerns are to optimize the yield by refining the national quota or determining an adequate period of aperture for the fishing season, and to bring some stability to a fishery which has undergone a series of changes in regulations in the last 8 years. Another short term goal should be the development of techniques for monitoring recruitment levels.

In the medium term, the concerns of management must be to refine quotas or open seasons in order to optimize the fishery at the regional level. This will allow management to take advantage of parameter estimates and stock production estimates for the appropriate sub-populations of loco. The development of a recruitment index in order to evaluate the potential for recruitment failure should be undertaken as soon as techniques for monitoring recruitment are developed.

Long term goals would include the continued refinement and optimization of the chosen management technique. This should be greatly facilitated by the development of a recruitment index and model, and the estimates of regional parameter estimates such as growth. Once the relationship between parental stock and recruitment is documented, impact of stocking and repopulation can be better assessed.

The information required to meet these goals is first, traditional fishery data, in the form of catch and effort data. This type of data should be taken continuously. In order to obtain this data, fishery managers must regain some measure of control over fishing patterns. The present practices of apozamiento and clandestine fishing negate any attempt to obtain adequate fishery data.

Efforts must be made to develop an index of recruitment. This is necessary to develop an adequate management model and to assess the potential for restocking.

## Education

Many of the existing problems in the loco fishery would be more manageable if communication with the fishermen were improved, and if they were better informed

about management objectives. McHugh (in Lackey and Nielsen, 1980) discusses the resistance of fishermen to management, and the effect of competition among the fishermen. He states that "the only possible remedy for resistance to management is some form of education". Channels of communication between managers, fishermen and industry are virtually nonexistent in the present loco fishery.

Competition among the loco fishermen is great, and is manifested particularly in the taking of sub-legal individuals and in apozamiento. If other fishermen take sub-legal individuals, then the individual who does not is at a decided disadvantage. The competition for sub-legal individuals occurs primarily on a village by village basis, and indeed size selection varies greatly between villages and between years. Competition to fill the quota by stockpiling, which in turn results in a shortened season and a greater need for stockpiling, works at both a local and national level. This competition is particularly fierce since a fisherman who does not stockpile is devastated by a season lasting only 6 days.

Education and communication would likely be relatively effective in the prevention of sub-legal individuals, since this involves cooperation at only a local level. With the cooperation of industry and improved enforcement, the potential for growth overfishing should be relatively easy to address.

A much more difficult problem is the elimination of apozamiento. A fisherman approaching a fishing season that will be terminated upon completion of a quota, and with the knowledge that the previous season lasted only 6 days, must stockpile in order to obtain his share of the common resource. The designation of a season, 45 or 90 days, instead of a quota, would undoubtedly help in reducing apozamiento. This would also insure managers of some useful catch and effort data if the season were longer than the two or three week period in which extensive apozamiento is likely to be practiced.

The establishment and dissemination of clear, well defined management objectives should do much to improve relations between managers and fishermen. The fishermen are entitled, for example, to know under what conditions the fishery will be closed. If the development of concessions is realized, then the need for communication will be in-

creased as the fishermen then become the managers.

### Acknowledgments

We would like to acknowledge the financial assistance in Chile of the Fundación Andes provided to James Geaghan while on sabbatical leave from Louisiana State University. J.C. Castilla acknowledges the continuous help from IDRC, projects 3-P-80-0107 and 3-P-85-0069. The final manuscript was completed during a sabbatical leave of J.C. Castilla under the support of IDRC, The Fulbright Commission and Fundación Andes.

### LITERATURE CITED

- ACUÑA, E. & J. STUARDO. 1979. Una estimación de clases anuales y crecimiento relativo en muestras de dos poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). *Biología Pesquera*, Chile 12: 131-142.
- ALDERSTEIN, S. 1986. Age and growth of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). MS Thesis, University of Washington, Seattle. 179 pp.
- AVILÉS, S.A. & E. LOZADA. 1975. Estudio histológico del ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) en punta Saliente, Coquimbo. *Boletín Sociedad de Biología de Concepción*, 49: 207-218.
- BUSTOS, E.; E. PACHECO; A. ZABALA; E. LARA; H. ROBOTHAM; A. REYES & A. AUGSBURGER. 1985. Estudio de edad y crecimiento del recurso loco (*Concholepas concholepas*) en la III y X Región. IFOP report to CORFO (10/85). 42 pp.
- BUSTOS, E.; H. ROBOTHAM; E. LARA & E. PACHECO. 1986. Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de la ecuación de von Bertalanffy (Gastropoda-Muricidae). *Investigaciones Pequeras* (Chile) 33: 33-45.
- BUSTAMANTE, R. & J.C. CASTILLA. 1987. The shellfishery in Chile: An analysis of 26 years of landings (1960-1985). *Biología Pesquera Chile*, 16: 79-97.
- CASTILLA, J.C. 1979. *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae): postura de cápsulas en el laboratorio y en la naturaleza. *Biología Pesquera*, Chile 12: 1-97.
- CASTILLA, J.C. 1982. Pesquería de moluscos gástrópodos en Chile: *Concholepas concholepas*, un caso de estudio. *Monografías Biológicas* (2): 199-212.
- CASTILLA, J.C. 1988. Una revisión bibliográfica (1980-1988) sobre *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Problemas pesqueros y experiencias en repoblación. *Biología Pesquera*, Chile 17: 9-19.
- CASTILLA, J.C. & J. CANCINO. 1976. Spawning behavior and egg capsules of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Marine Biology*. 37: 55-263.
- CASTILLA, J.C. & L.R. DURÁN. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of Central Chile: The effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). *Oikos*. 45: 391-399.
- CASTILLA, J.C.; CH. GUISSADO & J. CANCINO. 1979. Aspectos ecológicos y conductuales relacionados con la alimentación de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biología Pesquera*, Chile. 12: 99-114.
- CASTILLA, J.C. & G. JEREZ. 1986. Artisanal fishery and development of a data base for managing the loco, *Concholepas concholepas*, resource in Chile. In G.S. Jamieson and N. Bourne (ed.), North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 92: 133-139.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger*. 30(4): 358-368.
- DURÁN, L.R.; J.C. CASTILLA & D. OLIVA. 1987. Human predation intensity on rocky shores at Las Cruces, Central Chile. *Environmental Conservation*. 14(2): 143-149.
- DURÁN, L.R. & J.C. CASTILLA. 1988. Determinación de la fecundidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en condiciones de laboratorio. *Biología Pesquera*, Chile. 17: 39-45.
- GALLARDO, C. 1973. Desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas* (Bruguière). *Pub. Ocasional 16*. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. 16 pp.
- GUISSADO, CH. & J.C. CASTILLA. 1983. Aspects of the ecology and growth of an intertidal juvenile population of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) at Las Cruces, Chile. *Marine Biology* 78: 99-103.
- GEAGHAN, J.P. & J.C. CASTILLA. 1986. Use of catch and effort data for parameter estimates for the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. In: North Pacific Workshop on Stock Assessment and Management. G.S. Jamieson and N. Bourne (eds.), Canadian Special Publication, Fishery and Aquatic Sciences 92: 168-174.
- GEAGHAN, J.P. & J.C. CASTILLA. 1987. Population dynamics of the loco (*Concholepas concholepas*) fishery in Central Chile. *Invest. Pesq. (Chile)* 34: 21-31.
- HERRERA, G. & A. ALVIAL. 1983. Talla mínima de madurez en poblaciones de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). *Mollusca: Gastropoda: Muricidae* en Iquique, Chile. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5(2): 289-293.
- JEREZ, G. & D. RIVAS. 1988. Captura total permisible del recurso loco. Circular Instituto Fomento Pesquero, Santiago, Chile. 23 pp.
- LÉPEZ, M.I. 1987. Ecología intermareal de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) bajo dos regímenes de intervención antrópica. MS Thesis, Universidad Austral de Chile. 136 pp.
- LOZADA, E.; M.T. LÓPEZ & R. DESQUEYROUX. 1976. Aspectos ecológicos de poblaciones chilenas de loco *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusc). *Biología Pesquera* 8: 5-29.
- MCHUGH, J.L. 1980. Coastal Fisheries (in Fisheries Management, Chapter 14, Lackey, Robert T. and Larry A. Nielsen, Ed.). Blackwell Scientific Publications, Halsted Press, N.Y. 422 pp.
- MORENO, C.A.; K.M. LUNECKE & M.I. LÉPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropod) populations to protection from Man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos* 46: 359-364.
- MORENO, C.A.; A. REYES. 1988. Densidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la Reserva Marina de Mehuín: Evidencia de

- falla en el reclutamiento. *Biología Pesquera, Chile*. 17: 31-38.
- OLIVA, D. & J.C. CASTILLA. 1986. The effect of human exclusion on the population structure of key-hole limpets *Fisurella crassa* and *F. limbata* on the coast of Central Chile. *P.S.Z.N.I.: Marine Ecology* 7(3): 201-217.
- RAMORINO, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaiso. *Revista Biología Marina, Valparaiso*, 15(2): 149-177.
- RAMORINO, L. 1979. Recurso loco *Concholepas concholepas* (Bruguière) Gasteropoda Monotocardia Muricidae. IFOP report. 34 pp.
- RIVAS, D.A. & J.C. CASTILLA. 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca-Gastropoda-M) en Chile Central. *Investigaciones Pesqueras (Chile)* 34: 3-19.
- SCHMIEDE, P. & J.C. CASTILLA. 1979. Estudio del recurso *Concholepas concholepas* (Loco) en la IV Región de Chile. Report to SERPLAC and the P. Universidad Católica de Chile. 213 pp.
- TOBELLA, G.M. 1975. Crecimiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca-Gastropoda-Muricidae). *Boletín Sociedad de Biología de Concepción*. XLIX: 185-189.
- TYLER, A.V. & V.F. GALLUCCI. 1980. Dynamics of Fished Stocks. In: *Fisheries Management*, Chapter 5. Lackey, Robert T. and Larry A. Nielsen (eds.). Blackwell Scientific Publications, Halsted Press, N.Y. 422 pp.

## INVESTIGACIONES BIOTECNOLÓGICAS EN LARVAS DE "LOCO", *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE)

### BIOTECHNOLOGICAL RESEARCH ON *CONCHOLEPAS CONCHOLEPAS* (BRUGUIERE, 1789) (GASTROPODA, MURICIDAE) LARVAE

---

*Nibaldo C. Inestrosa, Roberto González, Mauricio A. González, Alejandra Perelman, Juan P. Sánchez, Cecilia Koenig & Enrique Brandan*

#### RESUMEN

El aporte de la investigación básica ha sido decisivo en el desarrollo de cultivos de organismos marinos. Esta contribución tiene facetas relacionadas, por una parte, con el nuevo conocimiento adquirido al estudiar las especies de interés y, por otra, con la creación de tecnologías que permitan manejar cultivares de especies, en este caso, propias del litoral chileno. Un ejemplo interesante es la pesquería del "loco" (*Concholepas concholepas*), cuya explotación está en crisis por la sobreexplotación del recurso. Es necesario buscar alternativas para obtener semillas y reclutas con el objeto de recuperar las poblaciones naturales y su potencial económico. Por estas razones, hemos iniciado un programa destinado al cultivo controlado de la especie. Los objetivos de este trabajo consisten en buscar marcadores del desarrollo larval, identificar moléculas relevantes en el asentamiento y metamorfosis y evaluar la existencia de factores de crecimiento en esta especie.

Tres proteínas larvales de 180, 119 y 111 kDa, respectivamente, no sintetizadas *de novo*, prácticamente desaparecen a las tres semanas post-eclosión, lo que indicaría una transición importante en la larva planctónica. La actividad específica de la acetilcolinesterasa (AChE; EC. 3.1.1.7) aumenta 1,200 veces desde huevo a juvenil, mientras que la actividad de la butirilChE (EC. 3.1.1.8) disminuye concomitantemente. Esta evolución inversa define un "Índice Colinérgico de Desarrollo Larval", cuyo valor estaría relacionado con estados precisos del desarrollo. Las larvas velíferas poseen un activo metabolismo de macromoléculas sulfatadas, evidenciado por la incorporación de sulfato radiactivo, estas macromoléculas sulfatadas tipo proteoglicanos podrían participar en procesos de biomineralización, como por ejemplo, la formación de la protoconcha y más importante en procesos relacionados con el asentamiento. Esto último surge del hecho que la disminución de la concentración del sulfato en el agua de mar determina una menor movilidad en larvas velíferas precompetentes.

Finalmente, nuestros estudios de ingeniería genética muestran que bacterias transformadas con ADN de "loco" poseen secuencias homólogas a las de una sonda para hormona de crecimiento humana, indicando la presencia de factores de crecimiento en el genoma del "loco".

En conclusión, nuestras observaciones indican que el conocimiento de ciertas características moleculares del "loco" podrían ser consideradas como información adecuada para la implementación de tecnologías de manejo larval eficientes, viables y compatibles con la protección de la especie y sus niveles tróficos asociados.

*Palabras claves: Loco, desarrollo, asentamiento, inductores, hormonas.*

#### ABSTRACT

Basic research in marine organisms has been an important contribution to the development of aquaculture technologies. On one hand, there is the generation of new knowledge concerning the species of interest and on the other, the creation of technologies that would allow the management of different cultivars, in this case of species that are native to the Chilean coast line. This has been largely ignored in our country in the exploitation of valuable marine resources. The "loco" (*Concholepas concholepas*) fishery is a dramatic example of this situation because it has become an overexploited species. It is urgent to search and develop adequate alternatives to obtain seed and recruits for the repopulation of natural stocks in order to recuperate their economic potential. Considering the above reasons we have begun a program to grow under controlled conditions this organism. The objectives of our work are: search for larval developmental

markers, identify molecules which are relevant in settlement and metamorphosis and to evaluate the presence of growth factors in this species.

Three larval proteins of molecular weights of 180, 119 and 111 kDa respectively which are not synthesized *de novo* almost disappear after three weeks of planktotrophic life indicating a significant transition in the planktonic larvae. The specific activity of acetylcholinesterase (AChE; EC. 3.1.1.7.) increases 1,200 times from egg to juvenile while butyrylChE (EC. 3.1.1.8) diminishes accordingly. This inverse evolution would allow us to define a "Larval Cholinergic Developmental Index", a value related to specific developmental stages. Veliger larvae have an active metabolism of sulfated macromolecules as indicated by radioactive sulfate incorporation; these molecules which probably correspond to proteoglycans may participate in biomineralization process as for example protoconch formation and more importantly in settlement related events. This latter idea was suggested by the fact that decreasing sulfate concentration in the sea water determines a behavioral response characterized by a slow down of swimming in pre-competent veliger larvae.

Finally, our genetic engineering studies demonstrated that recombinant bacteria, transformed with "loco" DNA have sequences that are homologous to that of a human growth hormone probe indicating the presence of such sequence in "loco" genome. Taken together our studies indicate that some "loco" characteristics could be used for the development of efficient and viable technologies of larval management which are compatible with the protection of the species and their associated trophic levels.

*Key words:* Loco, development, settlement, inducer, hormone.

## INTRODUCCION

La investigación básica ha contribuido en forma decisiva a mejorar la producción de cultivos de ostras, abalones, ostiones, mitilidos, erizos y otros invertebrados marinos comercialmente valiosos (Colwell, 1983; Morse, 1984a). El uso de moléculas conocidas como inductores, que en forma específica provocan asentamiento y metamorfosis de larvas competentes, refleja en forma elocuente este aporte (Burke, 1983; Crisp, 1984; Hadfield, 1984). Estos inductores, asociados a sustratos donde se produce la metamorfosis y el reclutamiento definitivo de la larva en el bentos, son reconocidos por receptores quimiosensoriales de la larva (Morse, 1989). El reconocimiento del inductor por los receptores desencadena una respuesta global en la larva, cuya expresión final la constituyen los sorprendentes cambios morfogenéticos que acompañan la metamorfosis. Entre los inductores se encuentran moléculas tan diversas como neurotransmisores: ácido gamma-aminobutírico (GABA) para el abalone *Haliotis rufescens* y otras especies (Morse et al., 1979); L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-DOPA) y noradrenalina en la ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg) (Coon et al., 1985); ácidos grasos libres en el poliqueto *Phragmatopoma californica* (Fewkes) (Pawlik & Faulkner, 1986) y el epóxido del delta-tocotrienol en el hidroide *Coryne uchidai* (Kato et al., 1975). En el caso de *Haliotis*, utilizando GABA se ha conseguido un manejo extraordinariamente eficiente del asentamiento y metamorfosis, obteniéndose millones de reclutas que pueden eventualmente trans-

formarse en adultos (Morse, 1984a). Por otro lado, se ha conseguido sustituir el uso de GABA, L-DOPA y otros inductores mediante la utilización del ion  $K^+$ , el cual, a concentraciones de hasta 20 mM, depolariza la membrana epitelial y desencadena la metamorfosis y reclutamiento (Yool et al., 1986; Pechenik & Heyman, 1987).

La aplicación del conocimiento básico en el manejo de invertebrados bentónicos no se reduce solamente al empleo de inductores del asentamiento y metamorfosis. En efecto, se están utilizando también técnicas de manipulación genética para obtener poblaciones homogéneas de individuos de buena calidad, aumentar la tasa de crecimiento e incluso extender los períodos de explotación, como en el caso de la ostra americana (Morse, 1986; Allen et al., 1986).

Esta situación contrasta claramente con la de *Concholepas concholepas* (Bruguère, 1789), "loco", un murícido que vive exclusivamente en las costas de Perú y Chile (Stuardo, 1979). Este gastrópodo está en peligro de extinción por la sobreexplotación de las poblaciones naturales, debido a su gran valor comercial (Castilla, 1983). Siendo el "loco" una especie única en el mundo (Castilla, 1976), la tecnología para su cultivo no puede ser importada como ha sido el caso de la mayoría de los cultivos marinos que se explotan en la actualidad en nuestro país. Desde esta perspectiva, hemos identificado tres problemas que deben ser solucionados para emprender el cultivo masivo de esta especie: 1) *larga vida pelágica*: la larva velígera tiene un largo período de residencia en el plancton, el cual puede

durar hasta 4 meses (DiSalvo, 1988). Esto se ha considerado como una limitante potencial en el cultivo controlado del "loco" por lo prolongado de esta etapa, lo cual ocasiona problemas técnicos en la mantención de ellos. 2) *asentamiento y metamorfosis larval*: no se conocen los factores inductores del asentamiento y metamorfosis en este organismo. La transición plancton-bentos sería una de las etapas más críticas en todo el proceso de crecimiento del "loco", a lo cual se debe agregar el desconocimiento absoluto sobre el proceso de reclutamiento en el bentos, y 3) *alimentación*: es necesario definir un régimen alimenticio de las larvas y encontrar condiciones para acelerar el crecimiento de los juveniles y adultos. Con el propósito de conseguir una tecnología adecuada para cultivar "locos" en condiciones controladas, hemos iniciado un programa con especial énfasis en aspectos de biología celular y molecular de este gastrópodo.

Los objetivos del presente trabajo son: 1) encontrar marcadores moleculares del desarrollo. Para obtenerlos hemos analizado las características de la síntesis y modificación post-traduccionales de polipéptidos de diferentes estados larvales, así como también, hemos estudiado el comportamiento ontogénico de la acetilcolinesterasa (AChE; E.C. 3.1.1.7), una enzima del sistema nervioso que puede servir como un marcador específico de ciertas etapas del desarrollo; 2) estudiar el metabolismo de macromoléculas sulfatadas, por la importancia que podrían tener en el asentamiento (Morse *et al.*, 1988) y en los procesos de biomineralización de la concha (Mann, 1988; Krampitz & Grazer, 1988), y 3) evaluar la presencia de genes de hormonas de crecimiento en este organismo, con la idea de producir las hormonas respectivas y poder usarlas para acelerar la tasa de crecimiento de juveniles y adultos de *Concholepas concholepas*.

## MATERIALES Y METODOS

### Reactivos

$\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$  (carrier free) y  $\text{S}^{35}$ -metionina (688,8 Ci/mmol) fueron adquiridos a Dupont, New England Nuclear, USA. Selenato de sodio, DEAE-Sephacel y Sepharose CL-4B fueron comprados a Sigma Chem. Co., USA. El agua de mar utilizada en este trabajo fue obtenida en la costa del Pacífico, frente a la Estación Costera de Investigaciones Mari-

nas (ECIM), Las Cruces, y fue filtrada por filtros Millipore de 0,45  $\mu\text{m}$ . El agua de mar artificial se preparó de acuerdo a la fórmula IV, Woods Hole Marine Biology Labs., USA (Cavanaugh, 1956). Las enzimas de restricción y el vector KS BlueScript usados en estos experimentos fueron comprados en Pharmacia, USA.

### Cápsulas: obtención y mantenimiento de embriones

Cápsulas, reclutas y juveniles de "loco" fueron recolectados por buceo autónomo en Quintay (33°20'S, 71°40'O), Las Cruces (33°15'S, 71°38'O 610) y El Clarón (32°42'S, 71°28'O), V Región. La edad relativa de cada grupo de cápsulas fue estimada por examen microscópico de una muestra de embriones de acuerdo a la descripción de Gallardo (1973). Los juveniles y reclutas fueron mantenidos en acuarios con agua de mar artificial con aireación constante entre 12 y 16°C; las cápsulas se mantuvieron en acuarios con sistema de circulación cerrada de agua de mar, purificada por filtración a través de discos Millipore de 0,45  $\mu\text{m}$ . Los juveniles fueron alimentados con choritos, *Perumytilus purpuratus* (Lamarck), cada 2 días y ayunados 4 días antes de ser disecados y procesados para los experimentos.

### Manejo experimental de embriones

Para cada experimento se disecó un número adecuado de cápsulas en condiciones estériles en agua de mar filtrada o artificial, bajo lupa Nikon-TMS. El número de larvas se determinó directamente en la lupa luego de la disección.

### Electroforesis en geles de poliacrilamida y radioautografía

Los polipéptidos de cada estado fueron analizados por electroforesis en geles de poliacrilamida con dodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE) de acuerdo al método de Laemmli (1971), según lo descrito previamente (Inestrosa & Méndez, 1983). De 10 a 100 embriones fueron solubilizados en amortiguador de carga 3x (Tris-HCl 195 mM, ditio-treitol 15 mM y SDS al 6%) a temperatura ambiente y luego hervidos por 5 min antes de ser cargados en el gel. En estas condiciones, es posible analizar los polipéptidos de 1-3 de larva velígera por carril de un gel de 0,8 mm de espesor. Para analizar los polipép-

tidos radiactivos, los geles fueron secados en papel Whatmann 3 MM y expuestos a  $-70^{\circ}\text{C}$  con placas Kodax X-OMAT AR5, con o sin placas intensificadoras Dupont Lightning PLUS o Cronex, según las cuentas estimadas por centelleo o Cerenkov. Para  $\text{S}^{35}$  el tiempo fue de aproximadamente 16 horas, para 800 cpm por banda de 100 ng de proteína teñida con azul de Commassie. Para el fósforo radiactivo, las cpm fueron estimadas directamente en el gel con un detector Geiger y expuestas 12 horas cada 1.000 cpm por banda. Algunos geles fueron fluorografiados (Bonner & Laskey, 1976) con las siguientes modificaciones: una vez desteñido el gel, se lavó 20 min con dimetilsulfoxido (DMSO) a  $37^{\circ}\text{C}$  con agitación leve y a continuación se incubó por 45 min en 80 ml de PPO al 10% en DMSO. El gel fue lavado en 2 recambios de agua desionizada, secado y expuesto.

#### **Incorporación de metionina en polipéptidos de velígeras**

La incubación se realizó con 1 larva/ $\mu\text{l}/\mu\text{Ci}$  de  $\text{S}^{35}$ -metionina por 2 horas a  $15^{\circ}\text{C}$  en agua de mar filtrada por filtros Millipore de 0,45  $\mu\text{m}$ . Al final de este periodo las larvas velígeras se lavaron con agua de mar y fueron homogenizadas en amortiguador de carga 3x a  $4^{\circ}\text{C}$ , luego se diluyeron con amortiguador de corrida y se hirvieron por 3 min antes de cargarlos en un gel de poliacrilamida al 12%. Los geles fueron teñidos, secados y expuestos según se detalló anteriormente.

#### **Incorporación de fósforo radiactivo a larvas velígeras**

Treinta larvas velígeras se incubaron en 1 ml de agua de mar artificial con 300  $\mu\text{Ci}$  de  $\text{P}^{32}\text{O}_4$  por 2 horas a  $15^{\circ}\text{C}$ . Las muestras fueron procesadas y analizadas en geles de poliacrilamida, tal como se describió previamente (Ruiz *et al.*, 1987).

#### **Efecto del sulfato en la movilidad larval**

Grupos de 25-50 larvas velígeras fueron incubadas en placas de Petri de 14 cm de diámetro en agua de mar artificial con sulfato 125  $\mu\text{M}$  o 25 mM (agua de mar normal). Al cabo de 10 min, se determinó el número de larvas presentes entre los 0,5 y 3,0 cm de diámetro y las que se encontraban entre los 3 cm y el borde de la placa; estos parámetros fueron elegidos entre diferentes tiempos y

distancias analizadas. Las larvas fueron obtenidas de cápsulas próximas a la eclosión en agua de mar, con una concentración de sulfato similar a la ensayada y, adicionalmente, se evaluó el efecto de la baja concentración de sulfato en larvas obtenidas en agua de mar normal.

#### **Incorporación de sulfato en larvas velígeras**

Entre 500 a 1.500 larvas velígeras fueron incubadas en agua de mar artificial sin  $\text{SO}_4$  y con 10  $\mu\text{Ci}$  de  $\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$  o con 10  $\mu\text{Ci}$  de  $\text{S}^{35}$ -metionina en las concentraciones de sulfato indicadas. A diferentes tiempos de postincubación, las larvas se lavaron y precipitaron con 1,5 ml de ácido tricloroacético (TCA) al 12%, a  $4^{\circ}\text{C}$ . Luego de 6 horas se centrifugaron a 14.000 rpm por 10 min. El sobrenadante se descartó y los precipitados se resuspendieron en 1,0 ml de TCA y se centrifugaron nuevamente; esto se repitió tres veces. Finalmente, los precipitados fueron disueltos en 1,0 ml de NaOH 1 N por 3 horas a  $37^{\circ}\text{C}$ . Se agregaron 0,25 ml de HCl 4 N y 0,5 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  y las muestras se traspasaron a un frasco de contador de centelleo, a las cuales se les agregaron 20 ml de mezcla para contar y la radiactividad se determinó en un contador de centelleo Beckmann LC 100 (Brandan *et al.*, 1989).

#### **Marcación y caracterización de proteoglicanos insolubles provenientes de larvas velígeras**

Entre 5.000 y 10.000 larvas velígeras fueron incubadas con 100  $\mu\text{Ci}$  de  $\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$ , sulfato de sodio 1 mM por 18 horas a  $18^{\circ}\text{C}$  en agua de mar artificial. Luego las larvas se lavaron con agua de mar y se homogenizaron en amortiguador Tris-HCl 50 mM (pH 7,4), Triton X-100 al 0,1% y fenilmetilsulfonil fluoruro (PMSF) 1 mM. El homogenizado se centrifugó a 14.000 rpm, por 15 min, a  $4^{\circ}\text{C}$  y el precipitado se rehomogenizó y centrifugó. El precipitado insoluble que contenía proteoglicanos fue disuelto en guanidina-HCl 4 M, acetato de sodio 50 mM (pH 6,0) y PMSF 1 mM durante 8 horas con agitación a  $4^{\circ}\text{C}$ . La fracción soluble fue separada en una columna de filtración Sephadex G-50  $\times$  18 cm, equilibrada en acetato de sodio 50 mM (pH 6,0), urea 8 M y Triton X-100 al 0,1%. La radiactividad eluida en el volumen de exclusión fue analizada en una columna de inter-

cambio iónico DEAE-Sephacel de 5,0 ml, equilibrada en acetato de sodio 50 mM, NaCl 0,2 M, urea 8 M y Triton X-100 al 0,1%. La columna se lavó con 25 ml del mismo amortiguador y se eluyó con un gradiente lineal de NaCl de 0,2 a 1,5 M disuelto en el mismo amortiguador con un flujo de 8,0 ml/hr, recolectándose fracciones de 1,0 ml. Finalmente, la columna se lavó con 15 ml del mismo amortiguador y NaCl 3 M. Las fracciones radiactivas se concentraron (Brandan & Inestrosa, 1987a) y se fraccionaron en columnas de Sepharose CL-4B de 0,7×100 cm, equilibradas en Tris-HCl 50 mM (pH 8,0), NaCl 0,35 M y SDS al 1%, con un flujo de 6,0 ml/hr.

La reacción de betaeliminación de las cadenas sulfatadas se realizó de acuerdo a Brandan & Inestrosa (1987b). Los productos de la reacción se fraccionaron en columnas de Sepharose CL-4B.

### Estructura del epitelio del pie de juveniles de *C. concholepas*

Para analizar la estructura del pie, se utilizaron ejemplares juveniles de "loco" de 1,3 a 1,7 cm de diámetro anteroposterior de la concha.

Para el estudio de microscopia de luz, se obtuvieron cortes longitudinales y transversales del pie, los que se fijaron en solución de Bouin con NaCl 3% (Huaquín L., comunicación personal). Luego, las muestras fueron deshidratadas en etanol y se incluyeron en Paraplast. Cortes de 6 µm se tiñeron con hematoxilina-floxina pH 7,0; ácido periódico-Schiff's (P.A.S.), pH 4,5, y con azul de Toluidina, pH 1,5.

Para analizar la ultraestructura de la epidermis ventral y lateral del pie, se cortaron trozos de tejido de aproximadamente 1 mm<sup>3</sup> y se fijaron en una solución de glutaraldehído al 3% y sacarosa 0,8 M, en amortiguador cacodilato 0,05 M (pH 7,8). Luego se fijaron en OsO<sub>4</sub> al 1% con sacarosa 0,8 M (Lawson-Kerr & Anderson, 1978), para finalmente ser deshidratados con acetona e incluidos en Epon. Los cortes ultrafinos obtenidos fueron teñidos con acetato de uranilo y citrato de plomo, siendo luego observados y fotografiados en un microscopio electrónico Siemens Elmiskop I A (Koenig *et al.*, 1987).

### Determinación de AChE

Los embriones, reclutas y juveniles, fueron homogenizados (1:5 p/v) en amortigua-

dor Tris-HCl 50 mM (pH 7,4), Triton X-100 0,5% y NaCl 1 M, en presencia de los siguientes inhibidores de proteasas: EDTA y EGTA 2 mM; benzamidina 20 µg/ml; bacitracina 1 mg/ml; N-etilmaleimida 0,1 mM e inhibidor de tripsina de poroto soya 0,25 µg/ml, en un homogenizador vidrio-vidrio (Inestrosa *et al.*, 1988).

El ensayo enzimático se realizó mediante el método colorimétrico de Ellman *et al.* (1961), usándose como sustrato yoduro de acetiltiocolina 0,75 mM y como revelador de la reacción el ácido ditio-bis-nitrobenzoico (DTNB), midiéndose la absorbancia a 412 nm. Como inhibidor específico de la AChE (EC. 3.1.1.7) se usó el dibromuro BW284c51 10 µM y para la butirilcolinesterasa (EC. 3.1.1.8) iso-OMPA a una concentración de 0,1 mM.

### Construcción de una genoteca de *C. concholepas*

#### a) Aislamiento de ADN genómico de *C. concholepas*

Se utilizaron 2 gr de tejido muscular de ejemplares juveniles, los que se pulverizaron luego de ser congelados en nitrógeno líquido y se homogenizaron con 10 ml de acetato de amonio 0,25 M (pH 5,0) durante 5 min. Se centrifugó a 1.000 rpm por 10 min y el precipitado se lavó dos veces con el mismo amortiguador, luego de lo cual se resuspendió en 2 ml de amortiguador TE (Tris-HCl 10 mM (pH 7,5) y EDTA 1 mM) con 100 µg/ml de proteinasa K, agregándose 5 ml de amortiguador de lisis (Tris-borato 250 mM (pH 8,2); EDTA 50 mM; SDS 2% y NaCl 100 mM). Esta mezcla se incubó por 2 horas a temperatura ambiente y se extrajo, secuencialmente, con fenol/cloroformo/alcohol isoamílico (25:24:1) y cloroformo/alcohol isoamílico (24:1). Luego se precipitó con tres volúmenes de etanol por 16 horas a -20°C. Se centrifugó a 12.000 rpm por 15 min y se secó el precipitado, el cual fue resuspendido en 2 ml de 100 µg/ml de ARNasa, en amortiguador TE por 30 min a 37°C, después de lo cual nuevamente se extrajo con las mezclas de los solventes fenol/cloroformo/alcohol isoamílico y cloroformo/alcohol isoamílico, para precipitar finalmente el ADN con tres volúmenes de etanol. Este precipitado final se resuspendió en TE, recuperándose 0,5 mg de ADN por gramo de tejido (Inestrosa *et al.*, 1989).

b) *Aislamiento del plasmidio usado como vector (KS-BlueScript)*

El ADN del plasmidio se aisló según la técnica descrita por Valenzuela & Méndez (1982).

c) *Ligación de los fragmentos de ADN cromosomal de C. concholepas al vector KS BlueScript*

El ADN cromosomal fue digerido hasta un promedio de 1.000 a 2.000 pares de bases (pb) con la enzima MboI, tal como se describe en Maniatis *et al.* (1982). El vector fue linearizado con la enzima BamHI. Todas las digestiones con endonucleasas fueron realizadas en los amortiguadores recomendados por el proveedor. Con el fin de evitar la autoligación del vector, se removieron los grupos fosfatos del extremo 5' con fosfatasa alcalina de intestino de ternera (CIAP), según el método descrito por Maniatis *et al.* (1982). En el ensayo de ligación se utilizó una proporción de ADN cromosomal, respecto del vector de 3:1 en amortiguador Tris-HCl 50 mM (pH 8,0), MgCl<sub>2</sub> 10 mM, ditiotreitól 20 mM, adenosintrifosfato 10 mM y ADN ligasa del fago T<sub>4</sub> 100 U. La reacción se efectuó en un volumen final de 50 µl, incubando durante 16 horas a 16°C. La mezcla de ligación se utilizó directamente para transformar células bacterianas competentes. La ligación fue evaluada mediante electroforesis en geles de agarosa al 1% en amortiguador TEA (Tris-HCl 40 mM (pH 8,0); EDTA 2 mM y acetato de sodio 20 mM). La electroforesis se realizó en el mismo amortiguador a 75 mA; las muestras fueron previamente desnaturalizadas con una solución que contenía glicerol 25%; SDS 0,5%; azul de bromofenol 0,025% y EDTA 12 mM. Para la visualización de las bandas, el gel se tiñó con una solución de bromuro de etidio 1 µg/ml durante 15 min y se iluminó el gel con luz UV de una longitud de onda mayor que 300 nm.

d) *Transformación de bacterias*

Se prepararon células competentes XLI Blue y se transformaron con 1 µg/µl de ADN ligado (Hanahan, 1985). El crecimiento de las células transformadas se realizó en un medio que contenía X-GAL-IPTG. El IPTG es un inductor de la enzima beta-galactosidasa (un gen incorporado en la secuencia de ADN por delante del sitio de clonamiento de pKS) y X-GAL es un sustrato de la enzima,

que en reacción positiva da coloración azul y en reacción negativa permanece blanca. Si un fragmento es clonado en pKS no se produce la beta-galactosidasa, y la colonia en un medio con X-GAL-IPTG dará un color blanco. Las colonias transformadas (blancas) fueron analizadas mediante hidrólisis alcalina, para comprobar si poseían los insertos. La genoteca fue guardada en cuatro réplicas en filtros de nitrocelulosa (Grunstein & Hogness, 1975).

e) *Detección de secuencias homólogas a hormona de crecimiento humana en colonias recombinantes*

Se realizó un análisis primario de la genoteca mediante hibridación, con una sonda de la hormona de crecimiento humana (Beltz *et al.*, 1983). La sonda que contenía la totalidad (80%) del ADN complementario de la hormona de crecimiento humana fue obtenida por doble digestión del plasmidio pSP64-GH-HA (Rizzolo *et al.*, 1985) con las enzimas EcoRI y Hind III. El fragmento correspondiente a la hormona del crecimiento fue aislado y marcado con dCTP-P<sup>32</sup> (Maniatis *et al.*, 1982).

## RESULTADOS

### A) Marcadores moleculares del desarrollo de *C. concholepas*

Hemos iniciado este estudio analizando algunas características estructurales de los estadios iniciales del desarrollo del "loco", para distinguir algunos rasgos esenciales de estas etapas. En la Figura 1 se muestran blástulas obtenidas por disección de las cápsulas mostrando actividad de segregación y división celular en uno de sus polos (Gallardo, 1973). En la Figura 2A y B se observan estados de larvas prevelígeras y larvas velígeras ya maduras, y en 2 C se observa un velo bilobulado ciliado, el cual ha sido separado de la protoconcha de una larva por aspiración a través de una pipeta Pasteur de bordes cortantes. Mediante este procedimiento se puede conseguir un número importante de velos funcionalmente activos en un corto tiempo. Con estos embriones se realizaron los estudios que se describen a continuación:

1. Inicialmente decidimos identificar marcadores moleculares del desarrollo analizando el patrón de polipéptidos presente en cada etapa mediante electroforesis-SDS en ge-

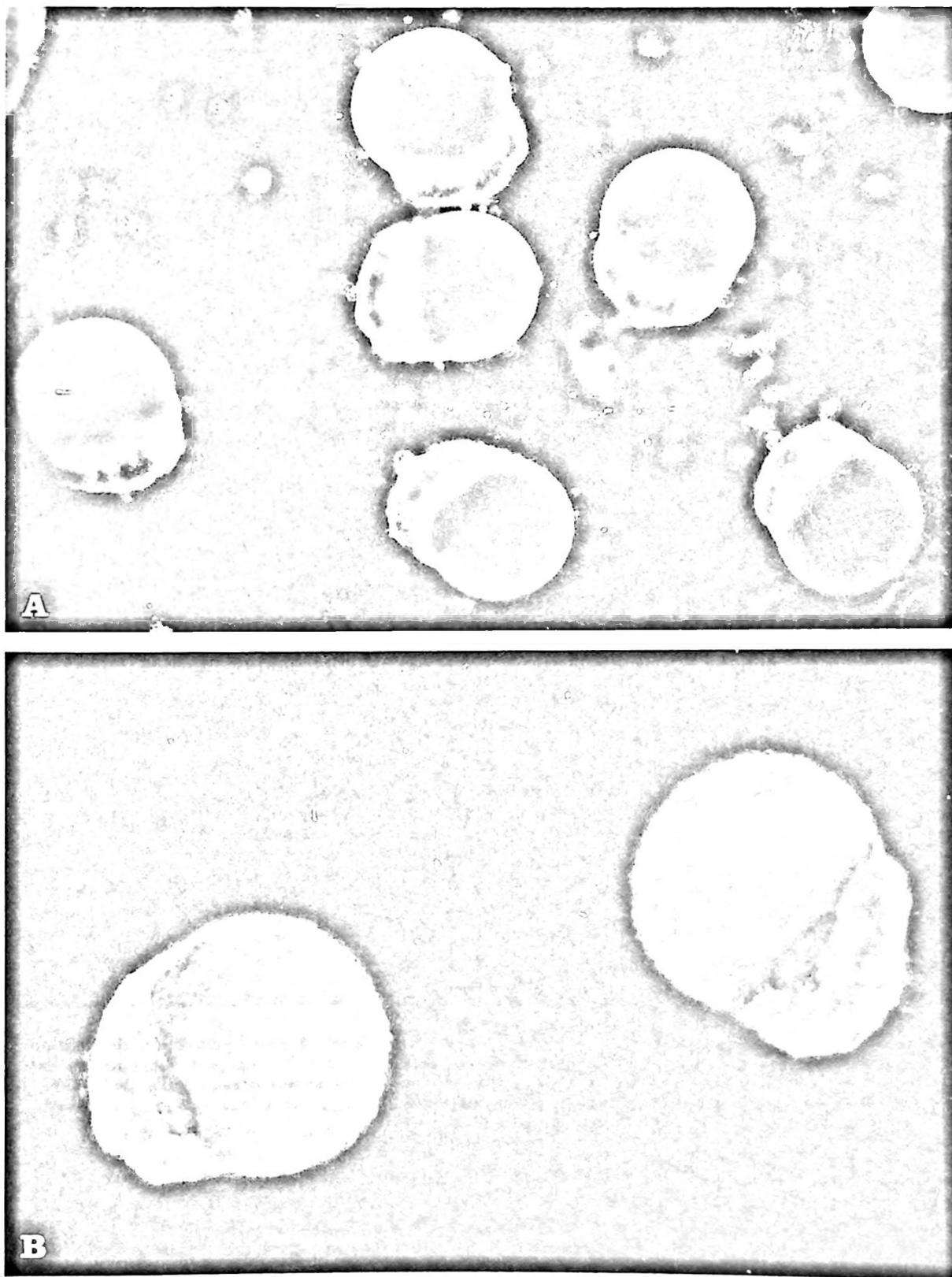


Figura 1. *Microscopia óptica de blástulas de "C. concholepas" obtenidas por disección de cápsulas. A. Blástulas de un diámetro polar aproximado de 170  $\mu\text{m}$ . B. Aumento mayor de la misma preparación; segmentación asimétrica (para una discusión detallada, ver Gallardo, 1973).*

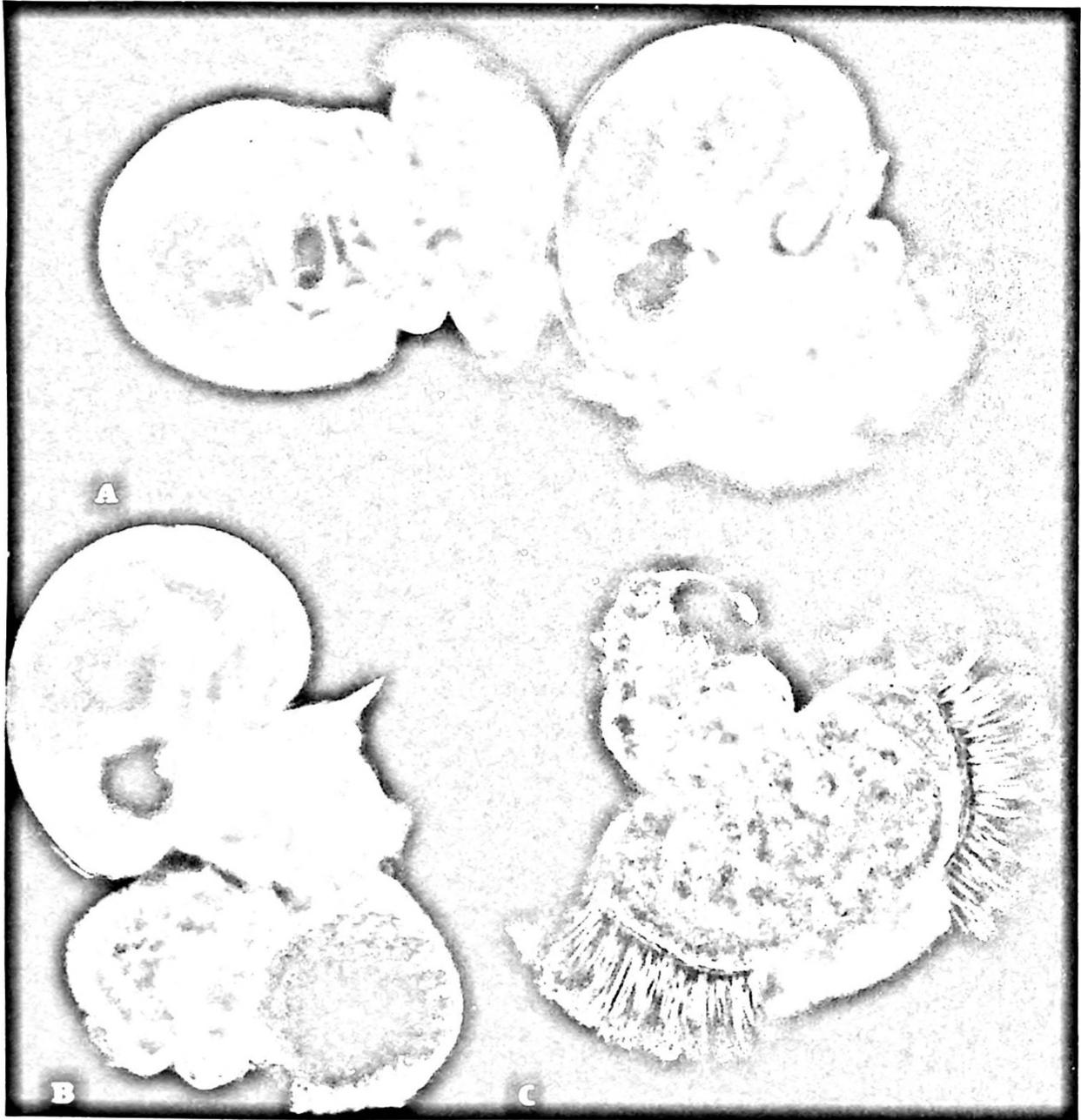


Figura 2. *Microscopía óptica de larvas preveligeras y veligeras de "loco"*. A. Larva prevelígera insinuando formación de protoconcha y velo con sistema ciliar desarrollado. A la derecha, velígera con protoconcha definida y músculo velar; ver también B. En C, se muestra un velo bilobulado desarrollado que ha sido disecado intacto de la protoconcha, y sistema ciliar muy desarrollado. Los cilios mantienen su actividad.

les de poliacrilamida. La Figura 3 muestra el patrón observado en huevos, trocóforas y velígeras, el cual se caracterizó fundamentalmente por 3 polipéptidos de los siguientes pesos moleculares relativos: 180, 119 y 111 kilodaltons (kDa). Todos ellos tienden a disminuir a medida que avanza el desarrollo. También se muestran los polipéptidos presentes en el mucus de las cápsulas de "loco"

observándose 2 abundantes especies de 39 y 30 kDa, las cuales disminuyen a medida que se acerca el tiempo de eclosión de la cápsula. En un estudio más detallado, en el que se incluyeron distintos estadios de desarrollo, se pudo definitivamente establecer que las tres proteínas de alto peso molecular (180, 119 y 111 kDa) efectivamente disminuían a medida que progresaba el desarrollo em-

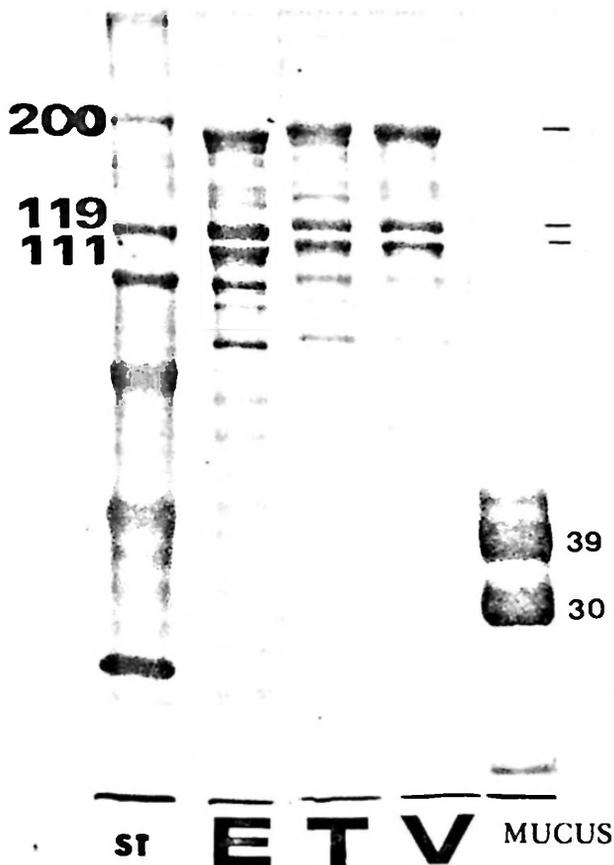


Figura 3. Perfil polipeptídico de distintos estadios del desarrollo de "C. concholepas". Geles de poli-acrilamida-SDS al 10% en presencia de mercaptoetanol, de los siguientes estados: huevos (E), preveligeras (T), veligeras (V) y material contenido en las cápsulas (mucus). el primer carril corresponde al perfil de estándares de peso molecular.

brionario de *C. concholepas*, lo que se muestra claramente en la Figura 4. El patrón de polipéptidos obtenidos no varió en ausencia de un agente reductor como 2-mercaptoetanol o ditiotreitól (datos no presentados), lo que indica que dichos polipéptidos no provienen de una proteína de mayor peso molecular.

2) Para estudiar las proteínas menos abundantes, se incubaron organismos en los distintos estados del desarrollo con dos marcadores radiactivos:  $S^{35}$ -metionina para polipéptidos y  $P^{32}O_4$  para fosfoproteínas. Como se muestra en la Figura 5, es claro que la larva del "loco" sintetiza polipéptidos en su mayoría menores de 100 kDa y también es aparente que las tres proteínas de alto peso molecular (180, 119 y 111 kDa) no incorporan  $S^{35}$ -metionina durante el mismo período

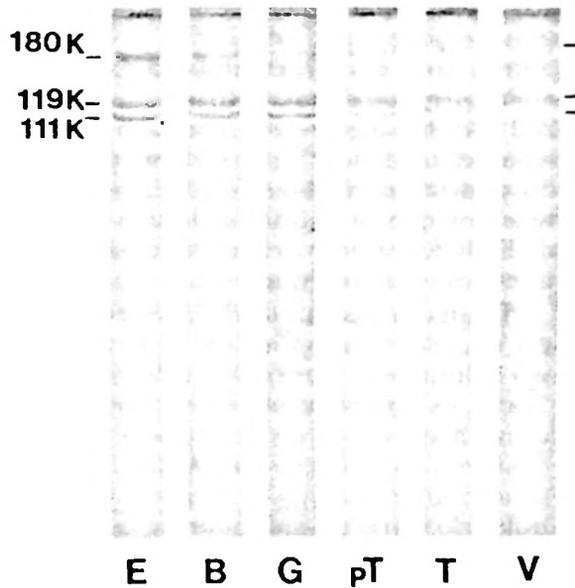


Figura 4. Análisis de la desaparición de tres polipéptidos de alto peso molecular durante la embriogénesis de "C. concholepas" en geles de poli-acrilamida-SDS al 10% reducidos. Para realizar este experimento se procesó el mismo número de individuos en cada carril. Huevos (E), blástulas (B), gástrulas (G), pretócóforas (pT), trocóforas transientes (T) y veligeras (V).

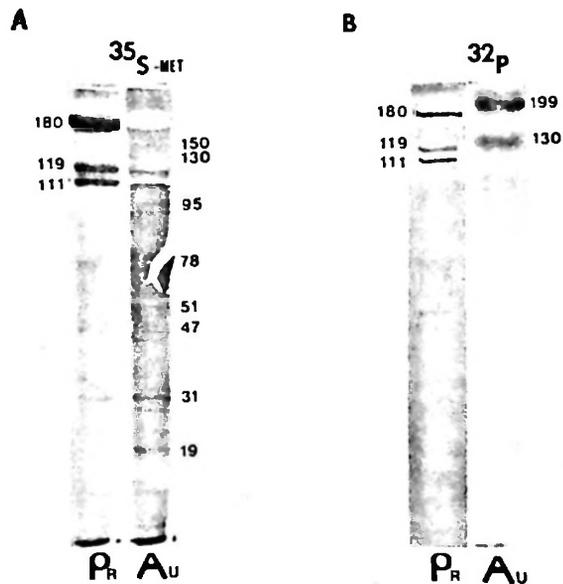


Figura 5. Incorporación de precursores marcados, metionina- $S^{35}$  y  $P^{32}O_4$  en polipéptidos de preveligeras de "loco". A. Análisis por autorradiografía (Au) de polipéptidos que incorporaron  $S^{35}$ -metionina muestra el perfil polipeptídico evidenciado por tinción con azul de Coomassie (Pr). B. Análisis de los polipéptidos que incorporaron  $P^{32}$  por autorradiografía (Au). El control se evidencia como en A.

do. Por otra parte, cuando se estudia el patrón de proteínas fosforiladas, éste corresponde sólo a polipéptidos de alto peso molecular, uno de 130 y otro de alrededor de 200 kDa, los que presentan un alto grado de incorporación de  $P^{32}$ ; este último polipéptido podría ser un buen candidato para un receptor que se autofosforile tipo receptor de EGF. Este punto debería ser aclarado por nuestros estudios en marcha.

3) Una de las características deseadas en un marcador específico del desarrollo que sea relevante a la tecnología de cultivo del "loco", es aquel que aumente o varíe significativamente en sus niveles durante la transición de larvas veligeras o reclutas. Esta es una condición necesaria, con el objeto de poder utilizarlo como un indicador de la maduración de larvas precompetentes a larvas competentes en asentamiento. En relación a esto, hemos estudiado el comportamiento de un enzima del sistema nervioso: la AChE, que hidroliza el neurotransmisor acetilcolina en las sinapsis colinérgicas (Inestrosa, 1986). En la Figura 6 se muestran las variaciones que presentan los niveles de la enzima en función de los diferentes estados de desarrollo, siendo de particular interés el cambio de actividad enzimática desde la larva veligera (15 U/g proteína) a juveniles recién asentados (120 U/g proteína). Otro parámetro potencialmente más útil que el anterior es el estudio de la razón AChE/colinesterasas inespecíficas (González *et al.*, 1989). La butirilcolinesterasa (BuChE; EC 3.1.1.8) es un tipo de

colinesterasa inespecífica que, en general, se encuentra en grandes cantidades en etapas tempranas del desarrollo, mientras que la AChE aumenta a medida que progresa el desarrollo (Inestrosa & Ruiz, 1985). La Tabla I muestra la variación en la razón AChE/BuChE, siendo este cociente bajo en los estados iniciales de huevo y blástula, para aumentar ostensiblemente en juveniles. Podríamos, por lo tanto, tener que cada valor del cociente AChE/BuChE correspondería a un estado definido de larva, sea ésta precompetente o competente. Esto podría entregarnos, por tanto, un índice del grado de desarrollo en base a un valor objetivo de fácil estimación y certeza.

Tabla I  
Aumento de la razón AChE/BuChE durante el desarrollo de *Concholepas concholepas*

Estados de desarrollo	AChE/BuChE
Huevo	0,3
Trocófora	0,4
Veliger	0,6
Recluta	2,5

La actividad AChE se midió en presencia de  $10^{-4}$  M iso-OMPA con acetiltiocolina como sustrato. La actividad de BuChE se midió en presencia de  $10^{-4}$  M BW284c51 con butiriltiocolina como sustrato.

### B) Consideraciones acerca del asentamiento y metamorfosis de *C. concholepas*

A continuación se discutirán los elementos que creemos de interés considerar para enfrentar la identificación de los inductores que definen el asentamiento de larvas de "loco".

En primer lugar, independientemente de cuál sea el inductor, éste debe producir un impacto en la conducta de la larva planctónica, en su expresión génica, en la diferenciación y en el crecimiento del recluta asentado. La señal inductora externa al organismo debería interactuar con *receptores quimiosensoriales* en el epitelio de los velos larvales. Quedan así definidas una *respuesta conductual* macroscópica y una *respuesta morfogenética*, las que pueden o no ser gatilladas por el mismo inductor. La primera de ellas puede requerir más de un componente, ya que la larva estando en el plancton debe "bajar" al bentos y

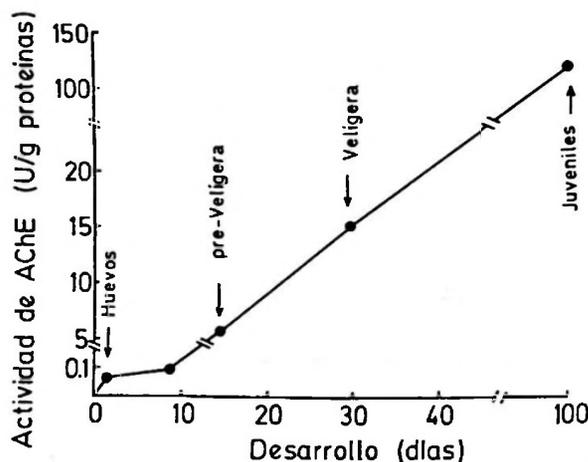


Figura 6. Ontogenia de la AChE en el desarrollo de "*C. concholepas*". La actividad de AChE fue determinada mediante el método de Ellman y cols. (1961), en distintas etapas del desarrollo (ver texto).

esto podría estar mediado por fototropismo negativo, por geotropismo positivo o por densidades de flotación fluctuantes. Para facilitar la discusión usaremos el ejemplo del abalone rojo (*Haliotis*), en el cual, aparentemente, un solo elemento desencadena ambas respuestas. En el caso del "loco", pensamos que las posibles señales externas deben incluir una o una combinación de los siguientes elementos:

1) *Sustancias tipo neurotransmisores*: Como por ejemplo GABA en *Haliotis* (Morse *et al.*, 1979) o noradrenalina o L-DOPA en *Crassostrea* (Coon *et al.*, 1985) o sustancias involucradas en la biosíntesis de neurotransmisores, como por ejemplo el caso de la colina, precursor de la acetilcolina, que en *Phestilla sibogal*, un gastrópodo nudibranquio, induce metamorfosis (Hirata & Hadfield, 1986). En este espectro de elementos que inciden sobre el estado de despolarización de la membrana del epitelio larval, es indudable que un cambio en la composición iónica del medio ambiente podría producir el efecto sin tener que mediar la interacción "agentes externo-receptor sensorial". Al respecto, la despolarización por  $K^+$  (Baloun & Morse, 1984) ha probado ser efectiva en diversos gastrópodos como *Haliotis*, *Phestilla* y *Crepidula* (Yool *et al.*, 1986; Pechenik & Heyman, 1987).

2) *Sustancias asociadas a los sitios de reclutamiento*: En este grupo de posibles inductores se pueden diferenciar tres tipos:

a) Aquéllas relacionadas con "feromonas" liberadas por organismos juveniles o adultos de *C. concholepas*, las cuales servirían para definir un tipo de asentamiento gregario. Evidencia de que esto podría ocurrir en el caso del "loco", se puede encontrar en las observaciones de Moreno *et al.*, (1986) en el Sur de Chile; por otra parte, en otros gastrópodos como *Haliotis discus hannai*, está bien demostrada la existencia de un asentamiento gregario inducido por sustancias químicas (Seki & Kan-no, 1981).

b) Inductores producidos por organismos vecinos a los sitios de asentamiento del "loco", entre ellos algas pardas como *Lessonia nigrescens* (Bory), algas azules filamentosas, cirripedios como *Balanus laevis* (Bruguère), *Balanus flosculus* (Darwin), *Chthamalus scabrosus* (Darwin) o mitilidos como *P. purpuratus* y *Semimytilus algosus* (Gould) (Castilla *et al.*, 1979; Moreno, 1988; DiSalvo, 1988).

c) Elementos del tipo de los polisacáridos, los que podrían estar formando parte, como

matrices extracelulares, de las cubiertas rocosas. Concebimos dos categorías: los proteoglicanos y los carragenanos. Al respecto, es interesante mencionar que recientemente se ha sugerido que proteoglicanos o glicoproteínas complejas de algas serían los inductores para el asentamiento de larvas de corales (Morse *et al.*, 1988).

En relación al último punto discutido, describiremos a continuación los primeros resultados obtenidos:

### C) Sulfatación en larvas velíferas y proteoglicanos del "loco"

Existen una serie de antecedentes bibliográficos que sugieren que el sulfato ejercería efectos tanto en el comportamiento de invertebrados como en los niveles de síntesis de macromoléculas sulfatadas (Immers & Runstrom, 1965; Cambiazo & Inestrosa, 1990). En primer lugar evaluamos el efecto del sulfato en la movilidad de larvas velíferas. La Figura 7 muestra que las larvas expuestas a bajas concentraciones de sulfato ( $125 \mu\text{M}$ ), por 12 horas, disminuyen significativamente su movilidad natatoria, medida en perímetros de 0,5 y 3,0 cm con respecto a larvas mantenidas en agua de mar a concentraciones de sulfato normales (25 mM). A continuación se estudió si el sulfato tenía efecto tanto en la síntesis de proteínas como en la de macromoléculas sulfatadas. Para esto se incubaron larvas velíferas a diferentes concentraciones de sulfato en presencia de  $S^{35}$ -metionina o de  $\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$ . Como se observa en la Figura 8, el sulfato estimula hasta 35 veces la incorporación de sulfato radiactivo a macromoléculas que corresponden a proteoglicanos, mientras que la incorporación de metionina a las proteínas aumenta sólo 1,5 veces. Actualmente estamos evaluando la posibilidad que la estimulación de la incorporación de sulfato pueda corresponder ya sea a una mayor síntesis de proteoglicanos, o bien, a un aumento en el grado de sulfatación de estas macromoléculas. El inserto de la Figura 8 muestra que el selenato de sodio, un inhibidor de la síntesis de proteoglicanos (Dietrich *et al.*, 1987), produce una disminución en la incorporación de sulfato a macromoléculas. El efecto de este inhibidor sobre la movilidad larval está siendo actualmente evaluado.

Más del 90% del sulfato radiactivo está asociado a macromoléculas de la matriz extracelular de la larva velígera (Brandan *et al.*, 1989). Por lo tanto, para evaluar el tipo de

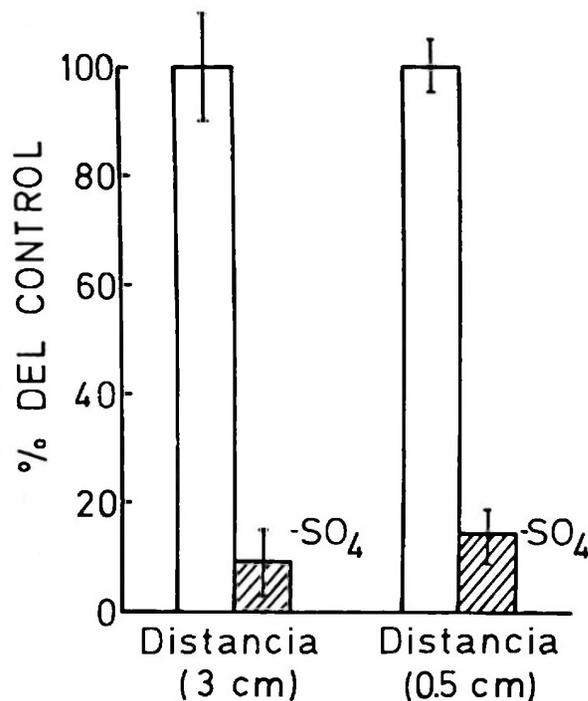


Figura 7. Efecto del sulfato en la movilidad natatoria de larvas veligeras de "loco". Entre 100-200 larvas veligeras de *C. concholepas* se incubaron, por períodos de 6-12 horas, en agua de mar artificial 0.025 M sulfato o 125  $\mu$ M sulfato a 18°C. Terminada la incubación las larvas fueron transferidas al centro de una placa Petri (10 cm), la cual contenía 35 ml de los medios de incubación antes mencionados. Al cabo de 10 min, se determinó en duplicado el número de larvas que habían recorrido la distancia de 0,5 y 3,0 cm, respectivamente. En la figura se muestran los resultados de 3 experimentos diferentes (media  $\pm$  es).

macromoléculas en las cuales se produce la mayor incorporación, la matriz fue solubilizada en guanidina-HCl 4 M y las macromoléculas sulfatadas fueron separadas en una columna de intercambio iónico (DEAE-Sephacel) mediante un gradiente de NaCl de 0,2 a 1,2 M. La Figura 9a muestra que el material sulfatado puede ser fraccionado en dos máximos, que eluyen a concentraciones de NaCl de 0,7 y 0,9 M, respectivamente. Un tercer máximo se obtuvo con NaCl 3 M. Cada uno de estos máximos fue luego fraccionado, para separar las macromoléculas por tamaño, en una columna de filtración (Sephacrose CL-4B). La Figura 9b muestra el perfil de elución de las fracciones. Los máximos I y II están formados por dos especies moleculares con  $K_{av}$  de 0,09 y 0,15, respectivamente, mientras que el máximo III sólo está formado por la especie de mayor peso molecular.

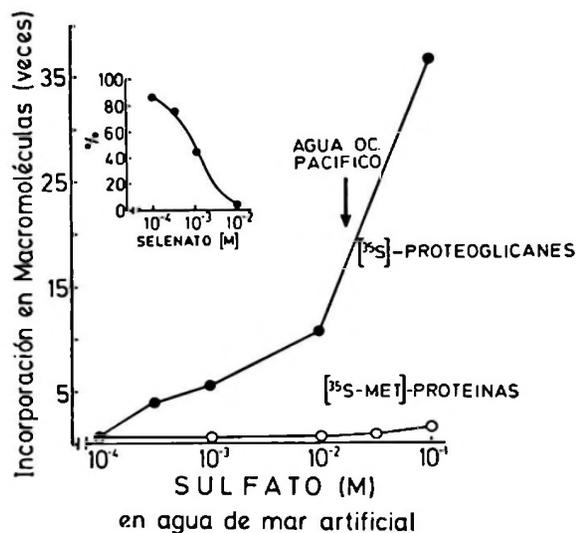


Figura 8. Efecto de sulfato libre en la síntesis de proteoglicanos y proteínas en larvas veligeras de "loco". Larvas veligeras se incubaron en agua de mar artificial a la concentración indicada de sulfato durante 3 horas a 16°C. Al inicio de las incubaciones se agregó Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> o S<sup>35</sup>-metionina evaluándose su incorporación en proteoglicanos y proteínas, respectivamente. Cuando las larvas se incubaron en presencia de sulfato 0,1 M, se detectó un aumento de 35 veces en la incorporación de sulfato a proteoglicanos. En contraste, en la incorporación de metionina a las proteínas, se observó sólo un aumento de 1,5 veces. El recuadro muestra la inhibición por selenato de sodio de la incorporación de sulfato radiactivo a proteoglicanos.

#### D) La epidermis del pie de reclutas de *C. concholepas*

Dado que el epitelio de los velos larvales poseerían las células sensoriales que estarían involucradas en el reconocimiento de los sitios de asentamiento, hemos iniciado, también, un estudio ultraestructural de aquellos epitelios que pudieran permitirnos la identificación de las células sensoriales en *C. concholepas*. Con este objeto se describe a continuación la epidermis del pie de reclutas de "loco".

La epidermis de los moluscos está formada por una capa de células que reposa en una membrana basal, la que es seguida por una capa de tejido conectivo (Simkiss, 1988). Además de las células epidérmicas, cilíadas y glandulares, existen células neuroendocrinas y sensoriales de gran importancia en los procesos de interacción con el medio ambiente, especialmente con el sustrato del bento marino (Joose & Geraerts, 1983; Bubel, 1984). El pie del "loco" consiste, principal-

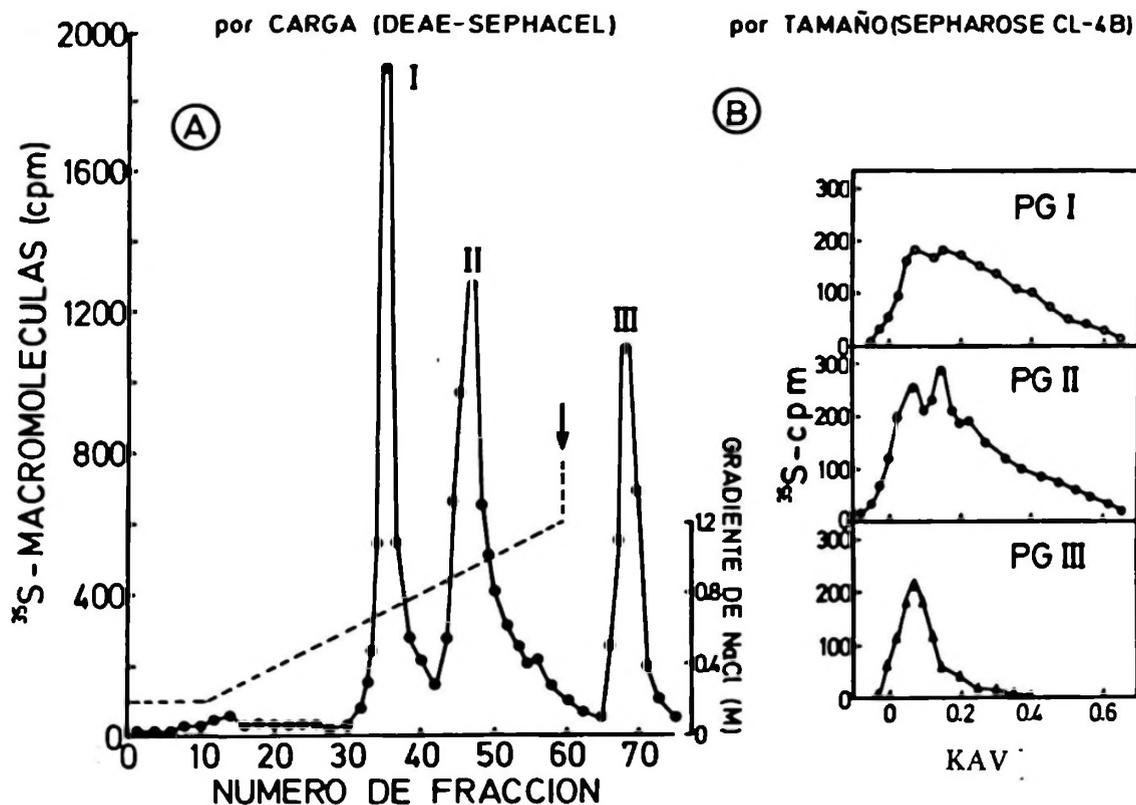


Figura 9. Fraccionamiento de proteoglicanos provenientes de velígeras de "loco". A. Fracción insoluble preparada de larvas velígeras preincubadas con sulfato radiactivo. El material insoluble fue disuelto en sales de guanidina y fraccionado en una columna de DEAE-Sephacel. El material unido se eluyó con un gradiente lineal de NaCl 0,2-1,2 M y posteriormente se aplicó NaCl 3 M, el cual eluyó un tercer peak. B. El material radiactivo correspondiente a los peaks I, II y III fue concentrado y fraccionado por tamaño en una columna de Sepharose CL-4B. Se observa que el peak I y II está formado por dos poblaciones de proteoglicanos de diferente tamaño,  $K_{av}$  0,09 y 0,18. El peak III solamente contiene el de tamaño mayor. La recuperación de la radiactividad en la columna de DEAE-Sephacel fue de un 65-70%, mientras que en la Sepharose CL-4B fluctuó entre un 85 y 95%.

mente, en tejido muscular rodeado de una epidermis con escaso tejido conjuntivo subyacente. Existe una clara diferencia entre la epidermis lateral y la epidermis ventral del pie (Figura 10a); la epidermis lateral consiste en un epitelio cuboidal alto, rico en células cargadas de gránulos de color negro. La epidermis ventral, que se adhiere al sustrato, consiste en un epitelio cilíndrico ciliado (Figura 10b, c) formado por células muy altas, entre las que se distinguen claramente células mucosas cargadas de acúmulos gruesos de material que se tiñe pobremente con la tinción para glicoproteínas P.A.S., y muy intensamente con azul de Toluidina (pH 1,5) (Figura 10d). Lo usual es que grupos ácidos reactivos a este pH, correspondan a grupos sulfato de macromoléculas tipo glicosaminoglicanos (GAGs) (Pearse, 1960). Se observan además escasas células con una reacción sólo

P.A.S. positivas. Sobre la capa de cilios se encuentran restos de material P.A.S. positivo y azul de Toluidina también positivo, correspondiendo al mucus típico del pie de los gastrópodos (Grenon & Walker, 1980; Deyrup-Olsen *et al.*, 1983).

Al microscopio electrónico (Figura 11a, b) destacan células ciliadas, cuyos largos y numerosos cilios presentan cuerpos basales muy prominentes. En cortes transversales, los cilios presentan su ultraestructura característica (Figura 11c). Las células glandulares muestran un gran acúmulo de secreción, con material poco denso a los electrones, el que aparece llenando su citoplasma (Figura 11a). Estudios en progreso utilizando diversos marcadores neuronales, nos permitirán identificar las células sensoriales presentes en el pie de juveniles recién asentados.

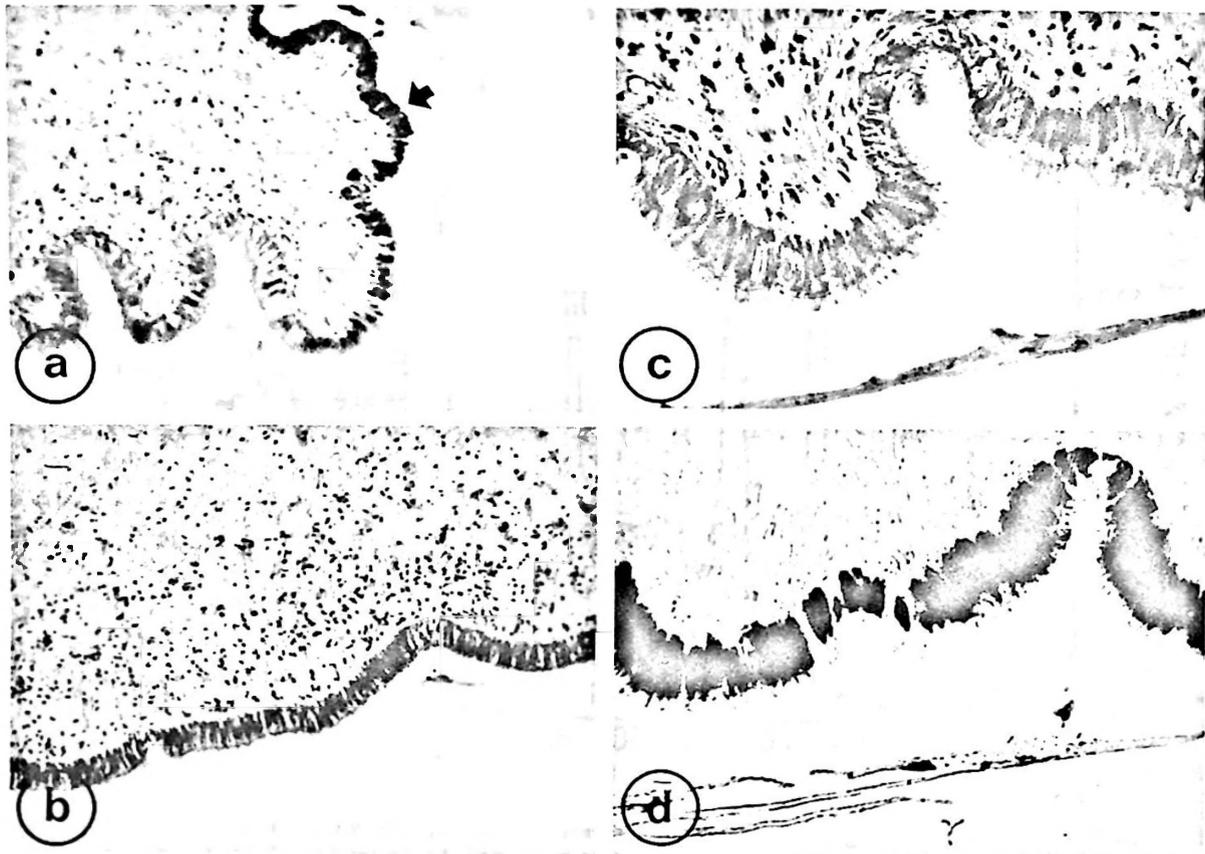


Figura 10. Epidermis y tejido muscular subyacente en pie del "loco", observadas al microscopio de luz en cortes de  $6 \mu\text{m}$ . a) Epidermis del borde lateral, rico en células con gránulos negros en su citoplasma (flecha) y epidermis del borde basal. Los repliegues de la superficie se deben a la contracción muscular inducida por la fijación, 250X. b) Epidermis del borde basal del pie, mostrando un epitelio ciliado, 250X. c-d) Epidermis del borde basal del pie. En c) destaca el epitelio rico en células ciliadas, 625X. En d) se observa la riqueza en células glandulares, que acumulan secreción teñida intensamente con azul de Toluidina (pH 1,5), 625X.

#### E) Clonamiento de secuencias del ADN del "loco" homólogas a una sonda para hormona de crecimiento humana

En general, una limitante importante en la relativamente baja eficiencia de la acuicultura de moluscos es el bajo aprovechamiento de los nutrientes, con altos costos de alimentación, crecimiento lento y una gran sensibilidad al trauma, estrés y enfermedades. En este contexto, el análisis de los requerimientos hormonales que permitan un crecimiento óptimo, una alta eficiencia nutricional y resistencia a problemas durante el cultivo, es una buena inversión del trabajo científico básico (Morse, 1984 b). A continuación se presentan nuestros estudios iniciales en la caracterización de la hormona de crecimiento en *C. concholepas*. Para realizarlo se preparó

una genoteca de ADN del "loco" y luego se utilizaron sondas para distintas hormonas, con el objeto de investigar si el ADN del "loco" poseía secuencias similares a las hormonas probadas.

El método utilizado para la purificación del ADN cromosomal de *C. concholepas* (Figura 12) resultó ser eficiente en términos de rendimiento, con mínima degradación de la molécula. Por otro lado, la ligación del ADN genómico al vector KS BlueScript fue efectiva en las condiciones ensayadas. Esto se puede observar en la Figura 13 carril b, donde se muestra que la banda correspondiente al vector desaparece luego de la ligación con el ADN del "loco", lo que indica la efectividad del proceso de ligación. La transformación de las células bacterianas permitió obtener cerca de 9.000 a 10.000 colonias por placa,

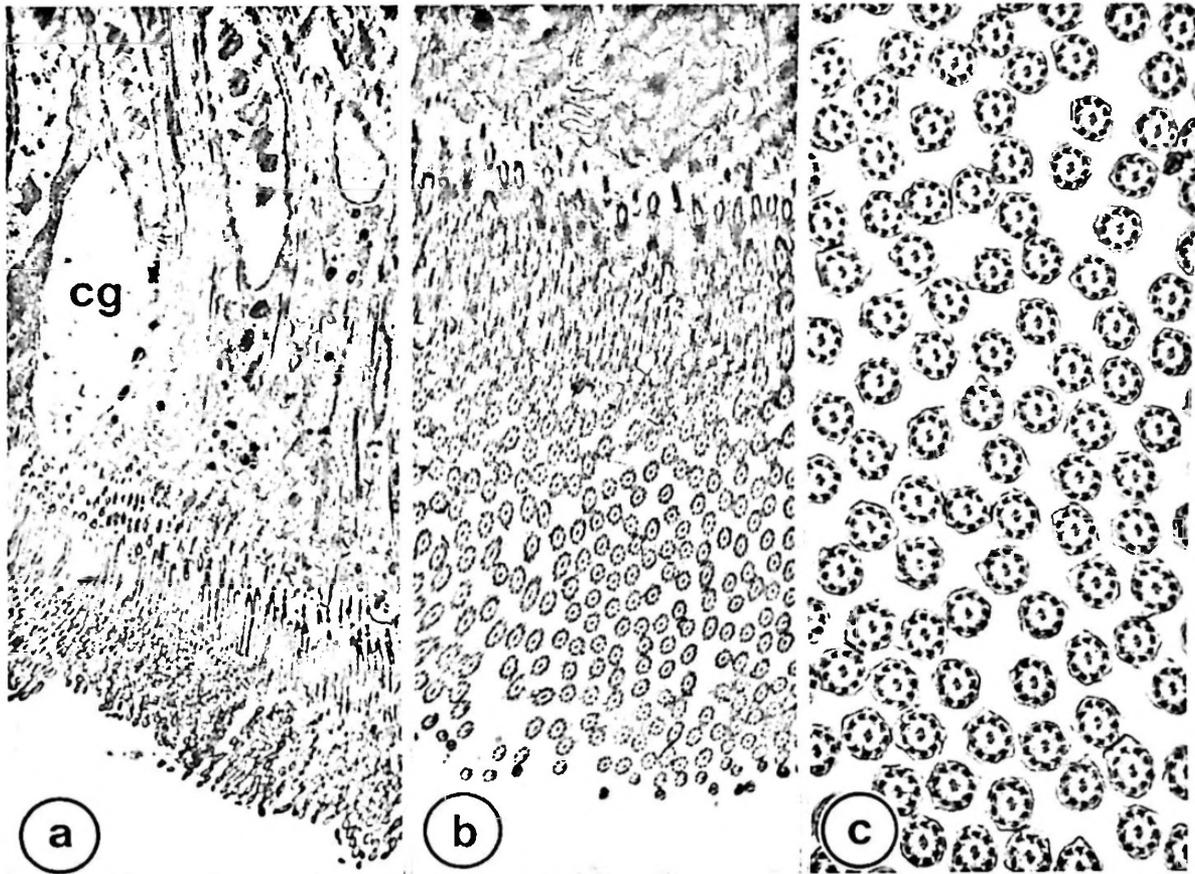


Figura 11. *Ultraestructura del epitelio de la epidermis, de carabasal (ventral) del pie del "loco".*  
 a) Célula glandular (c.g.) con acúmulo de producto de secreción y células ciliadas, con pequeños gránulos de secreción en su citoplasma y núcleos basales, 1.500X. b) Borde luminal de las células ciliadas, 15.000X. c) Corte transversal por cilios, 40.000X.

donde un 90%, aproximadamente, resultaron ser recombinantes.

El análisis, por lisis alcalina, de las colonias recombinantes permitió comprobar que todas poseían insertos (datos no presentados). La hibridación de las colonias positivas con el fragmento de la hormona de crecimiento humana, marcada con alfa dCTP-(P<sup>32</sup>), fue positiva en al menos tres de ellas. La Figura 14 muestra una placa con 3 de las colonias positivas. La extensión de este resultado ha permitido establecer que los fragmentos clonados del ADN genómico de *C. concholepas* presentan homología con la hormona de crecimiento humana. La extracción del plasmidio, y su posterior análisis por digestión con enzimas de restricción, permitió determinar el tamaño de los insertos, los cuales resultaron ser entre 1.100 a 1.350 pb (Inestrosa *et al.*, 1989).

## DISCUSION

Los fenómenos moleculares que sustentan los sorprendentes cambios morfofuncionales que ocurren durante el desarrollo larval del "loco", no se conocen. Definir estos procesos nos ofrece la posibilidad de controlar instantes críticos del desarrollo y así llegar a producir cantidades importantes de semillas, tanto para iniciar cultivos artificiales como para el repoblamiento directo de zonas escogidas.

## MARCADORES MOLECULARES DEL DESARROLLO

### Polipéptidos larvales

Una de las características más conspicuas de cada una de las etapas del desarrollo temprano de organismos pluricelulares la consti-

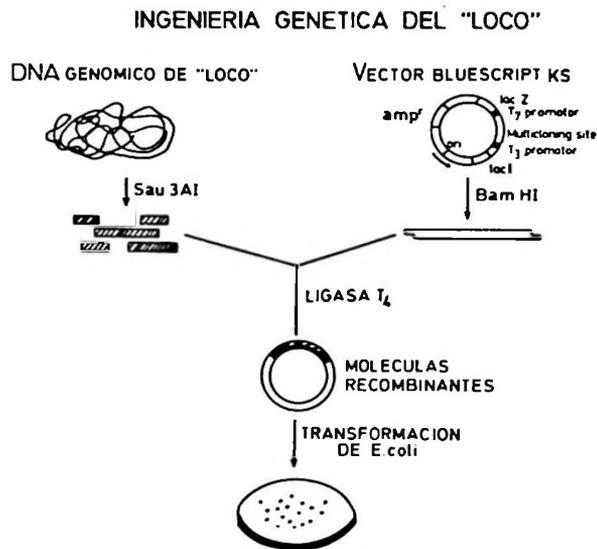


Figura 12. Esquema de la construcción de la genoteca de ADN cromosomal de *C. concholepas* usando el plasmidio BlueScript KS.

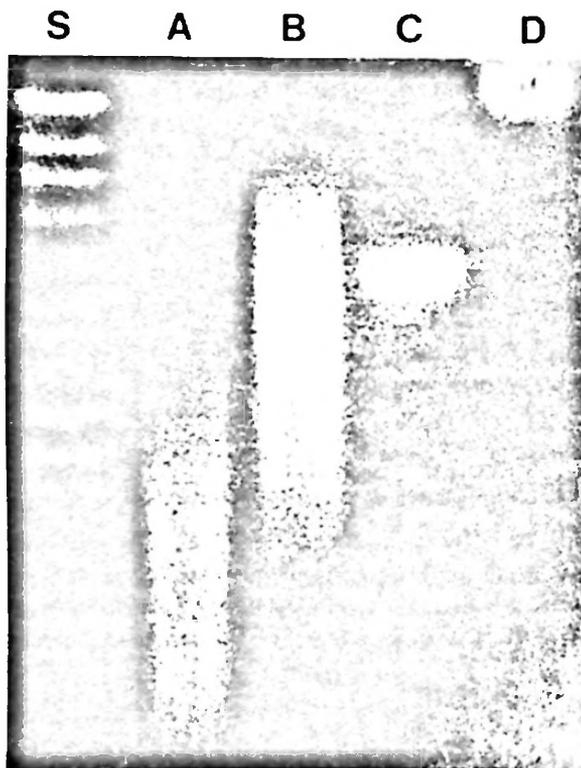


Figura 13. Análisis de la ligación del ADN genómico del "loco" digerido con Sau 3A I al vector BlueScript KS. Carril S muestra ADN del fago lambda digerido con Hind III y ADN del fago OX174 digerido con Hae III. Carril A, ADN de *C. concholepas* digerido con Sau 3A I antes de ligar. Carril B, ADN de *C. concholepas* digerido con Sau 3A I y ligado al vector BlueScript KS después de 16 horas de ligación. Carril C, vector KS digerido con Bam HI y desfosforilado. Carril D, ADN cromosomal de *C. concholepas*.

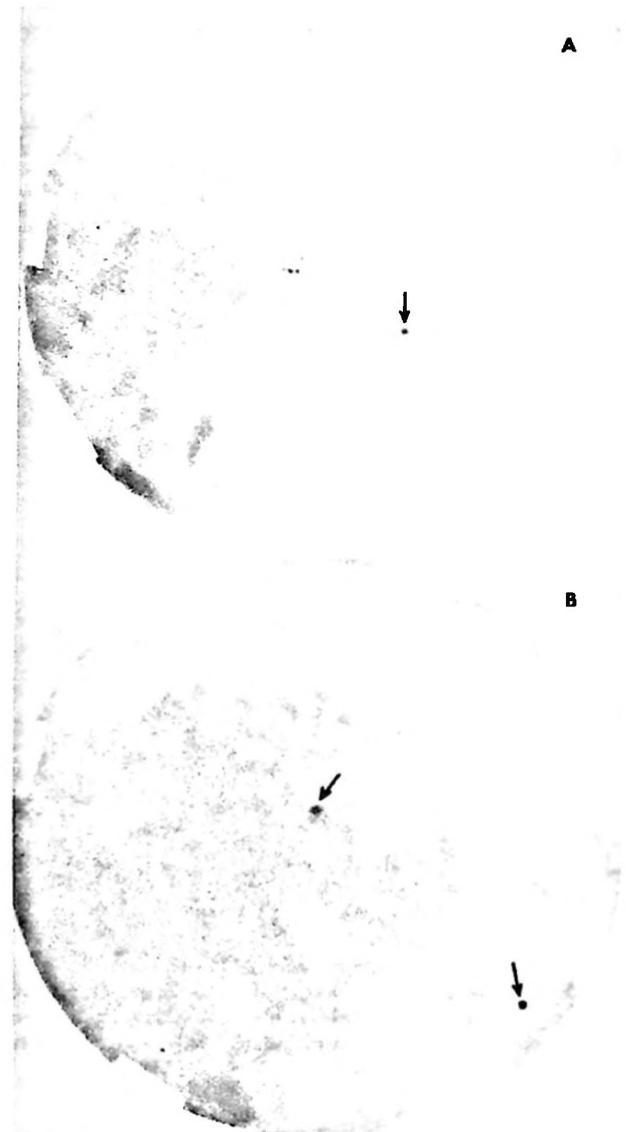


Figura 14. Autorradiografía de réplicas en filtros de nitrocelulosa de placas de bacterias recombinantes. En A y B se muestran clones positivos a una sonda de hormona de crecimiento marcada con alfa dCTP <sup>32</sup> de la genoteca de *C. concholepas*.

tuye la síntesis de proteínas, ARNs y otras macromoléculas informacionales. Se han efectuado estudios muy completos en invertebrados marinos, insectos y mamíferos, con el objeto de identificar moléculas que permitan definir etapas críticas del desarrollo de cada una de las especies estudiadas. En el caso del "loco", se han identificado las siguientes etapas en el interior de las cápsulas: huevos, pretrocóforas, trocóforas y larvas velíferas (Gallardo, 1973). Luego de la eclosión, se encuentran fundamentalmente larvas velíferas precompetentes. Estos cinco estadios son fáciles de reconocer morfológica-

mente y, por lo tanto, si se pudieran encontrar moléculas que específicamente se asocien a diferentes estados, se podría confeccionar un mapa molecular del desarrollo de este gastrópodo.

Las tres proteínas de alto peso molecular, 180, 119 y 111 kDa, identificadas en este trabajo, son macromoléculas a primera vista con características deseables para marcadores del desarrollo. En efecto, estas proteínas son abundantes hasta el estado de larva velígera intracapsular desapareciendo virtualmente a las dos semanas posteclosión, de tal manera que podrían servir como indicadores tempranos de larvas planctónicas. Estos polipéptidos no son sintetizados por el embrión, lo que se evidencia porque no incorporan  $S^{35}$ -metionina, lo que indica que se trataría de material de reserva para el desarrollo intracapsular y post-eclosión temprana. Por otro lado, al analizar embriones capsulares de *Nucella* y *Tais*, hemos detectado recientemente los mismos polipéptidos (datos no presentados), lo que indica que se trataría de material de reserva para larvas de gastrópodos presentes en el litoral.

La incorporación de  $P^{32}$  en polipéptidos constituye una poderosa herramienta para pesquisar proteínas que potencialmente puedan ser el blanco de inductores u hormonas. Así las cosas, si se tiene un polipéptido fosforilado esta modificación post-traduccional podría reflejar la presencia y acción de efectores y antagonistas específicos, lo que constituiría una indicación muy simple del efecto de inductores potenciales de cambios relacionados con asentamiento y metamorfosis. Cuando larvas en distintos estados pre y postcapsulares son incubadas en agua de mar normal conteniendo el isótopo, sólo un número discreto de polipéptidos incorpora la marca; así, es muy posible que cada estado pueda ser definido por un patrón de marcación muy sencillo. De nuestros resultados también emerge la conclusión general que tanto la fosforilación de polipéptidos como la síntesis de proteínas durante el desarrollo larval reflejan el correcto funcionamiento de los sistemas subcelulares respectivos, lo que garantiza la viabilidad y capacidad de embriones y larvas para estudios específicos de "funciones" larvales.

### AChE

El desarrollo de la actividad de AChE denota, en principio, el inicio de la prolifera-

ción y diferenciación de las células ectodérmicas que originarían los sistemas colinérgicos (Gustafsson & Toneby, 1971). La actividad AChE aparece abruptamente en trocóforas, aumentando su actividad específica 3 veces con respecto a la actividad detectada en huevos y alcanzando un máximo (1.200 veces) en reclutas de 8 mm de longitud peristomal.

La actividad BuChE representa la mayor parte de la actividad enzimática de colinesterasa detectada en trocóforas y en larvas precompetentes. Esta actividad disminuye post-eclosión hasta alcanzar un mínimo en reclutas, mientras que la AChE aumenta concomitantemente. Considerando estos cambios, se puede evaluar la razón AChE/BuChE. Esta aumenta durante el desarrollo hasta alcanzar un valor alto en reclutas. El valor numérico de la razón podría servir para indicar un estado preciso del desarrollo pre y postcapsular, de tal forma que para valores menores que 1,0 las larvas tendrían una edad promedio de hasta 2 semanas posteclosión, y a tiempos posteriores el valor AChE/BuChE sería mayor que 1,0 (González *et al.*, 1989). Lo anterior permitiría definir un *Índice Colinérgico de Desarrollo Larval*. Estudios futuros en otros moluscos nos permitirán establecer la validez de este Índice para distintos bivalvos y gastrópodos.

La detección de la actividad de colinesterasa puede ser usada para indicar la diferenciación del tejido nervioso embrionario que debería empezar en trocóforas. De esta manera, realizando un estudio citoquímico, se podría conocer la distribución espacial de los elementos colinérgicos del sistema nervioso larval.

### PROTEOGLICANES

Se ha demostrado que la presencia de iones sulfato es muy importante para el desarrollo y conducta normal de diferentes tipos de larvas de invertebrados (Immers & Runstrom, 1965; Cambiazo & Inestrosa, 1990). Embriones de equinodermos en el estado de blástula detienen su desarrollo cuando son incubados con inhibidores de sulfatación (Kinoshita & Saiga, 1979), o bien, la privación del sulfato exógeno produce distintos defectos morfológicos (Katow & Solursh, 1981). El efecto de la disminución del sulfato en la natación de larvas velígeras de "loco", fue dramático: larvas preincubadas en sulfato  $125 \mu\text{M}$  disminuyeron considerablemente

su movimiento. Efectos comparables han sido observados en larvas de *Drosophila* crecidas en la presencia de beta-xilósidos, inhibidores de sulfatación (Cambiazio & Inestrosa, 1990). Para establecer las consecuencias de la carencia de sulfato se investigó la síntesis de macromoléculas sulfatadas y de proteínas. Se encontró que existe una estrecha relación de dependencia entre la incorporación de sulfato a macromoléculas sulfatadas y la concentración de sulfato en el medio. Se determinó que sulfato 0,1 M induce la incorporación de 35 veces más sulfato en larvas velíferas, mientras que sólo aumentó 1,5 veces la incorporación de S<sup>35</sup>-metionina en proteínas. Estos resultados indican que el proceso de sulfatación estaría relacionado con la disponibilidad de sulfato en el medio, convirtiéndose este anión en un regulador de la movilidad. Esta observación puede ser de gran importancia en el estudio de los mecanismos de asentamiento de larvas competentes premetamórficas.

El aumento de la incorporación en sulfato se debería a un aumento en la sulfatación de macromoléculas preexistentes, o bien, a una síntesis exacerbada de éstas. Experimentos preliminares utilizando precursores radiactivos, glucosamina-H<sup>3</sup> en conjunto con Na<sub>2</sub>S<sup>35</sup>O<sub>4</sub>, sugieren que el aumento observado sería un reflejo de una mayor sulfatación de macromoléculas preexistentes. Esto puede explicarse por el aumento de las enzimas responsables de la sulfatación, sulfotransferasas (Brandan & Hirschberg, 1988), o bien, por una mayor disponibilidad de la molécula donante del sulfato, el fosfoadenosulfato (PAPS). Con respecto a esto, se ha sugerido que el aumento observado en la producción de GAGs en células endoteliales aórticas de bovino en medio con sulfato (Humphries et al., 1986), se debería a una afinidad diferencial de distintas sulfotransferasas por el PAPS. Sin embargo, en el caso de las larvas velíferas del "loco" no se observa una saturación del fenómeno de activación, lo cual reflejaría probablemente que el fenómeno observado podría estar mediado por otro mecanismo. El análisis de las macromoléculas sulfatadas en las larvas velíferas indica que éstas corresponden a macromoléculas polianiónicas de alto peso molecular. Estas macromoléculas son proteoglicanos formados por un esqueleto proteico y cadenas laterales de carbohidratos sulfatadas post-traduccionalmente. El tamaño molecular de estos proteoglicanos varía entre 1,5 a 3,0 × 10<sup>6</sup>.

Estas moléculas son de mayor tamaño a los encontrados en hígado, riñón o músculo de vertebrados (Oldber et al., 1979; Kanwar et al., 1984; Brandan & Inestrosa, 1987a), sin embargo, presentan un comportamiento similar en cuanto a su carga y perfiles cromatográficos en columnas de exclusión molecular. Estudios preliminares sugieren que la expresión de estos proteoglicanos durante el desarrollo sería diferencial, aumentando la sulfatación durante el desarrollo larval, i.e., mayor expresión en larvas velíferas que en trocóforas o blástulas.

La presencia de GAGs en otros invertebrados marinos se ha documentado claramente. Así, en moluscos del Atlántico Sur se encuentran GAGs similares a heparina (Casaro & Dietrich, 1977; Dietrich et al., 1985). Recientemente, se ha sugerido que moléculas tipo polisacáridos complejos y proteoglicanos serían inductores morfogénicos de tres tipos de larvas de corales agaricidos: *Agaricia tenuifolia* (Dana); *A. agaricites humilis* (Verrill) y *A. agaricites danai* (Milne Edwards et Haime) (Morse et al., 1988). En este contexto, es muy interesante que se hayan aislado y parcialmente caracterizado proteoglicanos del alga roja, *Laurencia spectalis* (Court & Taylor, 1979), que forma parte del sustrato donde se asientan las larvas de los corales. Es también posible, así, que moléculas sulfatadas tipo GAGs o proteoglicanos puedan tener una función en fenómenos de inducción de asentamiento y metamorfosis en larvas "competentes" del "loco". Un aspecto importante a considerar es el hecho que los proteoglicanos formarían parte de la matriz donde se organiza la concha de los moluscos (Mann, 1988). Ellos participarían en el proceso de término de la cristalización inorgánica de esta matriz (Krampitz & Grazer, 1988). Durante el desarrollo intracapsular entre trocófora y velígera debe iniciarse la síntesis de los proteoglicanos específicos y este momento es probablemente muy crítico en la expresión del programa genético que origina la protoconcha y la teloncha. Existen algunas evidencias que sugieren que hay un mecanismo neuroendocrino de regulación de la formación de la concha de moluscos (Eyster & Morse, 1984), y de cumplirse esto, en el caso del "loco", se podría plantear la regulación de este momento para controlar esta primera etapa del desarrollo, obteniéndose así eclosión sincronizada y embriones de idéntica edad, dos condiciones para emprender con éxito cultivares. Los factores de crecimiento

no solamente serían importantes en el desarrollo y crecimiento de los distintos sistemas "blandos" del "loco", sino que además serían importantes en el proceso de biomineralización.

Hemos iniciado experimentos para determinar el instante preciso de aparición de las células que sintetizarían los proteoglicanos mediante citoquímica. Los primeros proteoglicanos sintetizados que participan en el inicio de formación de la protoconcha y la diferenciación de las células epiteliales secretoras serían parámetros que nos podrían entregar valiosa información sobre momentos críticos del desarrollo y diferenciación larvales.

#### DETECCION DE SECUENCIAS DE ADN DEL "LOCO" HOMOLOGAS A LA HORMONA DE CRECIMIENTO HUMANA

Los polipéptidos que forman la familia de hormonas y factores de crecimiento poseen secuencias homólogas entre sí (Moore *et al.*, 1982). Se ha establecido que el crecimiento y diferenciación de los sistemas celulares de organismos eucariotes dependen de un concierto de polipéptidos tales como: hormonas y factores de crecimiento (Heath & Rees, 1985; Levi-Montalcini, 1987). En 1923 se descubrió la existencia de una actividad tipo insulina en bivalvos, la que podría corresponder a un factor de crecimiento similar a la insulina (Collip, 1923). Recientemente se ha detectado la presencia de secuencias de ADN correspondientes a proteínas del tipo pre-proinsulina, denominadas MIP, en el sistema nervioso de *Lymnaea stagnalis* (Smit *et al.*, 1988), lo que posibilita usar estos genes para producir factores de crecimiento por técnicas de ingeniería genética con el objeto de mejorar la utilización de nutrientes y acelerar la tasa de crecimiento tanto de larvas como de juveniles.

En primera instancia hemos usado una sonda que contiene la secuencia de la hormona de crecimiento humana, para establecer la presencia en el ADN del "loco", de una secuencia similar. Los clones que hibridaron con esta sonda contienen la secuencia de la hormona del crecimiento, ya que el vector KS BlueScript desaparece como tal de las mezclas de ligación y el ADN del "loco" digerido con enzimas de restricción cambia su

distribución cuando es analizado en geles de agarosa, luego de producida la ligación. La utilización de los factores de crecimiento del "loco" en conjunto con las técnicas de cultivo de este gastrópodo pueden convertir la acuicultura del "loco" en una verdadera actividad industrial, con un efecto multiplicador importante tanto en la empresa como en la investigación básica de invertebrados marinos. La experiencia japonesa de la acuicultura del awabe, *Haliotis discus*, usando sólo tecnologías empíricas adecuadas a la biología y desarrollo del organismo, sin utilizar el amplio espectro de técnicas discutidas aquí, resultan hoy en una industria económicamente muy interesante, cuyo monto anual es de US\$ 50 millones (Body, 1988). Considerando una evolución favorable en la demanda de la especie, es perfectamente razonable suponer que la industria del abalone se beneficiaría con la introducción de técnicas que facilitaren el manejo reduciendo costos operativos, e.g. conseguir tasas de crecimiento mayores. Al respecto, es interesante mencionar que el crecimiento de *Haliotis rufescens* puede ser significativamente acelerado, ya sea por inyección directa o por inclusión en la dieta de insulina y otras hormonas peptídicas de vertebrados (Morse, 1986).

Más aún, existe la posibilidad de insertar en la línea germinal de estos organismos los genes de factores de crecimiento, lo que se ha realizado en vertebrados e invertebrados con éxito variable (Palmiter *et al.*, 1982; Brinster & Palmiter, 1984; Mac Mahon *et al.*, 1984). En el marco de nuestro trabajo, es digno de destacar que estos organismos transgénicos pueden tener mayores tasas de crecimiento, acortando los tiempos de "crianza" y, en algunos casos, ser de mayor tamaño (Van Brunt, 1988). Esta tecnología no solamente se aplica a factores de crecimiento, sino que también a una gama muy variada de polipéptidos. Para el futuro será muy importante establecer si alguna de estas técnicas nos permitirán desarrollar organismos cuyos períodos larvales planctónicos sean más cortos, lo cual pronosticaría una gran eficiencia del proceso de cultivo controlado del "loco".

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la generosa ayuda de la Fundación Gildemeister, FONDECYT e IFS (A/1407-1).

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, JR. K.S. & S.L. DOWNING. 1986. Performance of triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). I. Survival, growth, glycogen content and sexual maturation in yearlings. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 102: 197-208.
- BELTZ, G.A.; K.A. JACOBS; T.H. EICKBUCH; P.T. CHERBAS & F.C. KAFATOS. 1983. Isolation of multigene families and determination of homologies by filter hybridization methods. *Methods in Enzymology*. 100: 266-285.
- BALOUN, A.J. & D.E. MORSE. 1984. Ionic control of settlement and metamorphosis in larval *Haliotis rufescens* (Gastropoda). *Biol. Bull.* (Woods Hole, Mass) 167: 124-138.
- BODY, A.G.C. 1988. Abalone culture in Japan. *Marine Fish. Rev.* 49: 75-76.
- BONNER, W.M. & R.A. LASKEY. 1974. A film detection method for tritium-labelled proteins and nucleic acids in polyacrylamide gels. *Eur. J. Biochem.* 46: 83-88.
- BRANDAN, E. & N.C. INESTROSA. 1987a. Isolation of the heparan sulfate proteoglycans from the extracellular matrix of rat skeletal muscle. *J. Neurobiol.* 18(3): 271-282.
- BRANDAN, E. & N.C. INESTROSA. 1987b. Co-solubilization of asymmetric acetylcholinesterase and dermatan sulfate proteoglycan from the extracellular matrix of rat skeletal muscles. *FEBS Lett.* 213: 159-163.
- BRANDAN, E. & C. HIRSCHBERG. 1988. Purificación of rat liver N-Heparan-sulfate sulfotransferase. *J. Biol. Chem.* 263: 2417-2422.
- BRANDAN, E.; M. GONZÁLEZ & N.C. INESTROSA. 1989. Macromoléculas sulfatadas y la conducta de asentamiento en el "loco". Primer Congreso de Biotecnología de Chile. R27. Talca, enero 11-13.
- BRINSTER, R.L. & R.D. PALMITER. 1984. The transfer of new genes into mice. En: "Transfer and expression of Eucaryotic Genes", pp. 135-140. H.S. Grinsber & H.J. Vogel (eds.). Academic Press, New York, USA.
- BURKE, R.D. 1983. The induction of metamorphosis of marine invertebrate larvae: Stimulus and response. *Can. J. Zool.* 61: 1701-1719.
- BUBEL, A. 1984. Epidermal cells. En: *Biology of the Integument* 1:400-477. J. Bereiter-Hahn, A.G., Matlasy & K.S. Richards (eds.). Springer-Verlag, Berlin and New York.
- CAMBAZO, V. & N.C. INESTROSA. 1989. Are the heparan sulfate proteoglycans of the *Drosophila* larvae extracellular matrix involved in locomotor behaviour? *Comp. Biochem. Physiol.* (en prensa).
- CASSARO, C.M.F. & C.P. DIETRICH. 1977. Distribution of sulfated mucopolysaccharides in invertebrates. *J. Biol. Chem.* 252: 2254-2261.
- CASTILLA, J.C. 1976. A unique mollusc. *Sea Frontiers*. 22(5): 302-304.
- CASTILLA, J.C. 1983. El recurso *Concholepas concholepas*, su biología y estado en que se encuentra la pesquería en Chile. En: "Análisis de Pesquerías Chilenas", pp. 37-51, P. Arana (ed.) Univ. Católica Valpo.
- CASTILLA, J.C.; Ch. GUISTADO & J. CANGINO. 1979. Aspectos ecológicos y conductuales relacionados con la alimentación de *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *Biol. Pesq.* 12: 99-114.
- CAVANAUGH, G.M. 1956. MBL. Formula 4. En: "Formula and Methods IV of Marine Biological Laboratory Chemical Room", pp. 67-68, G.M. Cavanaugh (ed.) The Marine Biol. Labs. Woods Hole, Mass. USA.
- COLWELL, R.R. 1983. Biotechnology in the Marine Sciences. *Science*. 222:19-24.
- COON, S.L.; D.B. BONARD & R.D. WEINER. 1985. Induction of settlement and metamorphosis of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), by L-DOPA and Catecholamines. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 94: 21-221.
- COURT, G.J. & I.E.P. TAYLOR. 1979. Isolation and partial characterization of a proteoglycan from the red alga, *Laurencia spectabilis*. *Phytochem* 18: 411-414.
- COLLIP, J.B. 1923. The demonstration of an insulin-like in the tissues of the clam (*Mya arenaris*). *J. Biol. Chem.* 55: xxxix-xxxxii.
- CRISP, D.J. 1984. Overview of research on marine invertebrate larval, 1940-1980. En: "Marine Biodeterioration", pp. 103-126. J.D. Costlow & R.C. Tipper (eds.), Naval Institute. Press, Annapolis, Maryland.
- DEYRUP-OLSEN, I.; D.L. LUCHEL & A.W. MARTIN. 1983. Components of mucus of terrestrial slugs (Gastropoda). *Am. J. Physiol.* 245, R448-R452.
- DIETRICH, C.P.; J.F. DEPAIVA; C.T. MORAES; H.K. TAKAHASHI; M.A. PORCIONATTO & H.B. NADER. 1985. Isolation and characterization of a heparin with high anticoagulant activity from *Anomalocardia brasiliensis*. *Biochim. Biophys. Acta.* 843: 1-7.
- DIETRICH, C.P.; H.B. NADER; L. TOMA; P. DE AZAMBUJA & E.S. GARCIA. 1987. A relationship between the inhibition of heparan sulfate and chondroitin sulfate synthesis and the inhibition of molting by selenate in the hemiptera *Rhodnius prolixus*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 146(2): 652-658.
- DISALVO, L.H. 1988. Observations on the larval and post-metamorphic life of *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) in laboratory culture. *The Veliger*. 30: 358-368.
- ELLMAN, G.L.; K.D. COURTNEY; V. JR. ANDRES & R.M. FEATHERSTONE. 1961. A new and rapid colorimetric determination of AChE activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88-95.
- EYSTER, L.S. & M.P. MORSE. 1984. Early shell formation during molluscan embryogenesis, with new studies on the surf clam, *Spisula solidissima*. *Amer. Zool.* 24: 871-882.
- GALLARDO, C. 1973. Desarrollo intracapsular de *Concholepas concholepas* (Bruguière) (Gastropoda. Muricidae). Publicaciones Ocasionales N° 16. Museo Nacional de Historia Natural. Santiago de Chile. 16 pp.
- GONZÁLEZ, M.; A. PERELMAN; R. GONZÁLEZ-PLAZA & N.C. INESTROSA. 1989. Acetilcolinesterasa como posible marcador para evaluar competencia de veliger de "loco". Primer Congreso de Biotecnología de Chile. R28. Talca, enero 11-13.
- GRONON, J.F. & G. WALKER. 1980. Biochemical and rheological properties of the pedal mucus of the limpet *Patella vulgata* (L). *Comp. Biochem. Physiol.* 66B: 451-458.
- GRUNSTEIN, M. & D.S. HOGNESS. 1975. Colony hybridization: A method for the isolation of cloned DNAs that contain a specific gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 72: 3961-3965.
- GUSTAFSSON, T. & M.I. TONEBY. 1971. How genes control morphogenesis. *Am. Scien.* 59: 452-462.
- HADFIELD, M.G. 1984. Settlement requirements of molluscan larvae: new data on chemical and genetic roles. *Aquaculture*. 39: 283-298.
- HANAHAN, D. 1985. Techniques for transformation of *E. coli*. En: "DNA cloning. Vol. I. A Practical Approach", pp. 109-135. D.M. Glover (ed.). IRL Press. Oxford. Washington, D.C.

- HEATH, J.R. & A.R. REESE. 1982. Growth Factors in mammalian embryogenesis. En: "Growth Factors in Biology and Medicine". CIBA Found. Symp. 116: 3-22, The Bath Press, von, England.
- HIRATA, K.Y. & M.G. HADFIELD. 1986. The role of choline in metamorphic induction of *Phestilla* (Gastropoda, Nudibranchia). Comp. Biochem. Physiol. 84C: 15-21.
- HUMPHRIES, D.E.; C.K. SILBERT & J.E. SILBERT. 1986. Glycosaminoglycan production by bovine aortic endothelial cells cultured in sulfate depleted medium. 261: 912-9127.
- IMMERS, J. & J. RUNSTROM. 1965. Further studies of the effects of deprivation of sulfate on the early development of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. J. Embry. Exp. Morph. 14: 289-305.
- INESTROSA, N.C. 1986. La unión neuromuscular. Investig. & Ciencia (Scient. Amer., en español). 116: 8-17.
- INESTROSA, N.C. & B. MÉNDEZ. 1983. The A<sub>12</sub> acetylcholinesterase and polypeptide composition of the electric organ basal lamina of *Electrophorus* and some Torpedinidae fishes. Cell Biochem. & Function. 1: 41-48.
- INESTROSA, N.C. & G. RUIZ. 1985. Membrane-bound form of acetylcholinesterase activated during post-natal development of the rat somatosensory cortex. Develop. Neurosci. 7: 120-132.
- INESTROSA, N.C.; M-E. FUENTES; L. ANGLISTER; A.H. FUTERMAN & I. SILMAN. 1988. A membrane-associated dimer of the acetylcholinesterase from *Xenopus* skeletal muscles is solubilized by phosphatidylinositol-specific phospholipase *c*. Neurosci. Lett. 90: 186-190.
- INESTROSA, N.C.; E. CAMPOS; M. GONZÁLEZ & J.P. SÁNCHEZ. 1989. Secuencias de hormona de crecimiento en DNA de *C. concholepas*. Primer Congreso de Biotecnología de Chile. R27. Talca, enero 11-13.
- JOOSE, J. & W.P.M. GERAERTS. 1983. Endocrinology. En: "The Mollusca" 4: 318-406. A.S.M. Saleuddin & K.M. Wilburg (eds.). Academic Press, New York.
- KANWAR, Y.S.; A. VEIS; J.H. KIMURA & M.L. JAKUWOSKI. 1984. Characterization of heparin sulfate-proteoglycan of glomerular basement membranes. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 81: 762-766.
- KATO, T.; A.S. KUMAMIRENG; I. ICHINOSE; Y. Kitahara; Y. Kakinuma; M. Nishihira & M. KATO. 1975. Active component of *Sargassum tortile* effecting the settlement of swimming larvae of *Coryne uchidai*. Experimentia 31: 433-434.
- KATOW, H. & M. SOLURSH. 1981. Ultrastructural and time lapse studies of primary mesenchyme cell behavior in normal and sulfate-deprived sea-urchin embryos. Expl. Cell Res. 136: 233-245.
- KINOSHITA, S. & H. SAIGA. 1979. The role of proteoglycans in the development of sea urchins. Expl. Cell Res. 123: 229-236.
- KOENIG, C.; M. DABIKÉ & M. BRONFMAN. 1987. Quantitative subcellular study of apical pole membranes from chicken oxyntic cells in resting and HCl secretory state. J. Cell Biol. 105: 2945-2958.
- KRAMPIZ, G. & G. GRASER. 1988. Molecular mechanisms of biomineralization in the formation of calcified shells. Angew. Chem. 27: 1145-1156.
- LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T<sub>4</sub>. Nature (Lond). 227: 680-685.
- LAWSON-KERR, C. & D.T. ANDERSON. 1978. Reproduction, spawning and development of starfish *Patiria exigua* (Lamarck). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 29: 45-53.
- LEVI-MONTALCINI, R. 1987. Nobel Prize Lecture. The nerve growth factor: 35 years later. EMBO J. 6: 1145-1154.
- MAO MAHON, A.P.; C.N. FLYTZANIS; B.R. HOUGH-EVANS; K.S. KATULA; R.J. BRITTEN & E.H. DAVIDSON. 1984. Gene transfer in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. En: "Transfer and expression of eucaryotic genes". pp. 113-122. H.S. Ginsberg & H.J. Vogel (eds.). Academic Press, New York, USA.
- MANN, S. 1988. Molecular recognition in biomineralization. Nature (Lond) 332: 119-125.
- MANIATIS, T.; E.F. FRITSCH & J. SAMBROOK. 1982. Molecular Cloning. A laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory, N.Y. USA.
- MORSE, D.E. 1984a. Biochemical and genetic engineering for improved production of abalones and other valuable molluscs. Aquaculture 39: 263-282.
- MORSE, D.E. 1984b. Biochemical and genetic engineering in marine aquaculture: The role of modern biotechnology in the production of food from the oceans. Oceans '83, Mar. Tech. Soc., San Francisco 2: 1009-1011.
- MORSE, D.E. 1986. Biotechnology in Marine Aquaculture. Aquaculture Engineering 5: 347-355.
- MORSE, D.E. 1989. Trigger and amplifier pathways: Sensory receptors, transducers and molecular mechanisms controlling larval settlement adhesion and metamorphosis. En: "Marine Biodeterioration". R. Nagabhushnam & R. Turner (eds.). Oxford University Press, Delhi, India, en prensa.
- MORSE, D.E.; N. HOOKER; H. DUNCAN & L. JENSEN. 1979. Gamma-aminobutyric acid, a neurotransmitter, induces planktonic abalone larval to settle and begin metamorphosis. Science 204: 407-410.
- MORSE, D.E.; N. HOOKER; A.N.C. MORSE & R.A. JENSEN. 1988. Control of larval metamorphosis and recruitment in sympatric agariciid corals. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 116: 193-217.
- MORENO, C.A. 1988. Experiencia de repoblación natural de locos en Mehuín. En "Seminario Recurso 'Loco'", CONICYT., Fundación Chile. 17-18 octubre.
- MORENO, C.A.; K. LUNECKE & M.I. LÓPEZ. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. Oikos 46: 359-364.
- OLDBERG, A.; K. JELLEN & M. HOOK. 1979. Cell surface heparan sulfate. Isolation and characterization of a proteoglycan from rat liver membranes.
- PALMITER, R.D.; R.L. BRINSTER; R.E. HAMMER; M.E. TRUMBAUER; M.G. ROSENFELD; N.C. BIRNBERG & R.M. EVANS. 1982. Dramatic growth of mice that develop from eggs microinjected with metalloprotein-growth hormone fusion genes. Nature (Lond) 300: 611-615.
- PAWLIK, J.R. & D.J. FAULKNER. 1986. Specific free fatty acids induce larval settlement and metamorphosis of the reef-building tube worm *Phragmatopoma californica* (Fewkes). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 02: 301-310.
- PEARSE, A.G.E. 1960. Histochemistry. Theoretical and Applied, pp. 228-288. Little Brown and Co., Boston.
- PECHENIK, J.A. & W.D. HEYMAN. 1987. Using KCl to determine size at competence for larval of the marine gastropod *Crepidula fornicata* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 112: 27-38.
- RIZZOLO, L.J.; J. FINIDORI; A. GONZÁLEZ; M. ARPIN; I. IVANOV; M. ADESNIK & D.D. SABATINI. 1987. Biosynthesis and intracellular sorting of growth hormo-

- ne viral envelope glycoprotein hybrids. *J. Cell. Biol.* 101: 1351-1362.
- RUIZ, G.; O. FLORES; R. GONZÁLEZ-PLAZA & N.C. INESTROSA. 1987. Effect of phenytoin on cytoskeletal protein phosphorylation and neuronal structure in the rat sensory cortex. *J. Neurosci. Res.* 18: 466-472.
- SEKI, T. & H. KAN-NO. 1981. Induced settlement of the Japanese abalone *Haliotis discus hannai* veliger by the mucous trails of the juvenile and adult abalones. *Bull. Tohoku Reg. Fish Res. Lab.* 43: 29-36.
- SIMKISS, K. 1988. Molluscan skin (excluding Cephalopods). En: "The Mollusca". 11: 11-35. E.R. Trueman & M.R. Clarke (eds.). Academic Press, New York.
- SMIT, A.B.; E. VREUGDENHIL; R.H.M. EBBERINK; W.P.M. GERRITS; J. KLEINBERG & J. LANGE. 1989. Precursor of an insulin-related peptide. *Nature (Lond)* 331: 535-538.
- STUARDO, J. 1979. Sobre la clasificación, distribución y variación de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789): un estudio de taxonomía Beta. *Biol. Pesq.* 12: 5-38.
- VALENZUELA, P. & B. MÉNDEZ. 1982. *Techniques in Molecular Genetics*. San Francisco, USA.
- VAN BRUNT, J. 1988. Molecular Farming: Transgenic animals as bioreactors. *Biotechnol.* 6: 1149-1154.
- YOOL, A.J.; S.M. GRAU; M.G. HADFIELD; R.A. JENSEN; D.A. MARKELL & D.E. MORSE. 1986. Excess potassium induced larval metamorphosis in four marine invertebrate species. *Biol. Bull. (Lond)* 110: 170.

## 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 clave (key words) que no estén contenidas 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 o en 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.

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.

## 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 21.5 × 28 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 no 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 parentheses, the citation of the title, and the name of the journal. Do not include in the Literature Cited section references to "manuscript in preparation" or "personal communication". In this case, it should be cited in the text, giving the name(s) of the author(s) followed by the form "Personal communication" between parentheses, 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 parentheses; colon; number of the first and last paper's page separated by a 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.

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 (21.5 × 28 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.







# Biología Pesquera

PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE CHILE



## INDICE Nº 17

1988

Nota del Editor. *Note from the Editor.*

### Oliva D. y J.C. Castilla

*Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Bicentenario de su descripción original. *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *On the bicentenary of its original description* ..... 5-8

### Castilla J.C.

Una revisión bibliográfica (1980-1988) sobre *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Problemas pesqueros y experiencias en repoblación. *A literature review (1980-1988) on Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *Fishery problems and experience on re-stocking* ..... 9-19

### López D. y C.E. Varela

Manejo de reproductores y posturas de cápsulas en *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): Una revisión de problemas y requerimientos de investigación. *Spawners management and ovoposition in Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae): *A review of the problem and research requirements* ..... 21-30

### Moreno C.A. y A. Reyes

Densidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la Reserva Marina de Mehuín: Evidencias de falla en el reclutamiento. *Density of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) *in the Marine Reserve of Mehuín: Evidences of recruitment failure* ..... 31-38

### Durán R. y J.C. Castilla

Determinación de la fecundidad de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en condiciones de laboratorio. *Determination of the fecundity of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) *under laboratory conditions* .. 39-45

### Lépez M.I. y C.A. Moreno

Reclutamiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en la costa de Valdivia: Influencia de los adultos y del tipo de hábitat. *Recruitment of Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) *in the coast of Valdivia: Adults and habitat type influences* ..... 47-56

### Geaghan J. and J.C. Castilla

Assessment of the present capacity for management of the "loco" *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) in Chile. *Evaluación de la actual capacidad de manejo del "loco" Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) *in Chile* ..... 57-72

### Inestrosa N., R. González, M.A. González, A. Perelman, J.P. Sánchez, C. Koenig and E. Brandan

Investigaciones biotecnológicas en larvas de "loco" *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae). *Biotechnological research on Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) *larvae* ..... 73-94



PUBLICACIONES PERIODICAS  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
VICERRECTORIA ACADEMICA