

## 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 Lépéz (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).

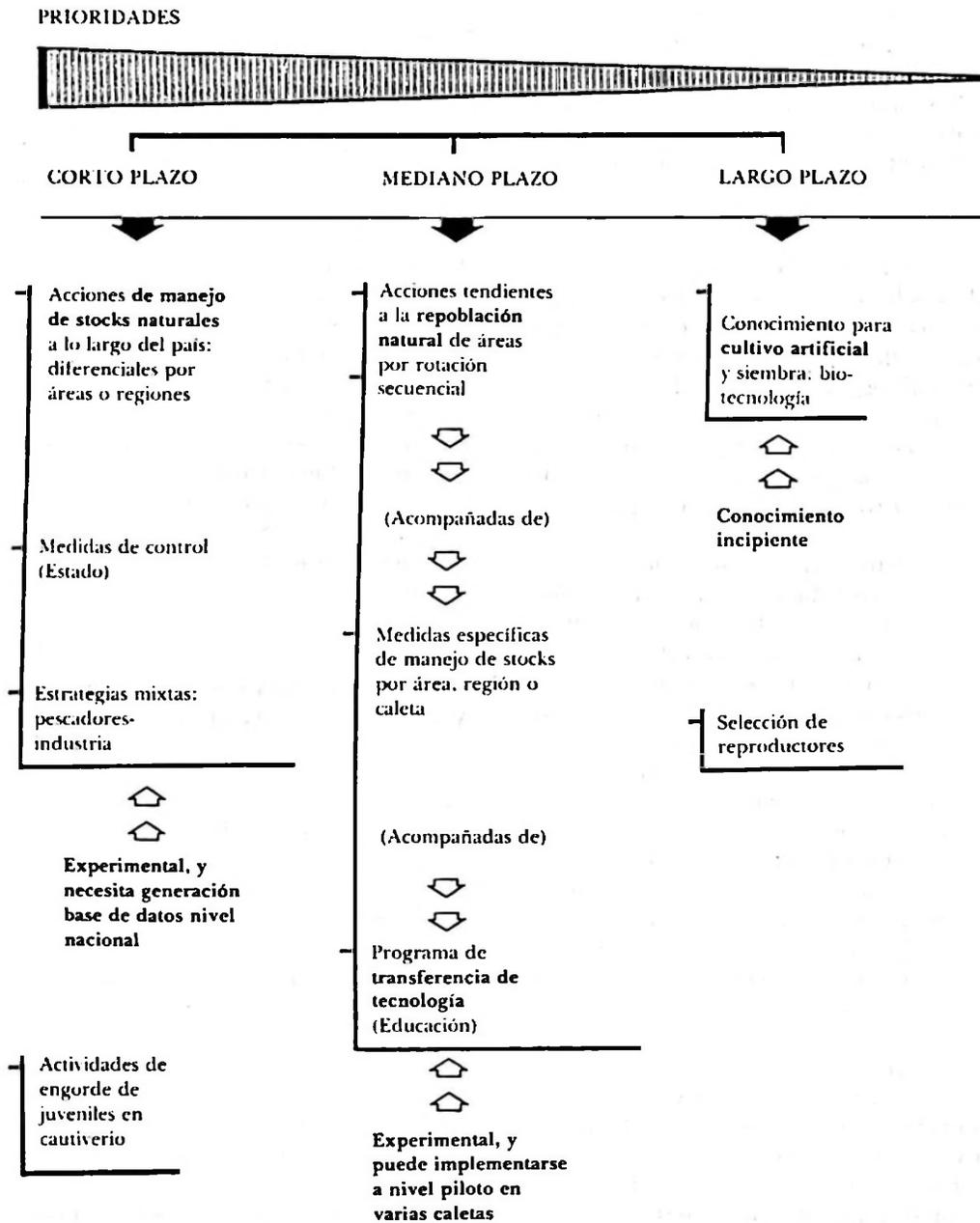
## LA PROBLEMATICA PESQUERA Y DE REPOBLACION

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.

