



***EVALUACION BASE PARA UNA  
EVENTUAL AREA MARINA PROTEGIDA  
(AMP) EN EL NORTE DE CHILE  
(III REGIÓN)***

**PUNTA MORRO  
DESEMBOCADURA RIO COPIAPO**

**Dr. Julio A. Vásquez  
Departamento de Biología Marina  
Facultad de Ciencias del Mar  
Universidad Católica del Norte**

**Julio - 2002**

***EVALUACION BASE PARA UNA EVENTUAL AREA  
MARINA PROTEGIDA (AMP) EN EL NORTE DE  
CHILE (III REGION)***

***PUNTA MORRO - DESEMBOCADURA RIO COPIAPO***

**Dr. Julio A. Vásquez  
Departamento de Biología Marina  
Facultad de Ciencias del Mar  
Universidad Católica del Norte**

**Julio - 2002**

## INDICE

INDICE	3
INTRODUCCION	4
VALOR DE LAS AMP	7
ANTECEDENTES GENERALES DE LA COSTA DE CHILE	8
ANTECEDENTES DEL AREA DE ESTUDIO	10
MATERIALES Y METODOS	13
RESULTADOS Y DISCUSION	19
Descripción de las comunidades	19
Carta batilitológica del área de estudio	19
Comunidades submareales de fondos duros	19
Ensamble de peces costeros	22
Comunidades de aves y mamíferos marinos	22
Humedal costero	24
Borde costero	25
Isla Grande	25
Conservación de la avifauna	27
Comunidades de playas de arena	29
Comunidades intermareales rocosas	30
Comunidades de playas rocosas de bolones	32
Fauna asociada a discos adhesivos de algas pardas	32
Comparación de la biodiversidad local y otros estudios	34
CONCLUSIONES: AMENAZAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS	38
LITERATURA CITADA	43
FIGURAS	46
TABLAS	47

## INTRODUCCION

Las áreas silvestres protegidas (terrestres y marinas), son una de las herramientas de mayor relevancia, en la conservación y preservación de los recursos bióticos. En ambientes marinos, las Areas Marinas Protegidas (AMP), han sido propuestas para la conservación y preservación de las pesquerías bentónicas costeras, de la biodiversidad orgánica y genética y de áreas y ecosistemas, en respuesta a la profunda intervención antrópica (Fernández *et al.* 2000). Comparativamente la implementación de reservas marinas es relativamente reciente, y las bases teóricas para la conservación marina es pobre en comparación con la disponible para ecosistemas terrestres (Allison *et al.* 1998).

Más del 25 % de las pesquerías a nivel mundial están consideradas sobreexplotadas y más del 40 % de ellas están siendo fuertemente perturbadas por extracción comercial. El fracaso en el manejo de las pesquerías puede provenir de diferentes frentes y niveles complejos y que trascienden los ámbitos científico, social y económico. En este contexto, el manejo de los recursos marinos renovables involucra investigación científica, interpretación de los resultados por entidades gubernamentales, establecimientos de regulaciones promulgadas por políticos, e implementación de las reglamentaciones. Los quiebres se pueden producir en cada uno de estos ámbitos en el manejo de información y en las esferas de decisión: los científicos pueden no hacer las preguntas de investigación adecuadas, o realizar evaluaciones y análisis deficientes de los recursos que conlleven a interpretaciones erróneas; los manejadores a niveles medios y altos pueden malinterpretar los resultados de investigación o darle un pobre valor a las recomendaciones de los científicos. Por ejemplo, poniendo mucha atención en errores del Tipo I (falsas alarmas), y no el énfasis suficiente en errores del Tipo II (problemas no detectados, mayor investigación), en consecuencia fallar en tomar las medidas precautorias. Por otra parte, los políticos pueden anular buenos consejos cuando no los perjudican en términos territoriales, privilegiando otras materias y obstaculizando el financiamiento ya sea para implementar estudios o para implementar medidas precautorias.

Hasta hace poco, muchas poblaciones de recursos marinos tenían refugios espaciales (eg. áreas donde no eran accesibles a las pesquerías: profundidad, recursos de difícil acceso, sin rentabilidad por su lejanía a puertos de desembarques, etc). En la medida que se han disminuido las poblaciones y aumentado las tecnologías de extracción y ubicación de los "stocks", estos refugios han sido explotados y degradados. Las áreas marinas protegidas (AMP) pueden parcialmente reemplazar estos refugios naturales, ofreciendo un refugio espacial a la mortalidad generada por las pesquerías. Las AMP proveen dos tipos de beneficios: (1) mantienen la estructura, integridad y funcionamiento del ecosistema, ofreciendo la oportunidad de aumentar el conocimiento y el entendimiento de los ecosistemas marinos, y generan las condiciones y oportunidades para numerosas actividades humanas no-extractivas. Muchos de estos beneficios no son compatibles con la explotación comercial de los recursos marinos. En este contexto, la información biológica base es crítica para implementar el manejo de las pesquerías y para ofrecer a las futuras generaciones la oportunidad de estudiar y apreciar la herencia de la riqueza de nuestro mar. (2) Las AMP sirven también para mitigar y suplementar pesquerías tradicionales, a través del suministro de propágulos hacia áreas adyacentes, exportación de adultos, protección de impactos genéticos consecuencia de mortalidad selectiva. Ofrecen, además, un seguro en relación a colapsos poblacionales de áreas de pesca, y contribuyen a la recuperación de tales colapsos poblacionales.

En Chile, las áreas marinas protegidas (AMP) constituyen un herramienta de conservación creada recientemente a través de la Ley General de Pesca y Acuicultura. A lo largo de más de 4000 km de costa, sólo existe una AMP en el litoral de Chile continental, localizada en la costa de la II Región-Antofagasta. Esta AMP está orientada a la conservación y preservación de *Argopecten purpuratus* "Ostión del Norte".

El presente estudio, corresponde a una evaluación base preliminar de la biodiversidad y la abundancia relativa de la flora y la fauna costera de un sector de la costa de la III Región-Tarapacá, comprendida entre Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó. Este informe incluye también un diagnóstico del estado del conocimiento de la costa norte de Chile en general, y del área de estudio en particular. Además,

incorpora una descripción de los distintos ecosistemas (intermareales y submareales), y un análisis del estado de conservación de la biodiversidad marina costera en el área de estudio.

## VALOR DE LAS AMP

El entendimiento de los ecosistemas marinos es especialmente un desafío por las severas restricciones logísticas, por la carencia general de largas series de tiempo (especialmente en Chile, donde el financiamiento de la investigación está retringida a 3-4 años), y por la persistencia de eventos catastróficos e impredecibles (*eg.* Cambio Climático Global, ENOS) en los ecosistemas marinos. El valor de la información de series de tiempo es axiomática en ecología y en pesquerías, así cualquier cambio en el ecosistema puede ser interpretado en el contexto de los cambios intrínsecos al ecosistema donde ocurren. Por ejemplo, el fenómeno de El Niño que ocurre cada 5-10 años es visto como un evento catastrófico e impredecible, sin embargo debiera ser incorporado como un evento de cambio interanual y natural en las comunidades marinas del Pacífico Sur (Vásquez *et al.* 1998). Esto es posible de visualizar sólo si contamos con series de tiempo que incorporen períodos con y sin este tipo de eventos oceanográficos de gran escala.

La gran variabilidad de los ecosistemas marinos (a cualquier tipo de escala) genera una alta dificultad en esto, sin embargo es necesario separar los cambios producidos por las interacciones biológicas y físicas de aquellas producto de la intervención humana. Mucha de la información sobre los ecosistemas marinos proviene de las pesquerías, puesto que las pesquerías son extremadamente eficientes para encontrar recursos de distribución agregada. En consecuencia, esta información no es azarosa, por lo tanto difícil de interpretar en términos biológicos sin un evento de selectividad. Programas de muestreo independientes a las pesquerías son absolutamente esenciales para propender a la conservación y preservación de los recursos marinos renovables.

## ANTECEDENTES GENERALES DE LA COSTA DE CHILE

La topografía de la costa de Chile define muy claramente dos regiones principales a lo largo de la costa de Chile continental (Guiler 1959, Stephenson & Stephenson 1972, Castilla 1976 a b, Santelices 1989). La costa comprendida entre Arica (ca. 18° S) y Puerto Montt (ca. 41° S) es entera con pocos accidentes geográficos, formando casi una línea recta a macroescala, expuesta a viento y oleaje, con pocas playas de arena, las que generalmente están expuestas a los vientos predominantes, y con escasas bahías protegidas. Al sur de Puerto Montt, la costa es desmembrada, a menudo escarpada, con montañas que se alzan sobre 3.000 m de altura a lo largo de la costa y caen abruptamente al mar. Lo desmembrado de esta costa ha generado numerosas islas que protegen la línea costera de las tormentas, frecuentes en mar abierto. Así, al sur de los 41°, la diversidad de hábitat aumenta, apareciendo entre otros, hábitat con distintos niveles de exposición al oleaje (fiordos y canales interiores).

La Cordillera de la Costa entre Arica y Antofagasta (ca 24° S) está constituida por rocas volcánicas del Jurásico-Cretáceo, con intrusiones sedimentarias elevadas durante el Cuaternario (Araya-Vergara 1976). Aquí la estación de las lluvias se restringe sólo a unas pocas semanas cada verano (Di Castri & Hajek 1976) y es conocida como el invierno boliviano. Estas precipitaciones son especialmente intensas en las cercanías de la Cordillera de Los Andes, menos intensas en la depresión central y muy limitada en la Cordillera de la Costa. Con la excepción del Río Loa (flujo normal 1,5.-2,0 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup>), todos los ríos que se originan en la Cordillera de los Andes desaparecen o se hacen subterráneos en la depresión central y no alcanzan la Cordillera de la Costa. Como resultado de todos estos factores, la costa existente entre los 18° y los 25° S es escarpada, de acceso difícil, desértica y abierta a vientos y oleajes del suroeste. La dirección en que soplan los vientos originan que aguas superficiales se alejen de la costa y permitan la existencia de zonas de surgencia donde es posible encontrar agua fría, rica en nutrientes en los niveles más superficiales (González *et al.* 1998). Además, estos vientos del sur oeste pueden generar oleaje pequeño conjuntamente con el oleaje de origen oceánico, lo que produce mares agitados que afectan de varias formas la distribución de los

organismos y pueden modificar los patrones de zonación. En estas latitudes, sólo las laderas de exposición norte de proyecciones rocosas que incursionan en el mar, o las caras de islas cercanas que se orientan hacia el norte, constituyen hábitat constantemente protegidos. Durante los meses más cálidos, en estas playas es común encontrar capas de neblina tanto en la mañana como en el atardecer. Se supone que esta capa de neblina confiere algún grado de protección a la desecación a la fauna y flora intermareal alta y media, especialmente durante el verano (Santelices 1989).

Desde Antofagasta, hasta Navidad (ca 33° S), la Cordillera de la Costa se compone principalmente de roca granítica, alcanza alturas menores, y forma terrazas marinas más o menos extendidas, especialmente al sur de los 30° S (Araya-Vergara 1976). La línea costera es entera, interrumpida por unas pocas playas de arena, abierta al viento y el oleaje predominante del suroeste. Sin embargo, y al sur del paralelo 27° S (Río Copiapó), esta costa es interrumpida por ríos y estuarios originados en la Cordillera de los Andes. El curso de estos cuerpos de agua, y su efecto sobre los organismos costeros situados en las cercanías, varía estacionalmente, acentuándose durante primavera tardía y principios de verano. En estas latitudes la dirección de los vientos prevaecientes varía estacionalmente, siendo preferentemente suroeste en verano y noroeste en invierno. En consecuencia, tanto las laderas norte como las laderas sur, roqueríos, islas y playas pueden estar expuestas al viento y oleaje en forma alternada durante todo el año.

Desde Navidad hasta la Isla de Chiloé la Cordillera de la Costa está formada por rocas metamórficas de poca elevación, que generan terrazas de mayor extensión. Numerosos ríos llevan al mar agua originada ya sea por la nieve depositada en la Cordillera de los Andes o aguas lluvias, la que aumenta significativamente hacia el sur. Los efectos más importantes de estos tipos de drenajes son diluciones locales de salinidad y la adición de cantidades importantes de sedimentos y material terrígeno a la zona costera. Así, a lo largo de esta porción de costa los fondos arenosos son, a lo menos, tan importantes como las formaciones rocosas. Existen en esta región, estuarios de gran importancia por su extensión y productividad, al igual que marismas altamente productivas entre los 35° y los 41° S.

Al sur de la Isla de Chiloé la geomorfología costera corresponde a una región de fiordos y canales originados por procesos de hundimientos y levantamientos y erosionados por agua y hielo. En esta zona, la depresión general de la Cordillera de la Costa y la Cordillera de la Costa yace bajo el mar. Entre los 40° y los 48° S varios ríos llevan las abundantes agua lluvias al mar mientras que entre los 48° y los 52° S algunos fiordos grandes con sus cursos superiores cubiertos de hielo alcanzan el nivel del mar, modificando sustancialmente los regímenes de salinidad existentes en los ambientes protegidos. Estos ambientes protegidos se generan por la existencia de numerosas islas cercanas a la costa, cuyo número y disposición forman canales protegidos, los que son usados para la navegación (canales patagónicos). Debido a las diferencias entre la costa abierta y los canales, en lo que respecta a impacto de oleaje, tipo de sustrato, salinidad y temperatura, es evidente que al sur del paralelo 42° S se produce una notoria diversificación de hábitat en comparación con la línea costera existente en el norte y el centro de Chile

### **ANTECEDENTES DEL AREA DE ESTUDIO**

El área seleccionada, entre Punta Morro (27° 06' S) y la desembocadura del Río Copiapó (27°18' S), tiene una longitud aproximada de 30 km lineales. El área de estudio, se encuentra inserta en el sistema perárido del norte del país (Di Castri & Hajek, 1976), y categorizado climáticamente como *Clima Desértico Costero con Nublados Abundantes*. Esta unidad climática se extiende desde los 18° hasta los 30° S, incluyendo la mayor parte de la Cordillera de la Costa y los discontinuos sectores de planicies litorales en una franja paralela a la costa de 40-50 Km. de ancho. Esta franja costera, presenta temperaturas relativamente bajas y homogéneas, amplitud térmica diaria y anual pequeña debido a la influencia marina, y humedad relativa atmosférica alta. La nubosidad matinal diaria y la escasa pluviosidad es una característica resaltante de este sector bioclimático.

La franja costera que incluye el área de estudio, posee un suelo del orden aridisoles, caracterizado por permanecer seco y desprovisto de vegetación. Excepción a lo anterior es la vegetación ubicada en el sector de escurrimientos superficiales o afloramientos hídricos puntuales, tales como los que ocurren en la desembocadura del Río Copiapo.

Geomorfológicamente, el área de estudio se encuentra inserta en la denominada Región Septentrional de las Pampas Desérticas y Cordillera Pre-altiplánica, que se extiende desde el límite con el Perú hasta la desembocadura del Río Elqui. La costa entre Punta Morro y Bahía Cisne es una costa extremadamente expuesta, conformada por roca granítica con pendientes pronunciadas que caen abruptamente al mar haciendo prácticamente imposible el acceso a las comunidades intermareales. Unas pocas y pequeñas playas de bolones ocurren asociadas a quebradas semiprotegidas de exposición norte, alternándose con comunidades de paredones rocosos intermareales que constituyen los ambientes intermareales predominantes.

Entre los 18°-35° S, los valores de temperatura superficial del mar (TSM) son mínimos en primavera y verano, al mismo tiempo que el transporte de Ekman y la superficie de mezcla por vientos es máxima. Esto sugiere que la TSM responde en forma directa a los vientos locales en una escala de tiempo estacional, produciendo afloramientos costeros que generan focos de alta productividad. Al respecto, diversos estudios de percepción remota han identificado centros de afloramiento locales, como por ejemplo Pta. Angamos (Bahía de Mejillones Norte) en 23° Lat. S, Pta. Media (Bahía Inglesa) en 27° Lat. S, Pta. Lengua de Vaca (Bahía Tongoy) en 30° Lat. S y Pta. Curaumilla (Bahía Laguna Verde) en 33° Lat. S.

Entre Punta Morro y Bahía Copiapo, no existen estudios sistemáticos que den cuenta de la diversidad de plantas y animales marinos. Algunos estudios centrados en el manejo de pesquerías bentónicas, informan sobre biodiversidad asociada a fondos rocosos submareales en las cercanías de Isla Grande (Estudios ESBA de Areas de Manejo). Estos estudios sugieren la predominancia de fondos blanqueados (asociación

algas crustosas calcáreas-erizo negro), y de fondos dominados por el alga parda *Lessonia nigrescens* (intermareal) y *Lessonia trabeculata* (submareal).

En el área de estudio entre Punta Morro y Bahía Cisne, el organismos dominante en cobertura y biomasa en comunidades intermareales y submareales es el alga parda *Lessonia* spp (Vásquez 1992). *Lessonia nigrescens* forma cinturones intermareales en paredones expuestos y *Lessonia trabeculata* se distribuye desde los 0 hasta los 30 m de profundidad sobre sustrato rocoso.

Estudios de línea base destinados a evaluar recursos marinos bentónicos en áreas cercanas al área de estudio han determinado que la biodiversidad en sustratos rocosos intermareales y submareales involucra a 37 Taxa correspondientes a siete grupos: Mamíferos (1), Peces (6), Crustáceos (7), Equinodermos (4), Moluscos (10), otros Invertebrados (3) y algas (6).

Existe una absoluta carencia de información sobre la diversidad y abundancia de la avifauna en el sector de estudio, como así también para otros sectores costeros de la III Región.

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio seleccionada se distribuye entre Punta Morro ( $27^{\circ} 06' S$ ) y la desembocadura del Río Copiapó ( $27^{\circ}18' S$ ), y tiene una longitud aproximada de 30 km lineales (FIG. 1). Esta área fué subdividida arbitrariamente cada un km, generando una grilla formada por 30 transectos intermareales (entre la berma y el 0 mareal) y 30 transectos submareales (entre 0-20 m de profundidad). No obstante, la ubicación final de los transectos estuvo condicionada a la accesibilidad a cada punto geográfico previamente determinado (FIG. 2 - TABLA 1). Esto tiene especial importancia en la evaluación y ubicación de los transectos intermareales entre Punta Morro y Bahía Cisne (ambientes rocosos expuestos al movimiento de agua y vientos predominantes), donde la morfología de la línea de la costa impide el acceso a estas comunidades rocosas.

Los transectos intermareales (cuando fue posible el acceso a estas comunidades) tuvieron una longitud máxima de 60 m (intermareal de arena). Estos, fueron subdivididos cada 10 m generando entre 5 y 7 estaciones de muestreo, determinadas en función de su posición con respecto al nivel 0 de mareas. Dada la dificultad en acceder a las comunidades submareales, se realizaron muestreos a distancia, lo que permiten describir cuatro tipos de comunidades litorales: comunidades de playa de arena, comunidades de playas de bolones, comunidades expuestas de paredones rocosos verticales, y comunidades de plataformas expuestas.

Los transectos submareales tuvieron una longitud de 100 m, posicionados perpendicularmente a la línea de la costa, y subdivididos cada 10 m. Un buzo recorrió el transecto un metro a cada lado de la línea (**FOTO 1**), con intervalos regulares de 10 m lineales, evaluando la biodiversidad y la abundancia de los organismos incluidos en  $10 \text{ m}^2$  (rectángulos de  $10 \times 1 \text{ m}$ ). En cada estación de muestreo se evaluó la cobertura de organismos incrustantes, de macroalgas, y la abundancia de macroinvertebrados bentónicos vágiles con cuadrantes  $0.25 \text{ m}^2$ . Estos muestreos dieron cuenta de la



**FOTO 1.** Muestreo submareal de fondos rocosos. Buzo semiautónomo recorre línea madre de los transectos de evaluación con cuadrantes de  $0,25 \text{ m}^2$



diversidad global de macroinvertebrados y macroalgas, y de la abundancia relativa de cada una de las especies registradas en las comunidades bentónicas del área de estudio.

Para macroalgas pardas intermareales y submareales se utilizaron cuadrantes de 1 m<sup>2</sup>, y estimaciones de abundancia (*eg.* correlacionesc entre el diametro basal del disco vs tamaño y peso de plantas enteras) para evitar muestreos destructivos. Dado que los discos de fijación de macroalgas pardas como *Lessonia nigrescens* y *L. trabeculata*, y *Macrocystis integrifolia* constituyen áreas de reclutamiento, alimentación, refugio y asentamiento de larvas, 50 plantas de cada una de las especies mencionadas fueron recolectadas en distintas localidades del área de estudio. Como la diversidad y la abundancia de macroinvertebrados asociados a estas algas pardas es función del tamaño del disco de adhesión, se privilegió la recolección de plantas adultas de gran tamaños ( $\phi$  disco > 20 cm). Estas plantas fueron despegadas del sustrato mediante barretas de fierro, etiquetadas y puestas en bolsas de malla (2 mm de apertura de malla), cuidando de recolectar toda la fauna asociada en el interior de los discos de fijación. En el laboratorio, estas plantas fueron disectadas para la recolección de la diversidad asociada a cada una de ellas, y los organismos identificados hasta el hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Puesto que el objetivo de este muestreo es determinar la biodiversidad asociada, y en beneficio del tiempo de análisis e informe de los resultados del estudio, sólo se determinó la ocurrencia (presencia/ausencia) de cada una de las especies asociadas a los discos de fijación de las algas pardas analizadas.

El posicionamiento de todas las estaciones de muestreo y observación, tanto en ambientes terrestres (humedales), intermareales como submareales, fue georreferenciada a través de GPS. Se utilizaron cartas IGM y fotos aéreas de los vuelos FONTEC, las que fueron georreferenciadas graficamente mediante Arc View y otros sistemas gráficos computacionales.

La riqueza y abundancia relativa de organismos bentónicos y pelágico costeros (algas invertebrados y peces) se determinó mediante buceo autónomo y semiautónomo (SCUBA y HOOKA). Los peces se evaluarón a través de conteo directo utilizando la técnica

descrita por Kimmel (1985). Los registros de la diversidad y la abundancia de peces costeros se realizaron utilizando como referencia los transectos de muestreo submareal, en tres profundidades prefijadas (5, 10 y 15 m). Un buzo se instaló en cada una de estas profundidades, evaluando la diversidad y la abundancia de peces durante dos minutos. En consecuencia, la abundancia está expresada en N° individuos/2 minutos de observación. Este tipo de muestreo es ampliamente utilizado en la evaluación de peces y en general de organismos móviles.

Las aves de hábitat costero y los mamíferos marinos distribuidos en el área de estudio fueron evaluados de acuerdo con las técnicas clásicas de avistamiento y censo de estos grupos zoológicos. Las islas fueron recorridas en su totalidad especialmente para censar pingüinos y piqueros. Para mustélidos (nutrias) y otáridos (lobos de mar) se realizaron transectos no superiores a 80 m desde la más alta marea. Para otras aves, como gaviotas y gaviotines, se realizaron incursiones hacia tierra de no más de 150 m desde la línea de más alta marea. El humedal costero en la desembocadura del Río Copiapó fue intensamente muestreado en todo su ancho y hacia el interior hasta los 1.000 m desde el nivel de más baja marea (FIG. 3).

Para estimar el número de individuos en el humedal y las salinas, se aplicó la metodología propuesta por Estades (1995) y modificada por Luna et al. (2000). Se establecieron tres puntos de observación, donde se registró el número de aves por especie en intervalos de 10 minutos. Los puntos fueron seleccionados para cubrir toda el área del humedal y las salinas. Los datos de cada intervalo de tiempo (10 minutos), fueron sumados para expresar la abundancia de cada especie en términos de animales por cada hora de observación.

El número de animales en la línea de la costa y en Isla Grande fue estimado utilizando la metodología de transectos lineales (Estades 1995). Las aves fueron registradas cada diez minutos e integradas para determinar la densidad total una hora de observación. Con el fin de evitar errores de recuento, solamente fueron contabilizadas las aves que viajaban en dirección opuesta al observador. Adicionalmente a los transectos realizados en la línea

de costa, y debido a la dificultad de acceso, se establecieron puntos fijos de observación (ver arriba). Todos los datos son expresados, finalmente, en número de individuos por hora por especie.

Se establecieron estaciones de recuento de aves y mamíferos, cuyos límites fueron definidos diferenciando cada uno los sitios reconocibles, en función de sus propiedades físicas (*eg.* laguna, bajaríos, humedales) y/o evidencias de actividad biológica característica (*eg.* nidos de aves, comederos de nutrias, cuevas de roedores). Cada una de las estaciones de recuento fue rotulada con un número de orden y georreferenciada mediante GPS. Esto, permitió la digitalización de la información relativa a la ubicación geográfica de las estaciones de recuento, así como también, de las coordenadas que delimitan el área de estudio (FIG. 3).

Recurriendo a fuentes bibliográficas y luego de analizados los datos muestrales, se analizó la presencia en el área de estudio, de especies que se encuentren en alguna categoría de conservación y/o de interés científico.

Simultáneamente al muestreo de las comunidades bentónicas y de peces costeros, se registró la profundidad (en ambientes submareales), la altura de marea (en ambientes intermareales), y la composición porcentual del sustrato en relación a las siguientes categorías: **arena**, **conchuela**, **bolones** y **roca consolidada**. Esto permitió determinar la batimetría costera (FIG. 4 a-c), y la distribución batilitológica del área de muestreo (FIG. 5).

Recurriendo a las fuentes bibliográficas y luego de analizados los datos muestrales, se analizó la categoría de conservación y/o de interés científico de cada una de las especies registradas en el área de estudio. Con la información obtenida, se generó la siguiente información:

- Descripción de las características ecológicas del área de estudio y de comunidades más relevantes en términos de conservación.

- Identificación de la biodiversidad global del área de estudio y en sectores relevantes de la misma (*eg.* islas, paredones verticales, humedales). Identificación de las especies con alguna categoría de conservación (cuando existe información al respecto en *eg.* peligro, vulnerable, en veda etc.)
- Identificación de las posibles amenazas a la biodiversidad marina del área de estudio.
- De acuerdo a lo anterior, se proponen algunas acciones correctivas o de mitigación.
- Carta de batimetría obtenida a través de medición directa de la distribución de las profundidades en los transectos de muestreo.
- Carta litológica (descripción de tipos de fondo) hasta una profundidad de 20-25 m, en función de la distribución de categorías de sustratos previamente establecidos.
- Carta bentónica (distribución y abundancia relativa de macroinvertebrados y algas) hasta una profundidad de 20-25 m.
- Diversidad, distribución y abundancia de peces costeros hasta una profundidad de 20-25 m.
- Carta de mamíferos marinos (loberas, avistamiento de cetáceos, mustélidos) privilegiando zonas insulares y puntas rocosas expuestas.
- Carta de aves (presencia y zonas de nidificación, otros) privilegiando zonas insulares y de humedales.
- Análisis de la riqueza de especies (presencia/ausencia) asociada a discos de fijación de macroalgas del Orden Laminariales ("huiros").
- Un análisis de la biodiversidad local, contrastado con la biodiversidad global de la costa de Chile y en un contexto biogeográfico con la flora y la fauna del Pacífico Suroriental

La escala y formato de los productos gráficos y cartográficos del área de estudio es la siguiente:

- Cartografía escala 1:50.000 en formato digital e00ascii, tablas de datos relacionales en formato DBF3
- Imágenes (fotos, gráficos, otros) en formato JPG-BMP.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### DESCRIPCIÓN DE COMUNIDADES

#### **Carta batimétrica del área de estudio:**

La batimetría del área de estudio determinó que en general la pendiente del sistema terrestre se prolonga de manera similar en el ambiente marino. Como consecuencia de esto, áreas profundas (> 30 m de profundidad) ocurren muy cercanas a la línea de la costa (FIG. 4 a-c). El análisis cualitativo de la distribución de los sedimentos marinos muestran que el sector entre Punta Morro y Bahía Cisne es un sector rocoso expuesto al oleaje y a los vientos predominantes del sureste. Bajo los 20-25 m de profundidad el sustrato predominante es arena.

Dos grandes playa de arena ocurren en el sector sur del área de estudio. Estas prolongan sus características formando extensas comunidades de fondos blandos submareales (FIG. 5).

#### **Comunidades submareales de fondos duros:**

Las comunidad submareales del área de estudio se caracterizan por la amplia distribución (en longitud y profundidad) de fondos blanqueados (Stotz *et al.* 1991), los que están estructurados por algas crustáceas calcáreas del género *Mesophylum* sp y *Lithothamnium*, y dominados por los invertebrados ramoneadores erizo negro *Tetrapygus níger* y *Tegula* spp (FOTO 2). Los carnívoros dominantes del sistema son los asteroídeos *Meyenaster gelatinosus* y *Stichaster striatus*.



**FOTO 2.** Ambientes submareales rocosos entre Punta Morro e Isla Grande (III Región). Algas crustosas calcáreas son los organismos dominantes en cobertura. Dos especies de erizos de mar son los principales herbívoros ramoneadores: el erizo negro *Tetrapygyus niger*, y el erizo rojo comestible *Loxechinus albus*.



El organismo de mayor cobertura y biomasa en estos ambientes submareales rocosos es el alga parda *Lessonia trabeculata* (FIG. 6). A macroescala, la mayor abundancia se concentra en el sector rocoso al sur del área de estudio, en los alrededores de Isla Grande y en el sector de la Quebrada Chañarcillo. Las comunidades bentónicas en el sector de Punta Morro, están dominadas por algas crustosas calcáreas y erizos negros.

La densidad de 18 Taxa fueron registrados durante las evaluaciones submareales, los que se grafican en las FIGs 7 a-i. En general, la densidad de estos macroinvertebrados es baja y la distribución restringida a los sectores insulares. En cobertura de sustrato primario, se expresan la abundancia de otros 16 Taxa, los que incluyen principalmente a las macroalgas bentónicas más conspicuas (FIGs. 8 a-h). Como se había mencionado anteriormente, *Mesophyllum* (FIG. 8 b) presenta una amplia distribución y cobertura en el área de estudio, conformando fondos blanqueados característicos de la costa expuesta del norte de Chile. En general, las evaluaciones de las comunidades bentónicas submareales de fondos duros muestra una costa de baja diversidad y abundancia de algas y macroinvertebrados. En estas comunidades, organismos de importancia económica como el gastrópodo murícido *Concholepas concholepas* "Loco", el equinodermo *Loxechinus albus* y diferentes especies de *Fisurella spp* ("Lapas") son de baja frecuencia de ocurrencia, producto de la explotación comercial de los lugareños.

En relación a la sobreexplotación de recursos bentónicos es importante resaltar los efectos sobre la diversidad y la abundancia de Fisurellidos ("Lapas"). Agotada la pesquería de *Concholepas* ("Loco") los pescadores artesanales están sobreexplotando otros recursos bentónicos como las lapas, con capturas diarias que sobrepasan los 150-200 kg por embarcación por día de trabajo (observación personal). Sin embargo, y de acuerdo con las disposiciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura, los pescadores artesanales organizados han solicitado Areas de Manejo de Recursos Bentónicos (3 en el sector de estudio), las que concentra la mayor disponibilidad de recursos bentónicos de importancia comercial en el área de estudio. El acceso y ubicación de estos recursos es restringida, en consecuencia la evaluación no refleja la abundancia real de especies como *Concholepas concholepas* o *Loxechinus albus* ("erizo comestible").

Un análisis gráfico de la riqueza total y abundancia total de especies de invertebrados, muestra que la mayor concentración de invertebrados bentónicos en los alrededores de Isla Grande y en los promontorios rocosos al sur de Bahía Cisne (FIG. 8i).

### **Ensamble de peces costeros:**

La distribución y abundancia de 18 especies de peces costeros (TABLA 2) fué registrada entre los 0 y los 20 m de profundidad (FIGs. 9 a-i). Aun cuando, la abundancia es baja su distribución se concentra en Isla Grande y en los sectores más expuestos del área de estudio. Los ensambles de peces están sometidos a una fuerte presión de extracción la que se concentra especialmente sobre *Graus nigra* ("vieja negra"), *Cheilodactylus variegatus* ("vilagay"), *Mugiloides chilensis* ("rollizo"), y *Pimelomepton maculatus* ("pejeperro"). Estas especies son capturadas por buzos mariscadores y deportivos mediante arpón, surtiendo los restaurantes de Caldera y Copiapó. Durante los muestreos, se observó que diariamente sólo en Caleta Cisne, cada bote extrae entre 250-350 kg de diversas especies de peces costeros.

Un análisis gráfico de la riqueza total y abundancia total de especies de peces costeros, muestra que la mayor concentración de peces ocurre en el sector expuesto de Isla Grande y en los promontorios rocosos al sur de Punta Morro (FIG. 9j). Las especies que fueron evaluadas son todas intensamente extraídas por buzos artesanales mediante pesca con arpón.

### **Comunidades de aves y mamíferos marinos:**

En el litoral del área de estudio, se realizó un catastro y prospección de aves costeras y mamíferos marinos. Dada la concentración de estos organismos en ciertos sectores del área, se privilegió el muestreo en: desembocadura del Río Copiapó incluyendo el humedal, las salinas y lagunas costeras (FIG. 10), Isla Grande (FIG. 11) y Punta Morro. Estos sectores presentan una alta singularidad, tanto el punto de vista geomorfológico y escénico, como por su contribución a la biodiversidad de aves y mamíferos del área .

La información obtenida en las diferentes áreas de observación y registro corresponden a información cuantitativa, cualitativa y distribucional, la que se utilizó en el análisis de la presencia de aves y mamíferos silvestres en el área costera comprendida entre la desembocadura del Río Copiapó y Punta Morro.

En el área de estudio, se registró un total de 45 especies de aves (40 residentes y 5 visitantes), las cuales se agrupan en 21 Familias (TABLA 3). Estas categorías corresponden a la clasificación propuesta por Araya *et al.* 1995 en su Lista Patrón de las Aves Chilenas. De acuerdo con estos autores se consideran Aves Residentes (R) a aquellas especies que viven en el sector y se reproducen en él. En contraste, se denomina Aves Visitantes (V) a aquellas que visitan el sector año tras año, como consecuencia de conductas migracionales gatilladas por procesos de alimentación y reproductivas. El total de especies encontradas en el área de estudio representa un 10.5% del número total de especies registradas para Chile hasta el año 1995 (Araya *et al.* 1995). En relación a la diversidad esperada durante este muestreo de otoño, y en comparación con ambientes similares del norte de Chile, el área de estudio registra más de un 90% de las aves costeras y entre 35-40% de las aves acuáticas del humedal.

Debido a que este estudio se realizó durante el otoño, es posible que el número de especies visitantes aumente durante la época estival. En este contexto, numerosas especies de chorlos (Familia Charadriidae), playeros (Familia Scolopacidae) y gaviotines (Familia Laridae), son visitantes de verano de las costas y humedales a lo largo de Chile continental. Por otro lado, el número total de especies en el humedal puede aumentar a medida que se acerca la época invernal. Durante esta estación del año, numerosas especies de Passeriformes del grupo de yales (Familia Fringillidae), mineros y canasteros (Familia Furnariidae), realizan migraciones altitudinales hacia ambientes costeros en donde encuentran condiciones más benignas. En este contexto, los humedales constituyen áreas de descanso y alimentación para muchas de las especies de aves migratorias y residentes. En Chile se ha demostrado que lugares pequeños, pero adecuadamente protegidos, adquieren una gran importancia como lugar de concentración de avifauna (*eg.* Egli & Aguirre 1995)

El número total de mamíferos registrados en el área de estudio es de 4 especies: Zorro Chilla, Chungungo, Lobo marino común y Delfín Nariz de Botella (TABLA 3). No se detectó indicios de otras especies de mamíferos terrestres en el área del humedal (*eg.* roedores).

Dentro del área de estudio, las especies de aves y mamíferos no están distribuidas en forma uniforme, y en su mayoría se encuentran asociadas a ambientes específicos (*eg.* humedal, playa). Las principales áreas de agregación en el área de estudio son el humedal del Río Copiapó, el borde costero, en especial el sector de la playa de arena de la desembocadura del Río, y la Isla Grande. El resto de las áreas prospectadas no presentaron agregaciones significativas y/o singulares de especies.

#### **Humedal costero:**

Se prospectó un área total de 2.14 km cuadrados, lo cual corresponde al 100% del área total de la cobertura vegetal del humedal (1.14 km<sup>2</sup>) y salinas (1 km<sup>2</sup>) (Fig 10). Esta área concentra un total de 23 especies de aves acuáticas y terrestres (Tabla 4). Esta cifra corresponde al 52% del total de especies de aves y mamíferos detectadas en el área de estudio. Aun cuando todas las especies son residentes en el humedal, ninguna de las especies registradas es endémica de este ambiente.

Los humedales son importantes áreas de concentración de aves, debido a la diversidad de ambientes que en ellos se generan, y a su alta productividad. De acuerdo a Scott y Carbonell (1986), Chile posee grandes áreas húmedas costeras que disminuyen de sur a norte y en las cuales se concentra un mayor número de especies de aves que en otros ambientes característicos de Chile, tales como bosques y matorrales. El humedal del Río Copiapó no es un área protegida ni está integrada en ninguna de las categorías del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE). Los humedales costeros protegidos y cercanos al área de estudio se ubican principalmente en la zona central (32° a 36°).

En trabajos relativos a aves de humedales en Chile (ver por ejemplo Vilina *et al* 1997, Brito & Haro 2000), se establece que varias especies de aves utilizan una red de humedales costeros como sitios de alimentación, descanso y nidificación. En este contexto, resulta altamente necesario desarrollar iniciativas destinadas a incorporar humedales del norte del país en una red de áreas destinadas a la conservación y preservación de la biodiversidad de aves costeras.

### **Borde costero:**

Se prospectó la playa de arena de la Bahía de Copiapó en prácticamente toda su extensión (Fig 10). La mayoría de las especies registradas en el borde costero son aves marinas costeras (TABLA 5). Estas especies corresponden a aquellas que permanecen la mayor parte de su tiempo en una área comprendida entre el litoral y el límite de la plataforma continental. Algunas especies de aves costeras realizan, sin embargo, incursiones en los humedales. La especie más abundante resultó ser la gaviota dominicana (35 animales), seguido por los playeros blancos (25). De las especies registradas en el área de estudio, la garuma, el guanay, el piquero y el lile son especies endémicas del sistema de surgencia de la Corriente de Humboldt, donde su distribución se extiende desde la altura de Chiloé hasta Ecuador. De acuerdo con Schlatter & Simeone (1999), la Corriente de Humboldt constituye una importante área de endemismo para el mar chileno. En general, esta área de endemismo se caracteriza por la presencia de cormoranes y pelícanos, conocidas en general como aves guaneras.

### **Isla Grande:**

La Isla Grande, frente a Caleta Cisne fue prospectada en toda su extensión (FIG. 11). En general, el sistema de Islas de la III y IV Región de Chile, constituyen el habitat de varias especies de aves y de mamíferos marinos, donde Isla Grande no constituye la excepción. En el extremo sur de la isla se encontró una colonia de Yunco (*Pelecanoides garnotii*), una especie considerada como Vulnerable, pero que en realidad se encuentra con serios problemas de conservación (FOTO 3). La abundancia de especies en la Isla se presenta en la TABLA 6, la que no sólo constituye el habitat para especies de aves marinas. La

**FOTO 3.** Colonias de Yunco. El área de estudio, especialmente Isla Grande alberga una de las pocas colonias de esta especie. El Pato Yunco se encuentra en una categoría de conservación equivalente a vulnerable.



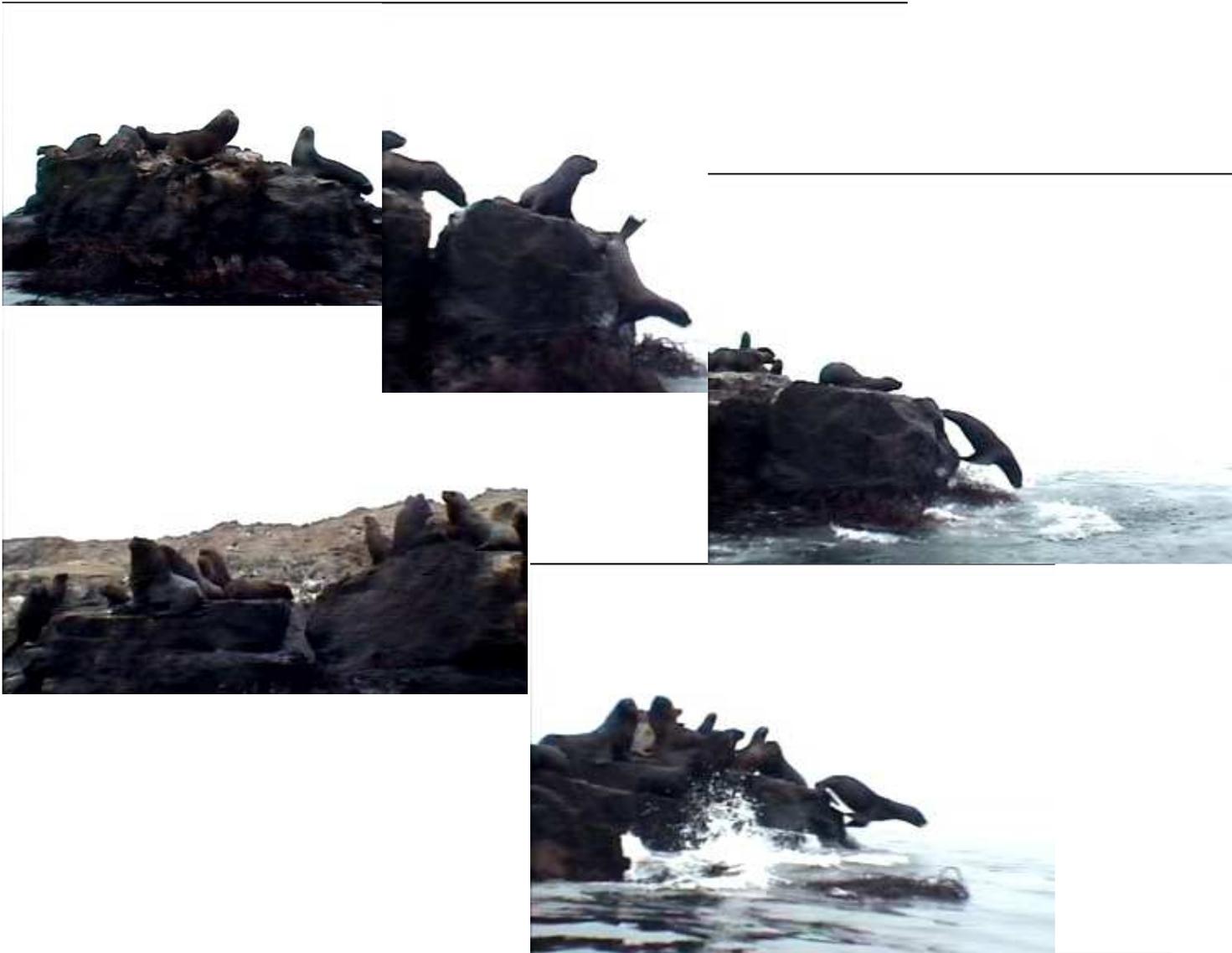
presencia de Dormilonas, Cachuditos y el Chercán, revela que la Isla brinda refugio para aves que habitualmente se encuentran en ambientes continentales.

El total de mamíferos marinos (TABLA 6) en la Isla asciende a tres, en donde destacan la presencia de delfines nariz de botella. Aún cuando esta especie se distribuye en todos los mares del mundo, en el norte de Chile existe sólo una población residente en Isla Choros. En este contexto, estudios y monitoreos en el área de Isla Grande se hacen absolutamente necesarios para determinar el estatus del Delfín Nariz de Botella. Esta especie representa una especie de alta importancia en las costas de la III y IV Región en términos escénicos, turísticos y recreacionales. El avistamiento de loberías (**FOTO 4**) y familias de "chungungos" en el área de estudio, se muestran en la FIG. 12

En términos generales, Isla Grande presenta una gran importancia para la mantención de la biodiversidad de los ambientes costeros del sistema de surgencia de la corriente de Humboldt. Sin embargo, Isla Grande presenta evidencias de explotación de guano relativamente reciente. Al mismo tiempo, la Isla constituye el habitat reproductivo de especies de aves con problemas de conservación (Yunco y Pingüino de Humboldt), así como también de nutrias y la probable residencia de "delfines nariz de botella". De esta manera, esfuerzos encaminados a su protección para la conservación y preservación de los recursos bióticos y de la biodiversidad orgánica y genética son altamente recomendables.

### **Conservación de la avifauna:**

Tanto el Pingüino de Humboldt como el Pato Yunco son especies de aves marinas con serios problemas de conservación, siendo ambas consideradas en categoría de "vulnerable", es decir, que podrían pasar en un futuro cercano a la categoría de "peligro de extinción" si los factores que causan su amenaza continúan actuando (CONAF 1987). Entre sus principales amenazas está la destrucción de su hábitats de nidificación, los que se ubican principalmente en islas de la zona norte de Chile. Particularmente el Yunco requiere de substrato suave para cavar cuevas en las que construye sus nidos, y así obtener protección efectiva contra depredadores. Ambas especies tienen un patrón de



**FOTO 4.** Colonias de "lobo común"  
*Otaria byronia* en Isla Grande y  
promontorios rocosos de Punta Morro



nidificación similar, con eventos reproductivos en primavera e invierno (Murphy 1936). Tomando en cuenta las similitudes en hábitos y requerimientos de hábitat de ambas especies, las estrategias a seguir para su adecuada protección deberían ser similares.

Otro vertebrado en categoría de vulnerable que habita en el área de estudio es la nutria de mar comunmente llamada "chungungo". De acuerdo a informaciones de pescadores locales, esta especie es intensamente cazada en el área con el objeto de obtener su piel, la cual puede alcanzar altos precios en el comercio ilegal de pieles. En consecuencia, desde el punto de vista de la avifauna y mamíferos marinos, el que compromete la conservación de estas y otras especies residentes en el área de estudio, es recomendable proteger la Isla Grande y el Humedal del Río Copiapó para ayudar a su preservación. Las medidas de protección deberían incluir principalmente, la regulación del acceso y las actividades a realizar en la isla, así como la prohibición de actividades extractivas y de caza.

#### **Comunidades de playas de arena:**

Dos importantes comunidades intermareales de playa de arena ocurren en el área de estudio: Bahía Cisne, y una gran playa de régimen dispativo de ola que va desde las Islas Chata por el norte, hasta Puerto Viejo por el sur. Aquí, desemboca el Río Copiapó formando un extenso humedal costero que constituye un ecosistema de alta productividad vegetal que es utilizado por una diversa y abundante avifauna.

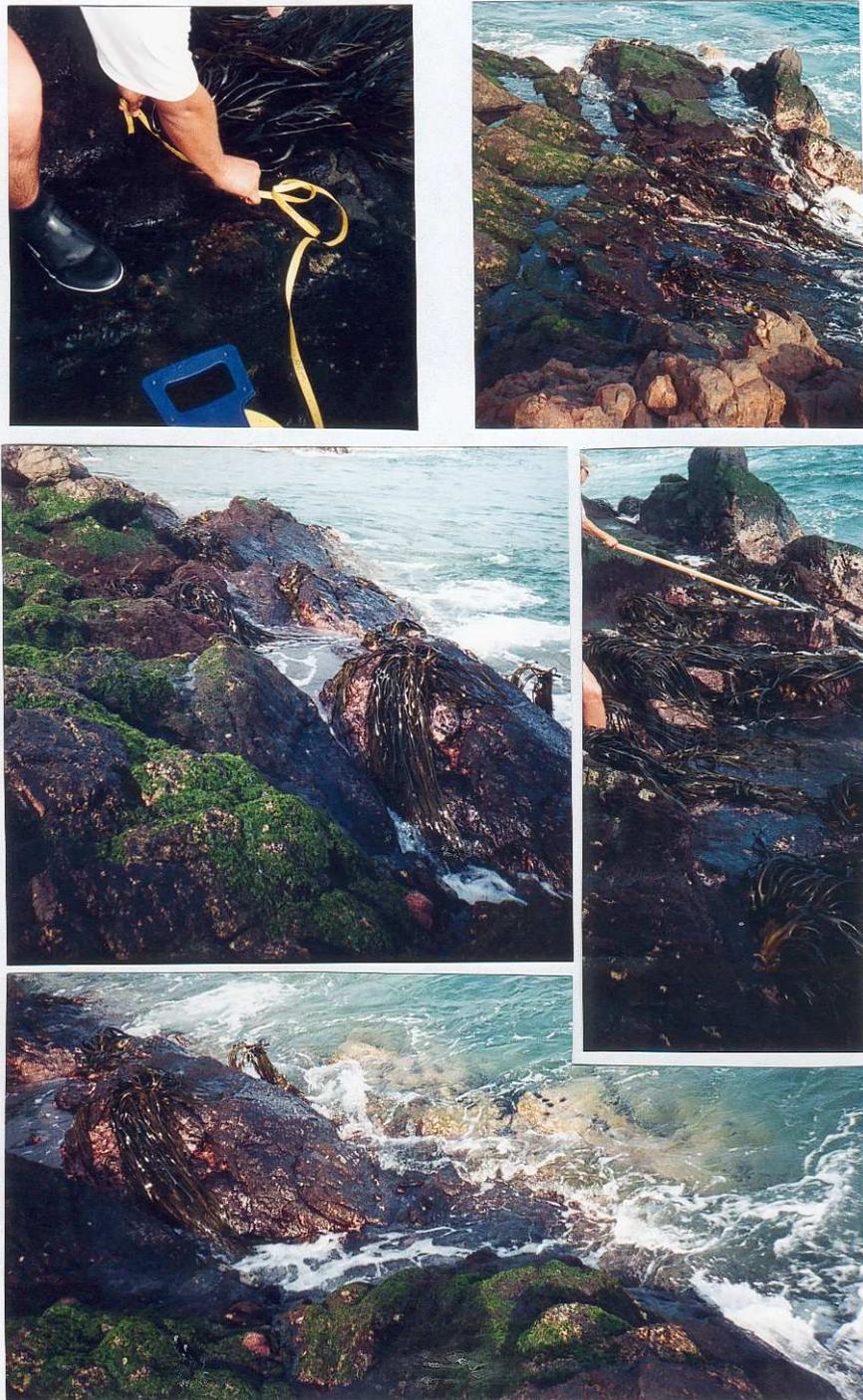
Estas playas de arena presentan una baja diversidad de organismos de la infauna, los que al igual que otros sistemas de fondos blandos intermareales del norte de Chile se caracterizan por: la presencia del amfípodo talitrado *Orchestoidea tuberculata*, los isópodos cirolánidos *Excirolana braziliensis* y *E. hirsuticauda* y el dacápodo *Anomura Emerita analoga* (Jaramillo et al, 2001). En el sector de fondos blandos intermareales se realizaron cuatro transectos de evaluación de la diversidad y abundancia de organismos de la infauna (FIGs. 13-14). El organismo de mayor abundancia en las comunidades de playas de arena del sector de estudio es *Excirolana hirsuticauda*, no obstante poblaciones

de *Orchestoidea tuberculata* y *Emerita analoga* son frecuentes en cada una de las áreas muestreadas.

### **Comunidades intermareales rocosas:**

Las comunidades intermareales rocosas expuestas están dominadas en cobertura y biomasa por *Lessonia nigrescens* (“Chascón”), especie que varía en abundancia en relación a la pendiente y a la exposición al oleaje (**FOTO 5**). Bajo el dosel de estas algas pardas, el sustrato está dominado por algas crustosas calcáreas (*Messophyllum* sp, *Lithothamnion* sp), y numerosas especies de invertebrados (*Tetrapyrgus niger*, *Fissurella* sp, *Tegula* sp, *Acanthopleura echinata*, *Chiton* spp) que mantienen el sustrato desprovisto de otras macroalgas. En áreas intermareales con menor pendiente, en consecuencia con una mayor retención de agua, el sustrato primario está dominado por *Gelidium* spp, *Ulva* spp y *Mazzaella laminarioides*. Los sectores más altos del intermareal se caracterizan por la presencia del gastrópodo pulmonado *Littorina peruviana* y *Porphyra columbina* (“Luche”).

En el sector muestreado, el acceso a las comunidades rocosas expuestas es extremadamente difícil y de alto riesgo. Esto representa un refugio a la recolección constante de pescadores de orilla. En general, las comunidades rocosas están representadas por paredones verticales e intermareal reducido a unos pocos metros de ancho. Aquí, *Lessonia nigrescens*, algas crustosas calcáreas y *Porphyra columbina* son los organismos más frecuentes y abundantes (FIG. 15-16). En estos ambientes expuestos, numerosas especies de macroinvertebrados hervíboros son los organismos más abundantes (FIG. 15-16), muchos de ellos han sido incorporados a la pesquería local como es el caso de *Tegula*, *Chiton* y *Fissurella* spp. Los perfiles de inclinación de las comunidades intermareales (Playa de roca FIGs. 15-16, y paredones verticales FIG. 17), así también como la diversidad y abundancia relativa de la diversidad de estas comunidades expuestas se muestran en las FIGs. 15-16.



**FOTO 5.** Ambientes intermareales rocosos: En localidades expuestas, principalmente en el área que comprende Punta Morro, pequeñas plataformas rocosas son dominadas por *Lessonia nigrescens* "Chascón". Sobre esta especie y sobre *Lessonia trabeculata* en el submareal se ejerce una fuerte presión de cosecha con impactos significativos en la biodiversidad local.

### **Comunidades de playas rocosas de bolones:**

Numerosas y pequeñas comunidades de playas de bolones se distribuyen entre Punta Morro y Bahía Cisne (**FOTO 6**). Estas comunidades presenta una baja diversidad de especies, producto de la alta inestabilidad del sustrato, la que es generada por el movimiento permanente de los bolones de piedra al impacto del oleaje. Así, el sustrato (bolones) se mantiene desprovisto de organismos produciendo una baja diversidad de macroalgas e invertebrados herbívoros. Sin embargo, al remover estos bolones ocurre un diverso ensamble de predadores y detritívoros móviles dominados en biomasa por crustáceos de la Familia *Porcellanidae*, y en densidad por anfipodos e isopodos. Un estimación cualitativa de la diversidad y abundancia de organismos frecuentes en estos ambientes de bolones se muestra en la FIG. 18. Algunas plantas de *Lessonia* permanecen en estos ambientes, la mayoría sin alcanzar estado reproductivo. En la parte más alta del intermareal, donde la estabilidad es mayor, el sustrato primario está dominado por *Porphyra columbina* ("luche").

### **Fauna asociada a discos de adhesión de algas pardas:**

Ambientes intermareales y submareales someros de fondos duros en mares templados y fríos de ambos hemisferios, están dominados por asociaciones de grandes algas pardas de los ordenes Laminariales, Durvillaeales y Fucales (Vásquez, 1992). Estos ambientes constituyen zonas de alta productividad y albergan una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados y peces. Las grandes algas pardas, y en especial sus discos de adhesión, han sido descritos como áreas de refugio contra la predación, corrientes de fondo y oleaje, y como áreas de desove, asentamiento larval y crianza de juveniles (Andrews, 1945; Cancino y Santelices, 1984; Smith *et al.*, 1996), generando en consecuencia, focos de alta riqueza específica (Vásquez *et al.* 2001).

Tres especies de algas son abundantes y frecuentes en el área de estudio: *Lessonia nigrescens* en ambientes intermareales rocosos expuesto, *Macrocystis integrifolia* en áreas intermareales y submareales someras hasta los 8 m de profundidad, y *Lessonia trabeculata* en ambientes submareales de fondos duros hasta los 30 m de profundidad (Vásquez 1992, Vásquez & Buschmann 1998). Dada la enorme importancia de estas



**FOTO 6 .** Ambientes intermareales: Entre Punta Morro y Bahía Cisnes ocurren numerosas playas de bolones de difícil acceso. Estos ambientes son altamente inestables cuya característica más resaltante es la baja riqueza de especies.

algas en relación a la oferta de refugios de la biodiversidad costera, se analizó la diversidad (presencia/ausencia) de macroinvertebrados asociadas a los discos de adhesión de cada una de estas especies de algas pardas. Este análisis muestra una alta diversidad de macroinvertebrados asociados a cada una de las macroalgas: *L. trabeculata* 126 especies, *L. nigrescens* 124 especies, *M. integrifolia* 78 especies (TABLA 7). La mayoría de las especies con valor comercial como el "loco", las numerosas especies de "lapas" y el "erizo rojo" reclutan en este tipo de habitat. En consecuencia, este tipo de hábitat biológicamente delimitados constituyen comunidades comparables en términos de biodiversidad a nivel local, regional o a nivel de país.

#### **Comparación de la biodiversidad local y otros estudios:**

Un análisis de la biodiversidad asociada a las grandes algas pardas, sugieren en primer lugar que estos habitat biológicamente restringidos contienen más del 75% de la biodiversidad de los ambientes intermareales rocosos expuestos (Vásquez et al. 2001a). Así la composición de especies en el interior de los discos de adhesión es un reflejo de la biodiversidad de su entorno, a nivel de comunidades rocosas intermareales.

Un análisis comparativo (TABLA 8) entre la fauna de macroinvertebrados en los discos de adhesión de macroalgas que ocurren entre: (1) Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó (Este estudio), (2) la fauna de invertebrados bentónicos en ambientes intermareales rocosos expuestos de Chile Continental (Lancellotti & Vásquez 2000), y de estudios de algunos Phyla reportados en el libro de Biodiversidad Biológica de Chile (Simonetti *et al* 1995) sugieren:

- a) Los Phyla Cnidaria, Mollusca y Crustacea presentan una riqueza porcentual de especies similar en el interior de los discos de *Lessonia nigrescens*, *L. trabeculata* y *Macrocystis integrifolia*, en comparación a las comunidades rocosas costeras de Chile continental.
- b) El Phylum Annelida presenta una riqueza porcentual de especies similar en los discos de *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis integrifolia*, y menor en *Lessonia*

- nigrescens* en comparación con la fauna de macroinvertebrados de costeros intermareales de Chile continental.
- c) Otros Phyla de alta diversidad y ocurrencia en comunidades marina costeras como Echinodermata y Briozoa presentan riquezas porcentuales similares en el interior de los discos de adhesión de algas pardas y la biodiversidad de estos grupos en comunidades costeras de Chile continental.
  - d) Comparativamente, la diversidad biológica reportada por Simonetti et al (1995) es similar a los encontrados en el interior de los discos de algas pardas estudiados y recolectados entre Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó.
  - e) Aun cuando, la biodiversidad reportada para cada uno de los habitats, ambientes o ecosistemas, así como también la atención puesta en sólo algunos Phyla pudiese ser reflejo de la intensidad de muestreo o falta de especialistas las relaciones porcentuales sugieren fuertemente que el área estudiada contiene una diversidad de macroinvertebrados representativa de los ambientes costeros expuestos de Chile continental.

No obstante lo anterior, los índices ecológicos calculados para peces costeros (TABLA 9) y macroinvertebrados (TABLA 10) de comunidades rocosas costeras entre Punta Morro y la desembocadura del río Copiapó son bajos (ver Informe Final FIP 97/50) . Los índices de diversidad de Shannon (H') indican una baja diversidad de especies, y una distribución uniforme en la abundancia de individuos por especies (J'). Esto sugiere ambientes altamente degradados por: (a) presiones de extracción de organismos que parecen ser ecológicamente claves en la mantención de los ecosistemas costeros, como las macroalgas pardas (Vásquez et al 2001 a, b), y (b) fuerte presión de extracción sobre peces y macroinvertebrados de importancia comercial.

En términos de conservación, las especies marinas (plantas y animales) tiene una limitada regulación, la que está restringida a unas pocas especies de invertebrados. Para algunas especies, las que soportan las mayores pesquerías bentónico-costeras del norte de Chile ("loco" y "erizo comestible") existen períodos de veda a nivel nacional. Estas vedas

serán reemplazadas, en un futuro cercano, por planes de manejo de cada una de las organizaciones de pescadores artesanales que han solicitado Areas de Manejo para la Explotación de Recursos Bentónicos (ver Ley General de Pesca y Acuicultura). En este contexto, las algas, y en especial las algas pardas, no tienen restricción en su extracción, lo que constituye una fuerte amenaza a la diversidad orgánica y genética del área de estudio en particular, y del norte de Chile en general.

La costa de Chile comprendida entre los 18° S y el extremo sur del continente Sudamericano (ca. 56° S) abarca gran parte de la región del Pacífico Sur Oriental. La zoogeografía de esta área fue estudiada hace ya dos décadas por Viviani (1979) y Brattström & Johanssen (1983) basados principalmente en la fauna de invertebrados litorales recolectados por la “Lund University Chile Expedition”. Brattström & Johanssen (1983) reconocieron dos regiones zoogeográficas templadas, una Región Templada Cálida al norte de los 41° S de naturaleza subtropical, incluyendo en ella un área de transición desde los 30° y los 41° S, y una Región Templada Fría al sur de los 41° S de naturaleza subantártica. Recientemente, Lancellotti & Vásquez (1999) evaluaron la implicancia de nuevos registros y estudios taxonómicos que han mejorado significativamente el conocimiento de la fauna de la costa del Pacífico Sudoriental, proponiendo una nueva región zoogeográfica, la Región Templada Transicional. Los registros de las 986 especies utilizadas por Lancellotti & Vásquez (1999, 2000) ubican a esta nueva región entre los 35° S y los 48° S, correspondiendo a un área tanto biótica como abióticamente discreta donde ocurre un gradual pero importante recambio de especies. La Región Templada Transicional incluye el tradicionalmente reconocido, pero artificialmente determinado, quiebre zoogeográfico a la altura de los 41° – 42° S. Al sur de los 42° S, la presencia de fiordos y el gran aporte de agua dulce de causas continentales y de lluvias producen disminuciones importante de la salinidad en las aguas interiores pero que progresivamente se restablece a profundidades > 20 m. Este gradiente vertical de salinidad también se encuentra en un sentido transversal de este (aguas interiores) a oeste (costa occidental expuesta), pocas veces considerado en los análisis biogeográficos. Sin embargo, estos contrastes de salinidad también ocurren desde los 41° S hasta 35° S, extensión donde desembocan grandes hoyas hidrográficas y donde ocurren,

además, comunidades estuarinas similares a las registradas en la zona de los fiordos (Viviani 1979). Hacia el norte, la Región Templada Transicional es limitada por la Contracorriente Cálida del Perú, cuyo efecto se extiende hasta los 35° S coincidiendo con los efectos directos más australes de los eventos de El Niño, en consecuencia propuesto como límite sur de la Región Templada Cálida. Hacia el sur (48° S), la Región Templada Transicional es limitada por el impacto con el continente de la Corriente de la Deriva del Oeste, originando en dirección sur la Corriente del Cabo de Hornos que modela la Región Templada Fría. En dirección norte, la Corriente de la Deriva del Oeste origina al Sistema de Corrientes de Humboldt (Bernal et al. 1982) el que oscila a través de todo el tramo 35° S – 48° S en un ciclo Verano - Invierno (Brattström & Johanssen 1983). Todo esto le confiere a la Región Templada Transicional un ambiente abiótico discreto donde se observa un gradual reemplazo de especies más que un gran quiebre distribucional (Lancellotti & Vásquez 1999).

## CONCLUSIONES: AMENAZAS Y MEDIDAS CORRECTIVAS

- *El área de estudio incluye numerosos y variados ecosistemas de gran relevancia para la conservación y preservación de la biodiversidad marina costera. Durante el estudio se privilegió los censos y catastros en áreas insulares, humedales y promontorios rocosos, los mismos que debieran recibir el mayor énfasis en estudios tendientes a la conservación y preservación de especies marinas.*
- *La morfología de la costa y los niveles de exposición al oleaje constituyen refugios espaciales para flora y fauna. Esta morfología de la costa impiden el acceso, especialmente entre Punta Morro y Bahía Cisne, y constituyen un refugio natural en el resguardo de la abundancia y la biodiversidad marina costera. De la misma manera, Isla Grande, especialmente la costa expuesta, representa un refugio natural a la intervención antrópica, en consecuencia es un sector altamente recomendable en términos de conservación y protección de recursos marinos renovables.*
- *Las comunidades intermareales de arena y roca muestran la diversidad característica de ambientes intermareales del norte de Chile. Sin embargo, existe una mortalidad alta y permanente debido a la extracción comercial de invertebrados de importancia económica.*
- *Los ambientes submareales de fondos duros se encuentran altamente degradados, caracterizándose por la alta ocurrencia de fondos dominados por algas crustosas calcáreas y erizo negro. Este paisaje submareal parece ser consecuencia de numeros factores que confluyen hacia una baja diversidad y productividad del ecosistema: (1) sobrepastoreo de herbívoros dominantes, (2) sobreexplotación de recursos bentónicos, y (3) efectos de largo aliento producto de la frecuencia e intensidad de eventos ENOS (El Niño Oscilación Sur) (ver Fernández *et al.* 2000).*

- *En el área de estudio, se registró la presencia de 18 especies de peces costeros.* Estas especies están siendo fuertemente extraídas por buzos mariscadores y pescadores deportivos, disminuyendo significativamente las densidades poblacionales en comparación con otras áreas del país.
- *En términos generales, Isla Grande presenta una gran importancia para la mantención de la biodiversidad de los ambientes costeros del sistema de surgencia de la corriente de Humboldt.* Sin embargo, esta área insular presenta evidentes señas de explotación reciente del guano acumulado. Este ecosistema insular constituye el habitat reproductivo de dos especies de aves con problemas de conservación: Pato Yunco y el Pingüino de Humboldt. Ambas especies de aves marinas están con serios problemas de conservación, siendo consideradas en categoría de "vulnerable", es decir, podrían pasar en un futuro cercano a la categoría de "peligro de extinción" si los factores que causan su amenaza continúan actuando (CONAF 1987). Entre las principales amenazas para la conservación de aves está la destrucción de los hábitats de nidificación, los que se ubican principalmente en islas de la zona norte de Chile. Particularmente el Yunco requiere de substrato suave para cavar cuevas en las que construye sus nidos. Tanto el Yunco como el Pingüino de Humboldt tienen un patrón de nidificación similar, en consecuencia, las estrategias a seguir para su conservación deberían ser similares.
- *Isla Grande y gran parte de los promontorios rocosos expuestos en el área de estudio constituyen también el lugar de residencia de "chungungos" (también especie de alta vulnerabilidad) y de "delfines nariz de botella".* En este contexto, se deberán hacer esfuerzos encaminados a la preservación de estos recursos bióticos, los que tienen además un enorme valor escénico y turístico.
- *El humedal, las lagunas y salinas costeras que se forma en la desembocadura del Río Copiapó, representa un lugar de enorme importancia para la conservación y preservación de la avifauna.* Estos lugares son el hábitat de numerosas especies de

aves residentes permanente y migratorias, en consecuencia, debiera ser incorporado a un sistema nacional de áreas silvestres protegidas. Es urgente iniciar acciones de conservación y preservación para el sistema de humedales costeros al norte de los entre los 18° y los 30° S.

- *Implementación de áreas marinas protegidas (AMP) con exclusión de actividades antrópicas.* Urge la necesidad de determinar franjas de exclusión de la actividad extractiva artesanal con el objeto de resguardar la sustentabilidad de las pesquerías bentónicas.
- *Monitoreo de eventos oceanográficos de gran escala.* Es necesario iniciar evaluaciones periódicas de ventuales AMP con el objeto de identificar la magnitud de las variaciones interanuales. El área comprendida entre Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó ha sido impactada por eventos ENOS (El Niño/Oscilación Sur) durante 1982-83 y 1997-98, con mortalidades masivas de macroalgas bentónicas y altos reclutamientos de bivalvos. Estas consecuencias de eventos oceanográficos de gran escala han sido generalmente interpretadas como eventos catastróficos e impredecibles, no obstante su periodicidad en escalas de tiempo mayores. En la actualidad no existen series de tiempo (eg. 10 años) que permitan valorar la intensidad de ENOS en estas latitudes. En general para la costa de Chile, los eventos ENOS sólo han sido interpretados anecdóticamente.
- *Diversificación de la actividad artesanal con el objeto de deprimir la extracción de recursos bentónicos.* Es necesario incorporar los conceptos de conservación y preservación de la biodiversidad y los ecosistemas marinos costeros en las comunidades y organizaciones de pescadores artesanales locales. Esto tiene al menos cuatro consecuencias directas: (1) disminuye la presión de extracción sobre los recursos biológicos del sector, (2) diversifica la actividad de los pescadores artesanales ofreciendo una actividad económica diferente, con la posibilidad de utilizar el conocimiento empírico y sus propios artes de pesca, (3) incremento significativo de los ingresos, y (4) aumento de la calidad de vida y de la expectativa

de vida (disminuir la exposición a ambientes adversos, eg buzos que trabajan por más de 5-6 horas diarias a temperaturas de 12-14° C o situaciones de alto riesgo como es el trabajo en el mar). Así, como consecuencia de lo anterior, es posible predecir la incorporación de las organizaciones de pescadores a la actividad del turismo ecológico. En este contexto, las características ecológicas del área evaluada sugieren una actividad turística de alta potencialidad relacionada con el avistamiento de mamíferos marinos, de la avifauna de sectores insulares y humedales costeros, buceo deportivo y pesca deportiva. Por otro lado, la extraordinaria geomorfología de la costa sugiere también una fuerte actividad relacionada con la fotografía y las caminatas guiadas (senderismos). Todas estas actividades debieran ser ejecutadas y guiadas principalmente por las organizaciones de pescadores artesanales. Será necesario implementar un entrenamiento por organismos técnicos como universidades y organizaciones estatales (eg. SERNATUR, CONAF, CONAMA, etc.).

- *Sobreexplotación de recursos marinos bentónicos.* Comparativamente con estudios anteriores (ver Lancellotti & Vásquez 2000, Vásquez et al 2001 a-b), el área comprendida entre Punta Morro y la desembocadura del Río Copiapó, muestra una biodiversidad similar, sin embargo con densidades significativamente reducidas en especial de aquellas especies de importancia comercial. Esto sugiere una fuerte explotación de los recursos bentónicos del sector por parte de las organizaciones de pescadores artesanales locales que provienen principalmente de : Puerto Viejo, Bahía Cisne, Bahía Inglesa y Caldera.
- *Extracción de especies ingenieras que estructuran los ecosistemas y mantienen una alta biodiversidad orgánica y genética.* El cultivo del "abalón japonés" requiere de una gran cantidad de macroalgas pardas para su alimentación, las que están siendo cosechadas de las praderas naturales. Estas macroalgas son las especies dominantes en cobertura y biomasa en ambientes intermareales y submareales rocosos someros del sector evaluado. Estas especies (eg. *Lessonia* spp) se les reconoce como especies ingenieras por estructurar los ambientes donde ocurren como organismos

dominantes, ofreciendo hábitat, refugio, alimento y superficie de asentamiento larval para numerosas especies de invertebrados y peces. Por sus estrategias de historia de vida (localización de estructuras reproductivas y meristemas de crecimiento), estas especies al ser cortadas no crecen perdiéndose toda la biodiversidad asociada. El sustrato desprovisto de estas algas estructuradoras, es rápidamente colonizado por herbívoros pastoreadores y algas crustosas calcareas manteniéndose como una comunidad de alta estabilidad temporal. En consecuencia, la extracción de macroalgas como *Lessonia* spp están generando una disminución significativa de la biodiversidad orgánica y genética, y un cambio significativo en el paisaje intermareal y submareal de fondos rocosos.

- *Introducción de especies.* Existen solicitudes para introducción de especies exóticas como el alga *Laminaria japonica* y el "abalón japonés" *Haliotis discus hannai*. Estas introducciones deben estar reguladas por normas de control riguroso que resguarden la diversidad y la abundancia de las especies endémicas y de los ecosistemas locales.
- *Contaminación.* Variadas formas de contaminación podrían convertirse en amenazas a la biodiversidad y abundancia de una eventual AMP. (1) Contaminación orgánica proveniente de concentraciones humanas cercanas. (2) Contaminación proveniente de la actividad de la acuicultura, especialmente la que se concentra en Bahía Inglesa. (3) Contaminación de la minería cuyo principal foco estaría centrado en los arrastres de metales pesados desde la minería de cobre de Paipote, afectando principalmente a los humedales en la desembocadura del Río Copiapó. (4) Arrastre terrígeno producto de lluvias y aluviones que generalmente aumentan la concentración de metales pesados y sedimentos en las comunidades intermareales y submareales someras. En este contexto, el monitoreo de estas fuentes de contaminación debieran estar consideradas en la implementación de áreas marinas protegidas a lo largo de la costa de Chile.

## LITERATURA CITADA

ALLISON G, J LUBCHENCO & M CARR. 1998. Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation. *Ecological Application* 8: S79-S92.

ARAYA B, M BERNAL, R SCHLATTER & M SALABERRY. 1995. Lista patrón de las aves chilenas. Editorial Universitaria, Santiago.

ARAYA-VERGARA JF. 1976. Reconocimiento de tipos e individuos geomorfológicos regionales en la costa de Chile. *Investigaciones Geográficas, Chile* 23: 9-30.

BRATTSTRÖM H & A JOHANSEN (1983) Ecological and regional zoogeography of the marine benthic fauna of Chile. *Sarsia* 68: 289-339.

BRITO JL & R HARO. 2000. Cisnes de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*) con anillos en las lagunas de Lolleo, San Antonio. *Boletín Chileno de Ornitología* 7: 35.

CONAF. 1987. Libro Rojo de los vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

CANCINO J & B SANTELICES. 1984. Importancia ecológica de los discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 23-33.

CASTILLA JC. 1976 a. Parques y reservas marítimas chilenas, necesidad de creación, probables localizaciones y criterios básicos. *Medio Ambiente (Chile)* 2: 70-80.

CASTILLA JC. 1976 b. Ecosistemas marinos de Chile: Principios generales y proposiciones de calificación pp. 22-37. En F. Orrego (ed) *Preservación del Medio Ambiente Marino*. Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, Santiago.

DI CASTRI F & ER HAJEK. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 129 pp.

EGLI G & J AGUIRRE. 1995 Abundancia, riqueza, frecuencia de ocurrencia y estado de conservación de la avifauna de ambientes acuáticos del tranque San Rafael, Comuna de Lampa, Región Metropolitana. *Boletín Chileno de Ornitología* 2: 14-20.

ESTADES CF. 1995. Estimación de la densidad de una comunidad de aves de espinal mediante transectos y estaciones puntuales. *Boletín Chileno de Ornitología* 2: 29-34.

FERNANDEZ M, E JARAMILLO, P MARQUET, S NAVARRETE, M GEORGE-NASCIMENTO, FP OJEDA, C VALDOVINOS & JA VASQUEZ. 2000. An overview

of the diversity, biogeography and dynamics of nearshore ecosystems in Chile: foundation for marine conservation ecology. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 797-830.

GONZALEZ EH, G DANERI, D FIGUEROA, JL IRIARTE, N LEFEVRE, G PIZARRO, R QUIÑONES, M SOBERZO & A TRONCOSO. 1998. Producción primaria y su destino en la trama trófica pelágica y oceano profundo e intercambio océano-atmosfera de CO<sub>2</sub> en la zona norte de la corriente de Humbolt (23°S): Posibles efectos del evento El Niño, 1997-1998 en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 429-458.

GUILLER ER. 1959. Intertidal belt forming species on the rocky coast of northern Chile. *Papers and Proceedings, Royal Society of Tasmania* 93: 33-58.

JARAMILLO E, H CONTRERAS, C DUARTE & P QUIJON. 2001. Relationships between community structure of the intertidal macroinfauna and sandy beach characteristics along the Chilean coast. *PSZN Marine Ecology* 22: 323-342.

KIMMEL JJ. 1985. A new species-time methods for visual assesment of fishes and its comparison with stablishes methods. *Environmental Biology of Fishes* 12: 23-32.

LANCELLOTTI D & JA VASQUEZ. 1999. Biogeographical patterns of benthic invertebrates in the southeastern Pacific litoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006.

LANCELOTTI D & JA VASQUEZ. 2000. Biodiversidad de macroinvertebrados submareales de la costa chilena: patrones zogeográficos. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 991-999.

LUNA-JORQUERA, G GARTHE, S SEPULVEDA FG, WEICHLER T & VASQUEZ JA. 2000. Population size of Humboldt Pinguins assesed by combinated terrestrial and at-sea counting *Waterbirds* 23: 506-510.

MURPHY RC 1936. *Oceanic birds of South America*. Vol. 1. Macmillan, New York.

SANTELICES B. 1989. *Algas Marinas de Chile: Distribución, ecología, utilización, diversidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile 399 pp.

SCHLATTER RP & A SIMEONE. 1999. Estado del conocimiento y conservación de las aves en mares chilenos. *Estudios Oceanológicos* 18:25-33.

SCOTT DA & M CARBONELL. 1986. *Inventario de Humedales de la Región Neotropical*. IWRB Slimbridge & IUCN, Cambridge.

STEPHENSON TA & A STEPHENSON. 1972. *Life between tidemarks on rocky shores*. Freeman & Co., San Francisco, 425 pp.

STOTZ WB, DA LANCELOTTI, DJ MARTINEZ, P DE AMESTI & E PEREZ. 1991. variación temporal y espacial del registro de juveniles recién asentados de *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) en el intermareal rocoso de la IV Región, Chile. Revista Biología Marina, Valparaíso 26: 351-361.

STRUB PT. JM MESIAS, V MONTECINOS, J RUTLAND & S SALINAS. 1998. Coastal ocean circulation off western South America. En Brink KH & AR Robinson (eds) The Global Coastal Ocean. John Willey & Sons Inc. New York. The Sea.11: 273-313.

VASQUEZ, JA & B SANTELICES. 1984. Comunidades de macroinvertebrados en discos de adhesión de *Lessonia nigrescens* en Chile central. Revista Chilena de Historia Natural 57: 131-154.

VASQUEZ, JA. 1992. *Lessonia trabeculata*, a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case of study for a structural and geographical comparison. In Coastal Plant Communities of Latin America. U. Seeliger (Ed) Academic Press Inc., San Diego: 77-89.

VASQUEZ JA & A BUSCHMANN. 1997. Herbivory-kelp interactions in subtidal Chilean communities: a review. Revista Chilena de Historia Natural 70:41-52.

VASQUEZ JA, PA CAMUS & FP OJEDA. 1998. Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 479-499.

VASQUEZ JA, E FONCK & MA VEGA. 2001a. Comunidades submareales rocosas dominadas por macroalgas en el norte de Chile: diversidad, abundancia y variabilidad temporal. En: Sustentabilidad de la biosiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas. K. Alveal & T. Antezana (eds.):351-366. Universidad de Concepción-Concepción.

VASQUEZ JA, D VELIZ & LM PARDO. 2001b. Biodiversidad bajo las grandes algas. En:Sustentabilidad de la biosiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas. K. Alveal & T. Antezana (eds.): 293-308.Universidad de Concepción-Concepción.

VILINA YA, MD GARCÍA, C SILVA-GARCÍA & H COFRÉ. 1997. Presencia de cisnes de cuello negro con anillos en el humedal Estero El Yali. Boletín Chileno de Ornitología 4: 29-30.

VIVIANI CA (1979) Ecogeografía del litoral Chileno. Studies on Neotropical Fauna and Environment 14: 65-123.

## **FIGURAS**

# TABLAS