

CONSERVACIÓN Y REPOBLAMIENTO EN EL LITORAL DEL NORTE DE CHILE:
EL CASO DE MINERA ESCONDIDA EN PUNTA COLOSO,
ANTOFAGASTA, CHILE.

MARINE LITTORAL CONSERVATION AND RESOURCE RESTOCKING IN NORTHERN CHILE:
THE CASE OF MINERA ESCONDIDA AT PUNTA COLOSO, ANTOFAGASTA, CHILE

Juan C. Castilla¹ y Elena Rho²

RESUMEN

El trabajo presenta información sobre un Programa de Monitoreo Costero y Vigilancia Ambiental de largo alcance, denominado Programa Focal, que realiza Minera Escondida Limitada (MEL) en la Concesión Marina que posee en Punta Coloso, Antofagasta, Chile. En los terrenos de playa, playa y fondos de mar bajo Concesión MEL posee instalaciones relacionadas con una Planta de Filtros de concentrado de cobre, Planta de Cátodos, Muelle de Embarque de concentrado y ductos submarinos. La zona intermareal y sector terrestre adyacente de terrenos de playa bajo Concesión están delimitados por dos rejas metálicas, distantes aproximadamente 2,4 km, las que en conjunto con una vigilancia permanente impiden (en la medida de lo posible) el ingreso a los roqueríos intermareales de mariscadores de orilla y veraneantes. Lo anterior ha ocurrido desde 1989, fecha en que se otorgó a MEL la primera Concesión. Sin embargo, a partir de 1991 y hasta la fecha tales medidas restrictivas han sido más eficientemente implementadas. Gracias a la protección del intermareal rocoso en la Concesión de MEL y al programa de monitoreo mencionado, realizado una vez al año desde 1989 (9 años), ha sido posible resguardar tal ecosistema y verificar las consecuencias Ecológicas de estas medidas. Lo anterior en conexión con el repoblamiento litoral (intermareal y submareal somero hasta 2 m de profundidad), para varias especies de invertebrados marinos bentónicos de interés comercial artesanal. En este trabajo se entrega información específica sobre el gastrópodo "loco", *Concholepas concholepas*. Se comparan índices de intervención humana entre 3 localidades litorales expuestas a los mariscadores y veraneantes versus los existentes dentro de la Concesión de MEL. Del mismo modo se analizan bases históricas de datos en término de los incrementos poblacionales, modificaciones en las estructuras de tallas, ovoposición y número potencial de larvas de "locos" que serían liberadas al plancton en segmentos litorales de longitudes similares bajo protección (Concesión de MEL) versus otros expuestos a la intervención y explotación humana. Se concluye que los procesos de Repoblación para el "loco" han sido exitosos en la Concesión de MEL y que los resultados son similares a los obtenidos en Concesiones Marinas del centro y sur de Chile. Adicionalmente, es perfectamente factible y deseable aunar esfuerzos y compatibilizar acciones de conservación y protección de ambientes litorales en Concesiones Marinas que son originalmente asignadas por la autoridad marítima a empresas particulares o estatales con fines específicos de desarrollo industrial.

PALABRAS CLAVES: conservación marina, repoblación, litoral,

Chile. ABSTRACT

The paper presents information regarding a long-term Coastal Monitoring Program (Focal Program) developed by Minera Escondida Limitada (MEL) since 1989 in its Maritime Concession at Punta Coloso, Antofagasta, Chile. MEL copper concentrate filtering and shipping facilities, Cathod Plant, and submarine ducts lie within the Concession. The coastal border (rocky intertidal and adjacent

¹ Estación Costera de Investigaciones Marinas, Las Cruces. Facultad de Ciencias Biológicas. P. Universidad Católica de Chile. Casilla 114-D. Santiago, Chile.

² Irlanda 587. Santiago, Chile.

land) of approximately 2.4 km is fenced. Regular surveillance is established which greatly restrains the access to visitors and to the profuse littoral food-gathers (mariscadores de orilla) exploiting intertidal benthic invertebrates in the area. Since 1991 MELs security measures have been increased and very few visitors (mariscadores or holiday-makers) have nowadays access to the littoral zone under protection. Thanks to above and to the regular annual monitoring program established by MEL, which have lasted for 9 years, the protection of commercially important marine benthic invertebrates and the study of the restocking in intertidal and shallow sub-tidal ecosystems has been feasible. This paper relates specifically to the gastropod *Concholepas concholepas*, "loco", restocking processes, size structure modifications, egg laying and larvae liberation to the plankton within the Concession as compared with data obtained from similar adjacent areas affected by human exploitation. Additionally, we present a Human Intervention Index. We conclude that human intervention within MELs Marine Concession has been greatly reduced and that the restocking of "loco" has been successful. The timing of the "loco" repopulation process is similar to those reported for other littoral human exclusion experiments carried out in marine concessions in central and southern Chile. Additionally, we highlight the marine conservation benefits that can be derived from state and or private joint ventures aimed to protect and conserve littoral marine habitats.

KEY WORDS: Marine conservation, restocking, littoral, Chile.

INTRODUCCIÓN

Los conceptos de conservación, preservación y manejo de recursos naturales renovables, tal como son aplicados en la legislación chilena, fueron analizados por CASTILLA (1996). El autor resumió y discutió no sólo la legislación actual existente en Chile, sino que además la forma en que los instrumentos legales se aplican (o no se aplican!) para alcanzar fines de conservación, particularmente en relación con el establecimiento de Parques y Reservas Marinas. El análisis demuestra que en el país no se han declarado aún zonas de Parques o Reservas Marinas con extensiones suficientes como para ser consideradas de connotación regional o nacional. Los escasos ejemplos de zonas litorales protegidas (Concesiones Marinas con fines de investigación) que existen están relacionados a esfuerzos locales de protección ambiental por parte de instituciones universitarias (CASTILLA, 1986, 1996) y son limitados.

En Chile el marco legal que contempla los sistemas para entrega de Concesiones, Reservas y Parques Marinos está regulado por la legislación ligada al Ministerio de Defensa Nacional (Subsecretaría de Marina) y a la Subsecretaría de Pesca (ver revisión por CASTILLA, 1996). En particular el sistema que otorga Concesiones Marinas incluye varios fines, entre otros los relacionados con el desarrollo de la acuicultura, la pesca artesanal de recursos bentónicos, la investigación, conservación y también la facilitación de instalaciones costeras relacionadas con industrias o actividades portuarias. El caso de la Concesión Marina de Minera Escondida Limitada (MEL) en Punta Coloso, Antofagasta, representa uno de estos últimos ejemplos (CASTILLA, 1993a, 1996).

El presente trabajo describe el significado ecológico de la conservación y Repoblación litoral en la Concesión de Punta Coloso y destaca un nuevo concepto, representado por la posibilidad de combi-

nar objetivos de desarrollos industriales (privados o públicos) y acciones paralelas de conservación y repoblamiento litoral de recursos marinos bentónicos. En el trabajo se demuestra que en lugar de contraponer los objetivos de desarrollo industrial con los de conservación del ambiente litoral ambos pueden complementarse y presentan grandes potencialidades sinérgicas. En particular se destacan resultados relacionados con el desarrollo de "índices que permiten estimar el grado de intervención o perturbación humana de los ecosistemas intermareales en zonas litorales protegidas y expuestas a la intervención humana y los relacionados con la Repoblación natural (CASTILLA, 1988, 1994) del recurso *C. concholepas*. Lo anterior relacionado con resultados producto de experimentaciones en la Concesión Marina de la Estación Costera de Investigaciones Marinas (ECIM) en Las Cruces, Chile Central, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile (OLIVA y CASTILLA, 1990, CASTILLA y DURAN 1985, DURAN y CASTILLA, 1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localidades

El área costera de Punta Coloso (23° 44' S, 70° 28'W) se localiza aproximadamente 20 km al sur de la ciudad de Antofagasta y es vecina a la Caleta Pesquera Artesanal Coloso (CAMAÑO y SILVA, 1995). MEL posee en este sector una Concesión Marina otorgada inicialmente en 1988 (Decreto de la Subsecretaría de Marina N° 635) para instalaciones industriales relacionadas con una Planta de Filtros para concentrado de cobre, un muelle de embarque de tal concentrado e instalación de un ducto submarino para avacuación de aguas de transporte del concentrado y debidamente tratadas, con un difusor localizados a 60 m de profundidad y 1.320 m

de la línea de costa. Posteriormente, en 1993, MEL obtuvo una extensión de dicha Concesión para ampliar sus instalaciones a una Planta de Cátodos de cobre y tendidos de 2 ductos submarinos extras para obtener agua de mar para enfriamiento y alimentación de una Planta desalinizadora. La Concesión actual contempla porciones de tierra y fondos de mar y tiene una extensión costera de aproximadamente 2,4 km. Abarca una superficie de fondos de mar de 700.683 m², playa por 17.953 m y terrenos de playa por 210.218 m². La porción fondos de mar busca prioritariamente la protección de una pequeña franja marina a partir de la línea de alta marea de aproximadamente 150 m de ancho y de los fondos de mar en que descansan los ductos submarinos (CAMANO *et al.*, 1995, CASTILLA, en prensa).

La línea de costa (zona intermareal) de la Concesión está protegida por rejas metálicas de contención y además por vigilancia permanente que detienen -en la medida de lo posible de acuerdo a la legislación vigente, pero con efectividad- el ingreso de mariscadores de orilla u otros visitantes. Lo anterior con fines de protección del ambiente litoral intermareal y para evitar accidentes dentro del sector de playa o terrenos de playa de MEL. Por otra parte, existe una restricción total para el ingreso a los sectores de playa para los trabajadores propios de MEL y contratistas, que se cumple estrictamente. El sector costero bajo protección está debidamente señalizado.

Luego de aproximadamente 10 años de restringir el acceso a tales zonas de la Concesión y basado en monitoreos realizados por MEL -de acuerdo con el Programa de Largo Alcance de Vigilancia Ambiental aprobado por la Dirección del Territorio Marítimo y Marina Mercante, DGTM y MM- en forma regular una vez al año, se puede afirmar que la presión de extracción de los recursos de mariscos intermareales (ejemplo: "locos", "erizos", "pulpos", "piures", "lapas", etc.), por parte de mariscadores de orilla dentro de los sectores de la Concesión de MEL ha sido efectivamente reducida (si no totalmente eliminada). La presión de "extracción" al interior de la Concesión de MEL es de aproximadamente 1 : 40-50 en relación con aquellas abiertas a la extracción existentes en zonas costeras intermareales aledañas fuera de la Concesión -por ejemplo, los roqueríos que se extienden en la misma Punta Coloso al sur de la reja metálica de MEL o los roqueríos presentes al norte de la Caleta Coloso o en el extremo norte de la Playa Amarilla, Fig. 1).

Durante los monitoreos anuales, denominados técnicamente "Monitoreos Focales", se han realizado determinaciones de terreno en 4 localidades (Fig. 1):

1. Roqueríos en el Margen Norte de Playa Amarilla (RMNPA). Roqueríos continuos, expuestos

a la intervención de mariscadores, pescadores y veraneantes, de aproximadamente 200 m de extensión costera lineal y distantes aproximadamente 2,5 km al norte del muelle de MEL.

2. Roqueríos al Norte de Caleta Coloso-Pescadores (RNCCP). Roqueríos continuos, expuestos a la intervención humana, de aproximadamente 250 m de extensión, localizados inmediatamente al norte de las instalaciones pesqueras artesanales de la Caleta Coloso, y distantes aproximadamente 1 km al norte del Muelle de MEL.
3. Roqueríos de Punta Coloso-Concesión de MEL (RPC-CM). Roqueríos continuos, protegidos de la intervención humana legalmente desde 1989 (en la práctica en forma más estricta a partir de 1991), que actualmente se extienden por aproximadamente 2,4 km lineales de costa entre las dos rejas metálicas que demarcan la Concesión de MEL.
4. Roqueríos al Sur de Punta Coloso-Fuera Concesión de MEL (RSPC-FCM). Roqueríos continuos, expuestos a la intervención humana, que se extienden por 350 m a continuación de la reja metálica sur de MEL y distantes aproximadamente 2,5 km al sur del muelle de MEL.

En el sector de Concesión MEL (RPC-CM) sólo se han realizado programas de observaciones y monitoreos relacionados con conservación y repoblación de organismos marinos para ambientes intermareales y submareales someros, hasta aproximadamente 1-2 m de profundidad. En los ambientes submareales de mayor profundidad, utilizados esporádicamente por buzos a resuello y con menos frecuencia por buzos profesionales con compresores de aire, no se han implementado tales programas (= intentos de restricción del ingreso de buzos), por las dificultades legales y logísticas que ello implica.

2. Índice de intervención humana

El índice de intervención humana que se ha utilizado en los monitoreos intermareales realizados entre 1989-1997, en su mayoría en los meses de mayo, se refiere a la evaluación que se lleva a efecto en las franjas intermareales de niveles medio e inferior (CASTILLA, 1981, en prensa) respecto del número de ascidias o piures *Pyura preaputialis*, "piure de Antofagasta" (GUILER, 1959, GUTIÉRREZ y LAY, 1965, PAINE y SUCHANEK, 1983, CASTILLA, en prensa) cortados con cuchillo o serrucho por mariscadores de orilla o "piureros" y veraneantes (para fines de consumo) o pescadores de orilla y veraneantes (para fines de carnada de pesca con anzuelo). Tales extracciones por cortes de la "copa del piure" son nítidamente diferenciables de aque-

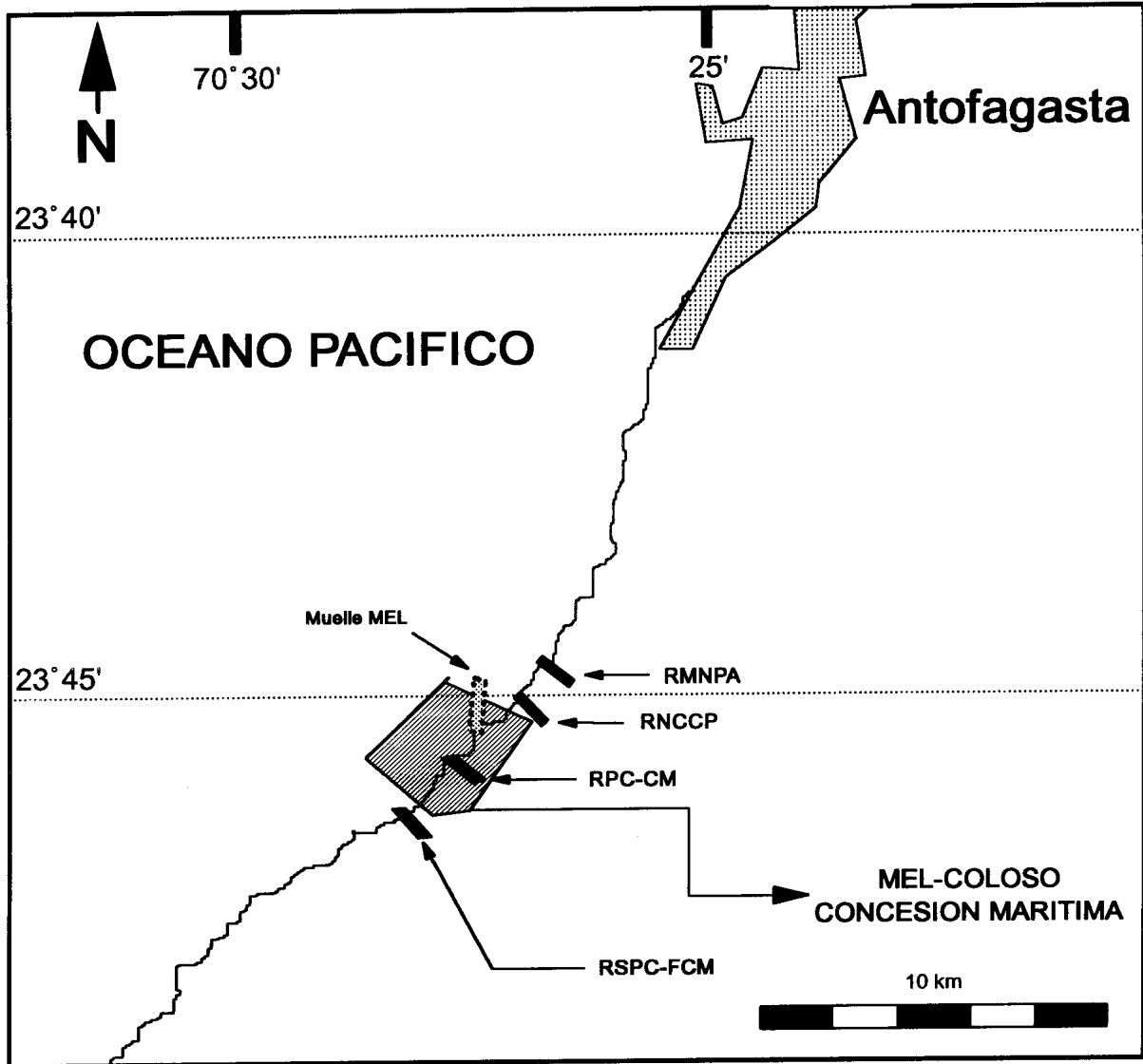


FIG. 1. Mapa del área de muestreo en que se destaca la ubicación de la ciudad de Antofagasta, la Concesión Marina de Minera Escondida, el Muelle de Embarque de MEL y las 4 localidades de muestreo con sus siglas: RMNPA= Roqueríos del Margen Norte de Playa Amarilla; RNCCP= Roqueríos Norte Caleta Coloso Pescadores; RPC-CM= Roqueríos Punta Coloso-Concesión de MEL; RSPC-FCM= Roqueríos Sur Punta Coloso-Fuera de la Concesión de MEL.

llas relacionadas con remociones de piures causadas por el oleaje o mortalidades debidas a ataques de depredadores tales como el sol de mar *Heliaster helianthus* o aves como los "pilpílenes" u "ostreros", *Haematopus palliatus pitanay* y *H. ater* (PACHECO y CASTILLA, in litt). CASTILLA (en prensa) publica fotografías en colores en que se evidencia la nitidez con que pueden ser identificados los piures recientemente cortados -al menos dentro de un semana desde el corte- por los mariscadores. En base a lo

anterior la metodología empleada para obtener un índice de extracción de piures (IEP) fue la siguiente. En cada una de las 4 localidades intermareales indicadas arriba, en días de mareas bajas entre aproximadamente 0,20 - 0,30 m, dos observadores independientes, caminando con lentitud en direcciones opuestas, realizaron 30-40 recorridos cada uno por lapsos unitarios de 2 minutos, a lo largo de las franjas intermareales media e inferior. Los conteos de piures con evidencias indiscutibles de "cortes" (co-

pas cortadas por mariscadores) fueron realizados en 10-12 de tales unidades, seleccionadas previamente en forma azarosa. Esta metodología permite evaluar el IEP, por parte de cada observador, en extensiones intermareales de aproximadamente 70100 m.

3. Número de "locos" ubicados por 2 minutos de búsqueda en la franja intermareal inferior y submareal somero

En 3 de las localidades muestreadas (RNCCP, RPC-CM y RSPC-FCM) un investigador (buzo) equipado con máscara de buceo y "snorkel" realiza 1416 recorridos de 2 minutos cada uno (= unidad muestreal) cubriendo toda la superficie de la franja intermareal inferior y del submareal somero hasta 1-2 m de profundidad (= aquella zona con alto impacto de oleaje y desprovista de mantos compactos de "piures", CASTILLA, en prensa). Las determinaciones son realizadas una unidad muestreal por medio, completándose determinaciones para 7-8 unidades por localidad. La unidad muestreal inicial se determina en forma azarosa. Un ayudante localizado en la franja intermareal mantiene informado al buzo sobre el oleaje y al mismo tiempo controla con un cronómetro el tiempo de búsqueda, determinando en cada caso el largo y ancho de la franja analizada (precisión de 10 cm) y toma nota de los tamaños de "locos" ubicados que son dictados por el buzo. Las mediciones de largos máximos de la concha (peristoma) de "locos" se realizan in situ, sin desprendimiento y con una reglilla con precisión de hasta 5 mm. La exposición al oleaje del sistema intermareal y submareal somero descrito, el movimiento del agua y la no remoción de los individuos, no permiten el uso de instrumentos más precisos.

La metodología descrita permite estandarizar los tiempos de búsqueda en el intermareal y submareal somero, no así las superficies de los roqueríos analizados, y por lo tanto representa sólo una cierta aproximación con descriptores tales como el de Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Sin embargo, puesto que la metodología de terreno incluye la determinación aproximada de cada una de las superficies de las unidades muestrales es posible también contar con información sobre las densidades de "locos" y estructuras de sus tallas. Adicionalmente, también es posible separar poblaciones de "locos" adultos de juveniles. Para esta separación en este trabajo se utilizó el tamaño de 60 mm de longitud máxima de peristoma como el mínimo para considerar a un individuo adulto (RIVAS y CASTILLA, 1987).

Los muestreos (monitoreos) se han realizado entre 1989 y 1997 en 9 oportunidades. En 6 de ellas (1992-1997) se han realizado durante los meses de mayo. Esto debido a que las máximas agregaciones

("maicillos") reproductivas de "locos", y por lo tanto las oviposturas, tienden a ocurrir entre los meses de abril y junio de cada año (CASTILLA y CANCINO, 1976, CASTILLA, 1979, VARAS, 1996, VARAS y CASTILLA, 1996). Un segundo pico reproductivo de agregaciones de "locos" suele ocurrir alrededor de los meses de septiembre-octubre de cada año (observaciones personales JCC).

4. Oviposturas y liberación de larvas planctónicas de "locos"

Durante la secuencia de muestreo descrita anteriormente y una vez finalizados los 2 minutos de búsqueda en cada unidad muestreal, se determina para cada una de ellas el número de oviposturas individuales de cápsulas de "locos" presentes (= grupos compactos unidireccionales de cápsulas, CASTILLA y CANCINO, 1976, CASTILLA, 1979), y la superficie que ocupa cada postura (sin realizar remoción). Esto último usando una reglilla y aproximando la forma de la ovipostura a una figura geométrica y determinando las distancias de cada lado (ejemplo: triángulo, rectángulo, cuadrado), con una precisión de 1 mm. En estas determinaciones no se incorpora el factor tiempo de búsqueda, sino que las observaciones se realizan en forma exhaustiva en cada unidad muestreal y por lo tanto es posible repetir mediciones (de ser necesario) y así aumentar la precisión.

Adicionalmente, en cada sector se remueven 100 cápsulas provenientes de a lo menos 5 oviposturas diferentes seleccionadas al azar. Las cápsulas se guardan en alcohol. En el laboratorio se miden sus longitudes máximas. Con ellas y usando la ecuación que correlaciona longitud de la cápsula y número de huevos (CASTILLA y CANCINO, 1976) se estima el número de huevos promedio contenidos en las cápsulas de cada unidad o localidad. Lo anterior permite realizar extrapolaciones sobre los números potenciales de larvas de "locos" que podrían ser liberadas al plancton por unidad muestreal o localidad. Las extrapolaciones se llevaron hasta la liberación teórica de larvas provenientes de frecuencias de posturas por localidad hasta una superficie total de intermareal de 1.100 m² de costa (= ejemplo: superficies de oviposturas encontradas en promedio en roqueríos de 1.100 m de largo por 1 m de ancho). Esta superficie tiene relación con estimaciones realizadas en la localidad RPC-CM sobre el número de metros cuadrados de zonas intermareales y submareales que en base a los datos históricos de los monitoreos aparecen como óptimas para oviposturas de "locos".

Para comparar las estructuras de tallas de las poblaciones de "locos" en las distintas localidades analizadas se realizaron análisis estadísticos con la

prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (SOKAL y ROHLF, 1981). Los Análisis de Varianza, ANOVA, fueron realizados previa determinación de la normalidad de los residuos con una prueba de Shapiro-Wilk; adicionalmente se utilizó la prueba a *posteriori* de Bonferroni (Dunn) para error experimental de tipo I, con un valor alfa de 0,05. Los análisis fueron programados dentro del paquete SAS 6.11 (Statistical Analysis System Institute, SAS Circle Box 80.000, Cary NC, USA) y trabajados en un computador PC 486 DX/33 de 16 MB RAM, con disco duro de 270 MB. La estrategia de análisis fue la comparación estadística de los grupos de datos provenientes de muestreo durante mayo de cada año. No se realizaron análisis estadísticos con modelos de ANOVA-BACI (Before and After- Control Impact, BERNSTEIN y ZALINSKI, 1983, UNDERWOOD, 1994, STEWARD-OATEN y MURDOCH, 1986) debido a que los muestreos realizados en 1989 y 1990 - épocas en que no existía una restricción férrea que impidiera el ingreso de mariscadores de orilla a la Concesión de MEL- corresponden a meses de primavera y los posteriores -cuando dichos controles se implementaron- a meses de mayo -con excepción de 1991 año en que los muestreos se realizaron en octubre-.

RESULTADOS

En mayo 1995 los roqueríos del Margen Norte de Playa Amarilla (RMNPA), en el extremo norte del área de muestreo (Fig. 1) presentaron los promedios máximos de extracción (cortes) de piures intermareales con aproximadamente 130 individuos por unidad de búsqueda de 2 minutos (Índice de extracción de piures, IEP, Fig. 2) y son significativamente más elevados que aquellos detectados en Caleta Coloso (RNCCP) (ANOVA:Pr < 0.0002), localidad también expuesta a la extracción de "piures". En los roqueríos de la Concesión de MEL (RPC-CM), una localidad protegida de mariscadores, en el año 1989 y 1990 se observaron índices de extracciones de 20 o menos *P. preaputialis* cortados por unidad de tiempo de búsqueda. Sin embargo, a partir de 1991, fecha en que las restricciones de ingreso al intermareal de la Concesión se rigidizaron, no se han observado "piures" cortados en ninguno de los 7 monitoreos realizados (1991 y 1997, Fig. 2). Las observaciones sobre extracciones de "piures" en la localidad RSPC-FCM, en el extremo sur del área de muestreo, se iniciaron sólo a partir de 1995 y son reducidas. Los IEP en RSPCFM son similares a aquellos observados en 1989 en RPC-CM (Fig. 2).

Por otra parte, los roqueríos de Caleta Coloso (RNCCP), que presentan valores de IEP elevados

(Fig. 2), muestran los números más reducidos de "locos" por unidad de esfuerzo de búsqueda (Fig. 3). Los roqueríos de la Concesión de MEL (RPC-CM) muestran números de "locos" similares a la localidad anterior durante los años 1989 y 1990. Sin embargo, a partir de 1991, cuando el acceso a ellos por mariscadores de orilla se hizo más restrictivo, estos números incrementaron aproximadamente por un factor de 3. Para la localidad RSPC-FCM, los números son aproximadamente la mitad de lo observado en los roqueríos de la Concesión (en particular cuando se comparan los datos para los meses de mayo entre los años 1992 y 1997, ver Fig. 3). El ANOVA muestra diferencias significativas entre localidades (Pr < 0.0001) y la prueba a *posteriori* de Bonferroni (Dunn) indica que existen diferencias significativas entre las 3 localidades. Los mayores valores corresponden a la localidad donde se encuentra la Concesión de MEL (RPC-CM) y los menores a RNCCP.

Los roqueríos dentro de la Concesión de MEL (RPC-CM) muestran densidades de "locos" entre 2 y 10 veces mayores que las observadas en las otras 2 localidades (Fig. 4), en particular para los meses de mayo (1992-1997). El ANOVA muestra que existen diferencias significativas entre localidades (Pr < 0.0001) y la prueba de Bonferroni (Dunn) que existen diferencias significativas entre las 3 localidades. Los mayores valores corresponden a la localidad donde se encuentra la Concesión de MEL (RPC-CM) y los menores a RNCCP. En la Fig. 4 para RPC-CM llama la atención la tendencia primero ascendente de densidades de "locos" entre 1989 y 1992 y luego la tendencia descendente entre 1992 y 1997. Lo más probable es que la primera tendencia esté ligada al esfuerzo sostenido de MEL por impedir el ingreso de mariscadores de orilla a los roqueríos de la Concesión, y la segunda podría estar relacionada a eventos extractivos ilegales puntuales dentro de la Concesión (de los cuales sólo existe una evidencia comprobada por J. C. CASTILLA durante los monitoreos, en 1995) o a fallas sostenidas en el reclutamiento de la especie.

Adicionalmente, a partir de 1991 las proporciones de "locos" adultos (\Rightarrow 60 mm de peristoma) en las localidades analizadas han sido 20-40% mayores en los roqueríos intermareales al interior de la Concesión de MEL, que en las otras 2 localidades (Fig. 5), posibilitando que en dichos roqueríos se produzcan mayores eventos de ovoposición.

Las estructuras de talla de las poblaciones de "locos" intermareales no se diferenciaban estadísticamente entre las 3 localidades durante los muestreos de 1989 y 1990. Sin embargo, a partir de 1991 las comparaciones pareadas realizadas con la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov muestran diferencias altamente significativas (KS < 0.0001) en

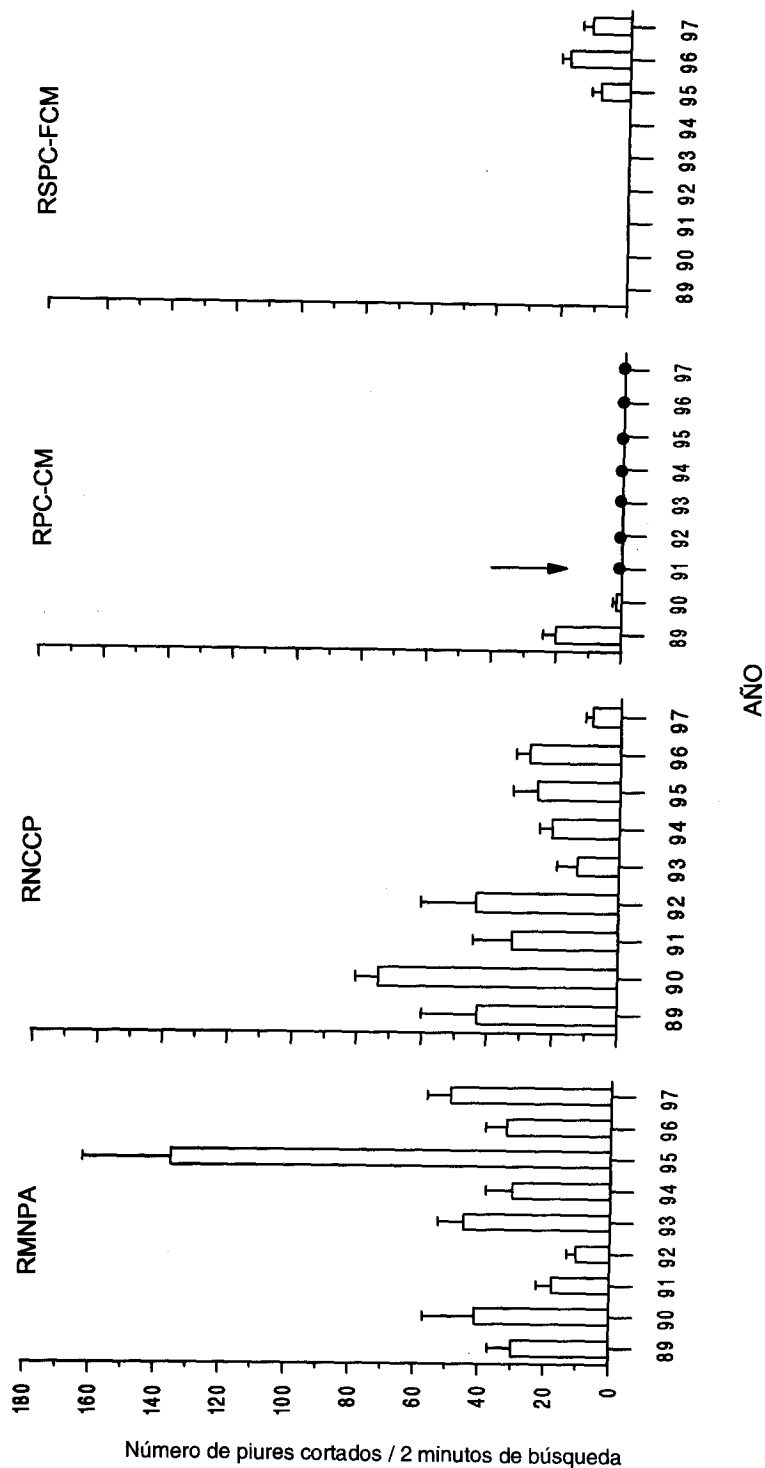


FIG. 2. Índice de extracción de piures (IEP), en que se indica el número de "piures" cortados localizados por unidad de tiempo de búsqueda, con los errores estándar para los 9 muestreos. Las siglas de las localidades según Fig. 1. La flecha indica el año 1991 en que MEL reforzó las medidas de vigilancia para evitar el ingreso de "mariscadores de orilla" y veraneantes a la Concesión Marina (RPC-CM). Los puntos sobre el eje horizontal indican un cero. Los muestreos en RSPC-FCM comenzaron en el año 1995.

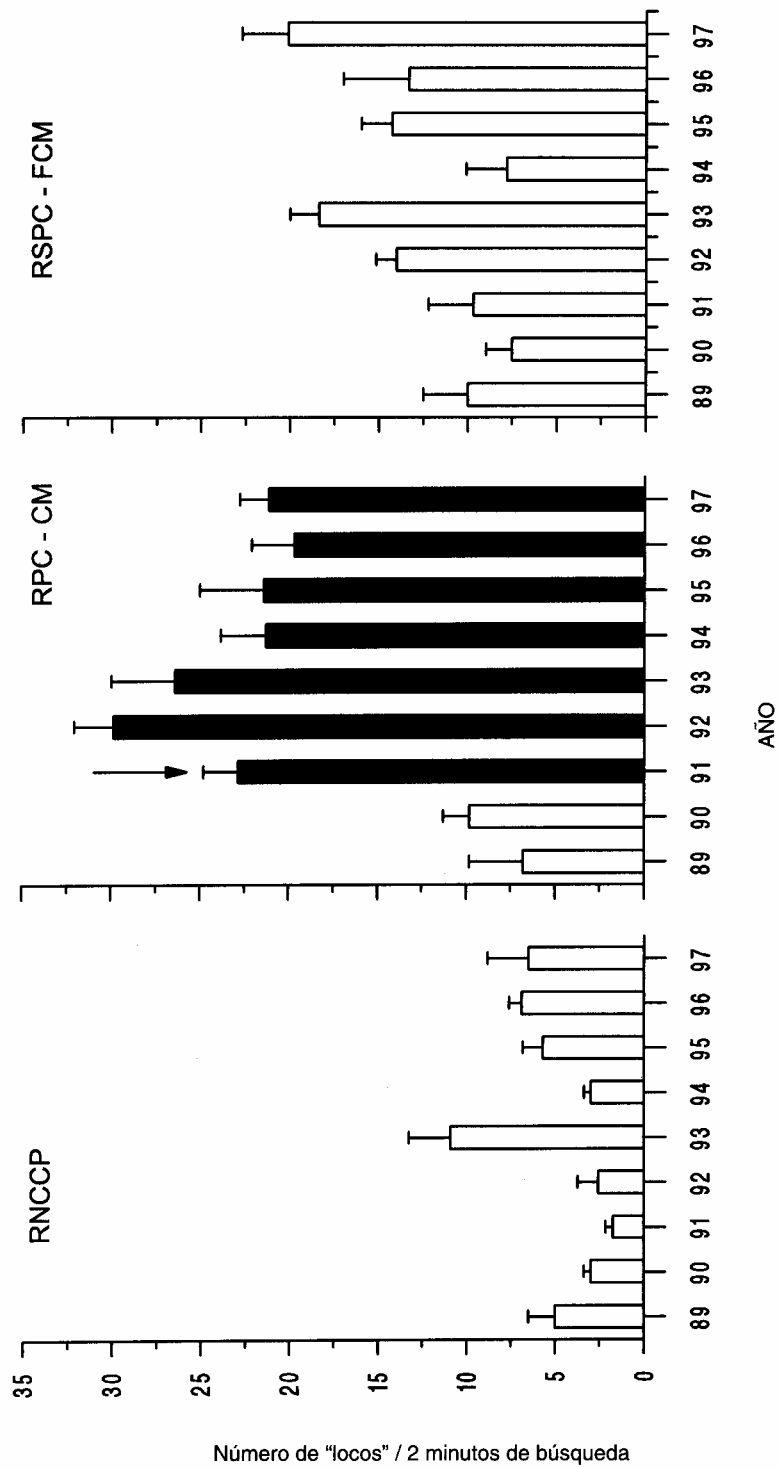


FIG. 3. Índice de abundancia (número de "locos" por unidad de tiempo de búsqueda con errores estándares para 4 localidades. Siglas según Fig. 1. Las barras blancas representan localidades expuestas a la extracción por "mariscadores de orilla" (RNCCP y RSPC-FCM), o los 2 primeros años en RPC-CM, en que existían menos restricciones para el ingreso de mariscadores a la Concesión Marina. La flecha indica el año 1991 en que MEL reforzó las medidas de vigilancia para impedir el ingreso de mariscadores a la Concesión (= barras negras).

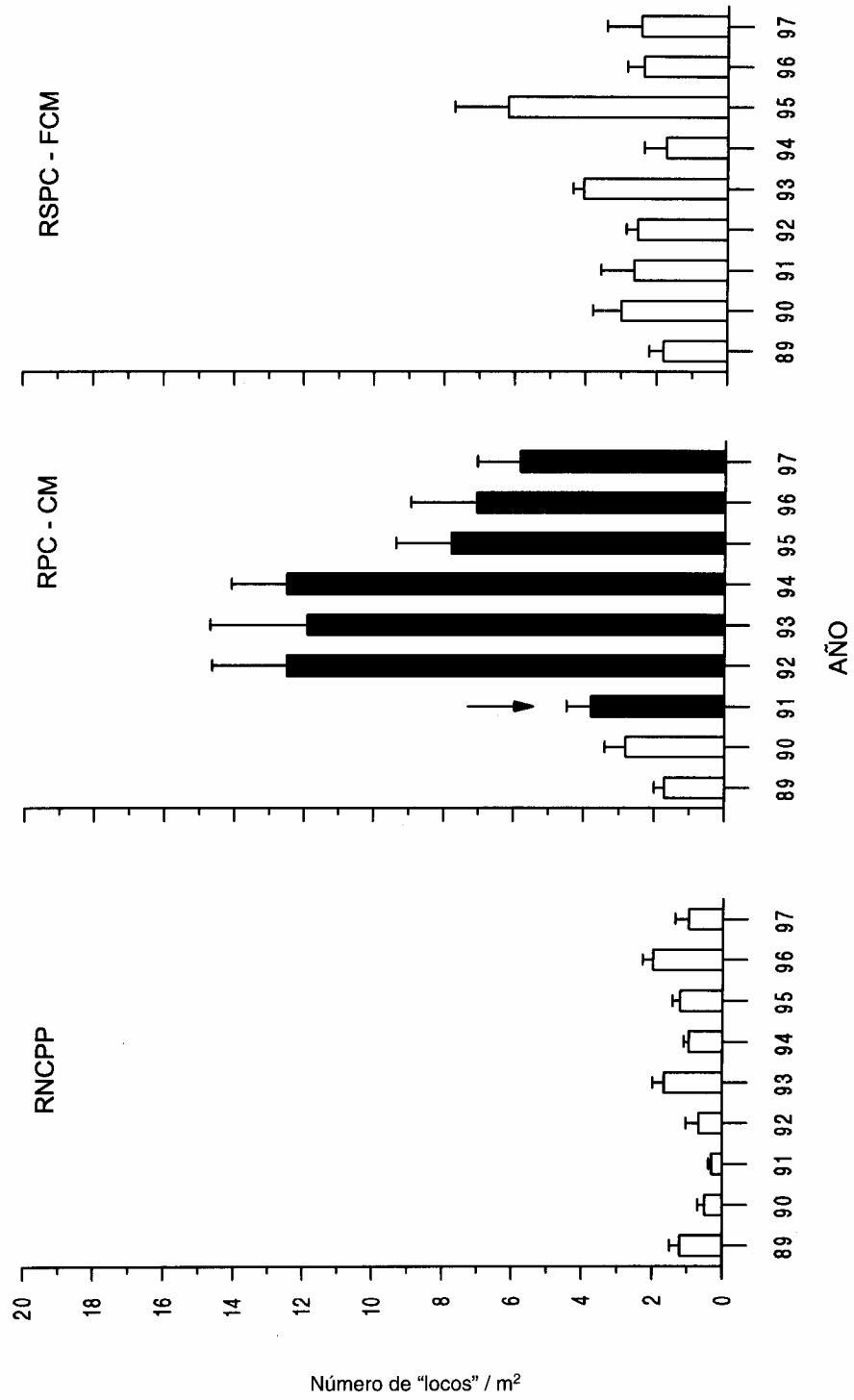


FIG. 4. Densidad de "locos", con error estándar, para 3 localidades. Siglas según Fig. 1. Flecha, barras blancas y negras como en la Fig. 3.

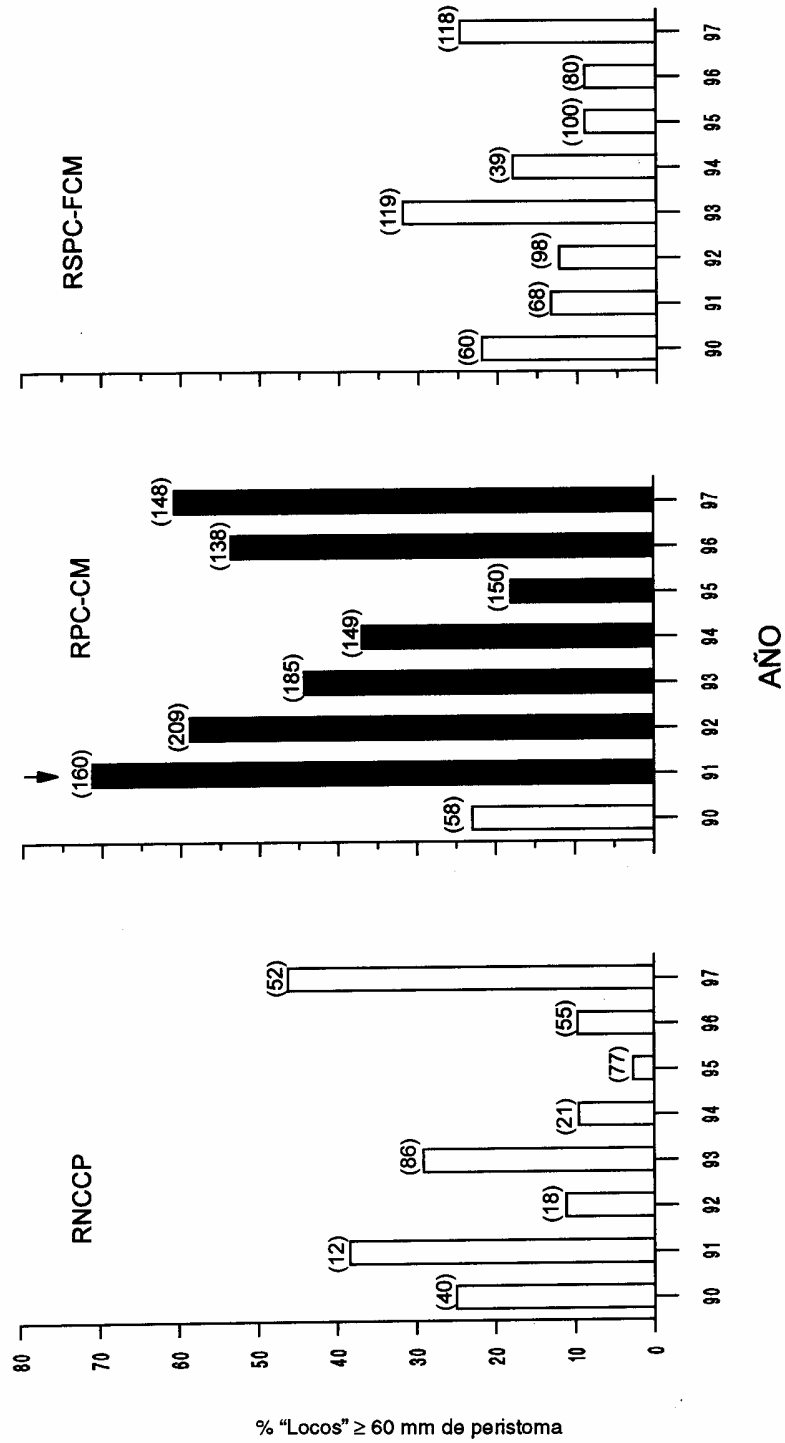


FIG. 5. Porcentaje de "locos" adultos ≥ 60 mm de longitud de peristoma, para 3 localidades de muestreo con igual esfuerzo de búsqueda. Los números sobre las barras indican el total de "locos" detectados y medidos. Siglas según Fig. 1. Flecha, barras negras y blancas como en la Fig. 3.

todos los casos entre las estructuras detalladas de los "locos" observados en los roqueríos de la Concesión de MEL (RPC-CM) y los de las otras 2 localidades. A lo anterior hace excepción el resultado del mes de mayo 1997, en que no se observaron diferencias significativas entre las estructuras de talla de los "locos" en RPC-CM y los de RNCC ($KS = 0.2759$).

La Fig. 6 muestra un ejemplo de las estructuras de talla de las poblaciones de "locos" muestreadas en las 3 localidades en mayo de 1993, cuando las densidades al interior de la Concesión de MEL alcanzaron uno de los valores máximos (Fig. 4)

La liberación potencial al plancton (teórica por extrapolación) de larvas de "locos" a partir de superficies promedio de oviposuras localizadas en áreas de muestreo de 1.100 m^2 de roqueríos intermareales para 3 de las localidades analizadas (basada en los muestreos de las oviposuras en los meses de septiembre y octubre de 1990 y 1991 y mayo entre los años 1992-1997) indica que a partir de 1992 los roqueríos dentro de la Concesión de MEL (RPC-CM) liberarían al plancton 1 o 2 órdenes de magnitud más de larvas de "locos" que aquellos de las localidades expuestas a la extracción del recurso, al norte (RNCCP) o al sur de la Concesión (RPCS-FCM).

DISCUSIÓN

Existe escasa información sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas litorales del norte de Chile, en especial sobre aquellos tan particulares que ocurren dentro de la Bahía de Antofagasta. Recientemente CASTILLA (en prensa) realizó una revisión bibliográfica al respecto y publicó información contenida en otra de las bases de datos intermareales producto de los planes de largo plazo sobre Vigilancia Ambiental Costera que mantiene MEL en acuerdo con la DGTM y MM. En el presente trabajo se ahonda en algunos de los temas tratados por CASTILLA (en prensa) y se presenta por primera vez un índice de intervención humana para evaluar el estado de intervención de los ecosistemas intermareales de Antofagasta (= índice de extracción de piures, *P. praeputialis* o "piure de Antofagasta", por mariscadores de orilla o veraneantes). El índice está basado en evaluaciones sobre los números de "piures" cortados a lo largo de franjas intermareales. El "piure de Antofagasta" es el organismo bentónico intermareal más abundante y conspicuo de dichos ecosistemas dentro de la Bahía de Antofagasta. Los resultados muestran que el índice refleja las diferencias en perturbación humana por mariscadores de orilla o veraneantes en el ecosistema. Adicionalmente, dicho índice responde adecuadamente en

situaciones bajo protección de tales perturbaciones, tal como en el caso de la Concesión Marina de MEL en Punta Coloso (Fig. 2). Así, a pesar de que la base de datos sobre perturbaciones intermareales con que se cuenta en este estudio está basada en información puntual recogida sólo un mes por año, es posible diferenciar localidades con distintos grados de perturbación por extracciones de "piures". La especie bajo estudio es sólo propia de la Bahía de Antofagasta (PAINE y SUCHANEK, 1983) y por lo tanto el índice no puede ser extrapolado para utilizarse en otros ecosistemas intermareales de Chile.

El Programa de Vigilancia Ambiental de MEL y en particular la protección del litoral en Punta Coloso se ha traducido en eventos de Repoblación litoral natural (CASTILLA, 1988, 1994) para varios recursos mariscos ("loco", "erizos", "pulpos", "lapas"). En este trabajo sólo se presentan los resultados para el recurso "loco", *C. concholepas*. En los roqueríos de la Concesión de MEL se observan signos evidentes sobre el proceso de Repoblación Natural de este recurso, como resultado de la acción de conservación o protección del litoral. El recurso "loco" es más abundante (Figs. 3 y 4) dentro de la Concesión de MEL que en roqueríos similares existentes tanto al norte como al sur de la Concesión de MEL. Adicionalmente, las estructuras de talla son mayores dentro que fuera de la Concesión y se observan mayores densidades de "locos" adultos dentro de la Concesión que fuera de ella (Figs. 5, 6). Como una consecuencia de lo anterior las oviposuras de cápsulas de "locos" son más abundantes también dentro de la Concesión que fuera de ella. Así, el litoral de la Concesión de MEL se ha transformado en un surtidor de larvas de "locos", en niveles de uno o dos órdenes de magnitud más potente que localidades similares adyacentes, pero carentes de protección ambiental (Tabla 1).

Los procesos de Repoblación natural de "locos" como el descrito para Punta Coloso han tomado entre 2 y 4 años de protección del ecosistema para materializarse. Tal lapso de tiempo es similar al observado en la Concesión Marina que posee la Pontificia Universidad Católica de Chile en la localidad de Las Cruces, V Región (OLIVAY CASTILLA, 1990), y también es congruente con lo publicado por MORENO et al. (1986) para la Concesión Marina que posee la Universidad Austral de Chile en Mehuín, X Región. Por lo tanto, se confirma que eventos de protección ambiental de sistemas litorales (relacionados con diferentes agentes, tales como Universidades, empresas) se traducen, a lo largo de distantes sitios litorales de la costa de Chile, en eventos de Repoblación Natural del recurso "loco", y por ende que los factores extractivos y roles jugados por los mariscadores de orilla (u otros extractores) pueden resultar determinantes en las configuraciones pobla-

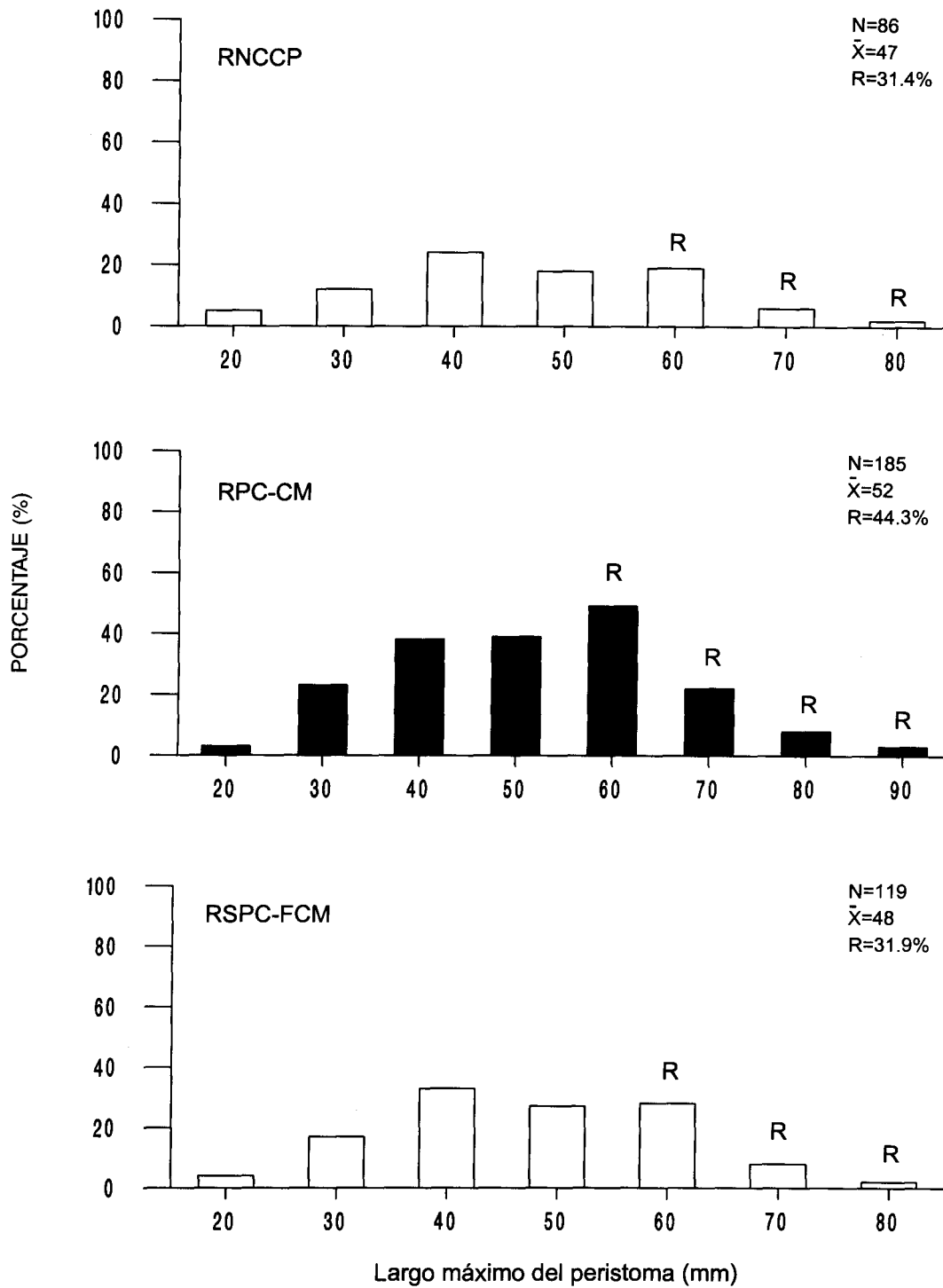


FIG. 6. Demograma para poblaciones de "locos" de 3 localidades en mayo 1993. Siglas según Fig. 1. R= individuos adultos de longitud peristomal ≥ 60 mm.

TABLA 1

Oviposturas de cápsulas de "locos" en roqueríos intermareales y submareales someros de 3 localidades a lo largo de 8 muestreos entre 1990 y 1997. Se indican los metros cuadrados de hábitat analizados, las superficies de roqueríos con posturas de cápsulas, los números promedio de huevos por cápsula y el número potencial de larvas de "locos" liberadas al plancton en extensiones de 1.100 m² de hábitat. (1) Metros cuadrados analizados y entre paréntesis el número de posturas localizadas; (2) promedio de cápsulas por metro cuadrado; (3) número promedio de huevos (larvas) por cápsula, calculados según la ecuación de CASTILLA y CANGINO, 1976 (Y = - 5348,91 + (588,62 X; donde: Y = miles de larvas; X = longitud de la cápsula en mm); (4) extrapolaciones de los números potenciales de larvas de "locos" liberadas al plancton en 1.100 m² de hábitat intermareal y submareal somero por localidad y muestreo.

		Cápsulas						
Localidad Fecha	m ² de hábitat analizado (1)	m ²	Promedio /m ² (2)	Tamaño promedio mm (±DS)	N° Promedio de huevos-larvas por cápsula (3)	N° Potencial de larvas aportadas al plancton por 1.100 m ² intermareal (4)		
RN - Caleta Coloso								
Sept. 1990	100,0 (32)	0,1100	176,0	12,8 (1,2)	2.185,4	43,3 * 10 ⁷		
Oct. 1991	111,0 (41)	0,1537	221,5	11,5 (1,6)	1.420,2	34,6 * 10 ⁷		
Mayo 1992	72,5 (49)	0,1122	247,6	12,2 (1,8)	1.832,8	49,9 * 10 ⁷		
Mayo 1993	93,5 (40)	0,1109	189,8	11,1 (1,4)	1.184,8	24,7 * 10 ⁷		
Mayo 1994	46,2 (33)	0,0633	229,6	10,1 (1,9)	596,2	15,1 * 10 ⁷		
Mayo 1995	71,5 (64)	0,1778	397,9	12,2 (0,3)	1.832,3	76,5 * 10 ⁷		
Mayo 1996	62,2 (70)	0,1934	494,3	13,6 (0,2)	2.656,3	14,4 * 10 ⁸		
Mayo 1997	116,5 (50)	0,1040	142,8	13,1 (0,7)	2.362,0	37,1 * 10 ⁷		
RPC - Concesión MEL								
Sept. 1990	95,0 (41)	0,1840	309,9	11,1 (1,0)	1.184,8	40,4 * 10 ⁷		
Oct. 1991	107,0 (51)	0,2000	299,1	12,7 (1,5)	2.126,6	69,9 * 10 ⁷		
Mayo 1992	67,5 (91)	0,7440	1.763,6	12,9 (1,8)	2.244,8	43,5 * 10 ⁸		
Mayo 1993	39,6 (61)	0,1458	584,6	12,7 (1,7)	2.126,6	13,7 * 10 ⁸		
Mayo 1994	48,0 (125)	0,2608	869,0	13,9 (3,1)	2.832,9	21,7 * 10 ⁸		
Mayo 1995	46,7 (99)	0,4668	1.599,3	13,8 (0,2)	2.774,0	48,8 * 10 ⁸		
Mayo 1996	61,4 (87)	0,3968	1.034,0	12,7 (0,2)	2.126,6	24,2 * 10 ⁸		
Mayo 1997	81,9 (71)	0,2254	440,4	13,7 (0,1)	2.715,2	13,2 * 10 ⁸		
RSPC - Fuera - MEL								
Sept. 1990	80,0 (15)	0,0350	70,0	12,6 (1,0)	2.067,7	15,9 * 10 ⁷		
Oct. 1991	87,0 (10)	0,0250	46,0	11,1 (1,2)	1.184,8	28,9 * 10 ⁷		
Mayo 1992	105,0 (14)	0,0297	45,3	10,9 (1,3)	1.067,5	53,2 * 10 ⁶		
Mayo 1993	88,0 (15)	0,0560	101,8	9,3 (1,4)	478,4	53,6 * 10 ⁶		
Mayo 1994	59,0 (25)	0,0428	116,0	11,5 (2,3)	1.420,2	18,1 * 10 ⁷		
Mayo 1995	61,8 (12)	0,0347	89,8	11,8 (0,1)	1.596,8	15,7 * 10 ⁷		
Mayo 1996	66,0 (2)	0,0013	3,2	12,8 (0,2)	2.185,4	7,7 * 10 ⁶		
Mayo 1997	112,8 (5)	0,0224	31,8	14,2 (0,1)	3.009,5	10,5 * 10 ⁷		

cionales intermareales de tales recursos (CASTILLA y SCHMIEDE, 1979, CASTILLA, 1993b). Del mismo modo, estas diferencias en abundancia o biomasa de una especie como el "loco", que es un depredador clave (POWER et al., 1996) pueden traducirse en modificaciones comunitarias litorales drásticas, tal como ha sido demostrado en Chile Central por DURÁN y CASTILLA (1989), CASTILLA et al. (1994) y BOTSFORD et al. (1997)

Sin embargo, las modificaciones comunitarias intermareales informadas en Chile Central como producto del incremento poblacional de "locos" vía protección de áreas costeras no pueden ser extrapoladas directamente a la situación Ecológica en Antofagasta. En este último caso el organismo intermareal dominante en biomasa, *P. praeputialis*, es único dentro del país y su dinámica Ecológica es muy diferente a la mostrada por otro de los organismos intermareales dominantes en el centro de Chile, el "chorito maico" *Perumytilus purpuratus*. Importantes incrementos en las densidades de "locos" intermareales en Antofagasta, como los informados en este trabajo, con franjas litorales media e inferior (CASTILLA, en prensa) dominadas por *P. praeputialis* no se traducen en modificaciones comunitarias drásticas (observaciones personales J. C. CASTILLA) como las descritas para el litoral de Chile Central (ver referencias arriba). Este tema está en pleno proceso de investigación al presente.

Este trabajo demuestra cómo las acciones de protección litoral emprendidas voluntariamente por Minera Escondida Limitada a partir de 1989, en su Concesión Marina de Punta Coloso se han traducido en un medio eficaz de conservación de ambientes costeros y se han materializado repoblaciones naturales de un recurso como el "loco" que es de extrema importancia para la pesquería artesanal del país. El ejemplo podría ser copiado por otras industrias (privadas o públicas) que poseen Concesiones Marinas a lo largo del territorio nacional (CASTILLA, 1996). El desarrollo industrial y las acciones de conservación costera deben potenciarse en el país. Este trabajo muestra las potencialidades de un nuevo y moderno concepto de protección ambiental, no confrontacional, sino que progresista.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Minera Escondida Limitada las facilidades otorgadas para levantar la base de datos de que se da cuenta en este trabajo y sobre todo por su disposición para que ella sea publicada. Se agradece en forma especial a los Gerentes de Medio Ambiente de MEL señores José Miguel Ojeda y Andrés Camaño. Durante los trabajos de terreno han colaborado varios científicos y amigos. Es un

deber destacar la temprana colaboración de nuestro amigo Jorge Tomicic, QEPD. Del mismo modo que de Marcela Clarke, Juan Pablo Tomicic, Manuel Varas y Cristián Pacheco y James Geaghan. Recientemente la Pew Charitable Fund, a través de la distinción en 1995 a J. C. CASTILLA con un "Pew Fellowship in Marine Conservation", ha apoyado significativamente las investigaciones en los ecosistemas costeros de la Bahía de Antofagasta. Del mismo modo se agradece al Center for Marine Conservation, USA. La Pontificia Universidad Católica de Chile ha apoyado constantemente los esfuerzos de J. C. CASTILLA encaminados a construir puentes entre la investigación Ecológica básica y la aplicada, en particular en los casos en que están involucrados el desarrollo industrial y la conservación marina.

LITERATURA CITADA

- BERNSTEIN BB & Y J ZALINSKI 1983. An optimum sampling design and power test for environmental biologists. **Journal of Environmental Management** 16: 35-43.
- BOTSFORD LW, JC CASTILLA & CH PETERSON 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. **Science** 277: 509-515.
- CAMAÑO A, JM OJEDA, JC CASTILLA & R AHUMADA 1995. Experiencia y acciones de protección ambiental de Minera Escondida en el Puerto de Coloso, Antofagasta: Una revisión actualizada. **Ciencia y Tecnología del Mar, CONA**, Número Especial: 101-111.
- CAMAÑO A & E SILVA 1995. Minera Escondida's Environmental Management in the Coastal Area at Coloso. En Coastal Ocean Space Utilization III. N Della Croce, S Connell & R Abel (eds). Chapman and Hill, London, UK, pp. 153-171.
- CASTILLA JC & J CANCINO, 1976. Spawning behaviour and egg capsules of *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). **Marine Biology** 37: 255-263.
- CASTILLA JC 1979. *Concholepas concholepas* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae): postura de cápsulas en el laboratorio y la naturaleza. **Biología Pesquera (Chile)** 12: 91-97.
- CASTILLA JC 1981. Perspectivas de investigación en estructura y dinámica de comunidades intermareales rocosas de Chile Central II: Depredadores de alto nivel tráfico. **Medio Ambiente** 5: 190-215.
- CASTILLA JC 1986. ¿Sigue existiendo la necesidad de establecer Parques y Reservas Marinas en Chile? **Ambiente y Desarrollo** 2: 53-63.
- CASTILLA JC 1988. La problemática de la Repoblación de mariscos en Chile: diagnóstico, estrategias y ejemplos. **Investigaciones Pesqueras (Chile)** 35, 41:48.

- CASTILLA JC 1993a. Intervención humana y Repoblación en roqueríos de Punta Coloso. Antofagasta: la Concesión de Minera Escondida versus zonas con presiones de extracción. En XIII Jornadas de Ciencias del Mar, Valparaíso, Chile, p. 57 (Resumen).
- CASTILLA JC 1993b. Humans: Capstone strong actors in the past and present coastal ecological play. En Humans as components of ecosystems: the ecology of subtle human effects and populated areas. MJ McDonnell & STA Pickett (eds). Springer-Verlag, NY, USA, pp. 158-162.
- CASTILLA JC 1994. The Chilean small-scale benthic shellfisheries and the institutionalization of new management practices. **Ecology International Bulletin** 21: 47-63.
- CASTILLA JC, GM BRANCH & A BARKAI 1994. Exploitation of two critical predators: the gastropod *Concholepas concholepas* and the rock lobster *Jasus lalandii*. En Rocky shore: exploitation in Chile and South Africa. Ecological Studies 103. R Siegfried (ed). Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 101-130.
- CASTILLA JC 1996. La futura Red Chilena de Parques y Reservas Marinas y los conceptos de conservación, preservación y manejo en la legislación nacional. **Revista Chilena de Historia Natural** 69: 253-270.
- CASTILLA JC (en prensa). Las comunidades intermareales de la Bahía de Antofagasta: estudios de línea base y el programa ambiental de Minera Escondida Limitada en Punta Coloso. En Minería, Ecología y Medio Ambiente: el caso de Minera Escondida Ltda. D Arcos (ed).
- CASTILLA JC & LR DURAN 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of central Chile: the effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). **Oikos** 45: 391-399.
- CASTILLA JC & P SCHMIEDE 1979. Hipótesis de trabajo sobre la existencia de zonas 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. VA Gallardo (ed). Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, pp. 145-167.
- CASTILLA JC & VARAS M. 1996. Ecological impacts on the rocky shores of Central and Northern Chile: roles of the gastropod *Concholepas concholepas* and coastal food-gatherers. En Proceedings of the Fourth International Congress on Medical and Applied Malacology, Santiago, Chile, 7-11 Octubre, 1996. **Journal of Medical & Applied Malacology** 8 (1): 79.
- DURAN LR & JC CASTILLA 1989. Variation and persistence of the middle rocky intertidal community of Central Chile, with and without human harvesting. **Marine Biology** 103: 555-562.
- GUILER ER 1959. Intertidal belt-forming species on the rocky coasts of Northern Chile. **Papers and Proceedings of The Royal Society of Tasmania** 93: 33-58.
- GUTIÉRREZ JE & LAY JE 1965. Observaciones Biológicas de la población de *Pyura chilensis* Molina, 1782, en Antofagasta (Urochordata, Ascidiacea, Pyuridae). **Estudios Oceanológicos** 1: 1-32.
- MORENO CA, KM LUNECKE & MI LEPEZ 1986. The responses 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.
- OLIVA D & CASTILLA JC 1990. Repoblación natural: el caso del "loco" *Concholepas concholepas* (Gastropoda: Muricidae) en Chile Central. En Cultivo de moluscos en América Latina. Memorias de la Segunda Reunión del Grupo Técnico de Trabajo del International Development Research Center of Canada (IDRC). AR Hernández (ed). Bogotá, Colombia, pp. 273-295.
- PAINE FIT & TH SUCHANEK 1983. Convergence of ecological processes between independently evolved competitive dominants: a tunicate-mussel comparison. **Evolution** 37 (4): 821-831.
- POWER ME, D TILMAN, JE ESTES, BA MENGE, WJ BOND, LS MILLS, G DAILY, JC CASTILLA, J LUBCHENCO & RT PAINE 1996. Challenges in the quest for keystones. **BioScience** 46: 609-620.
- RIVAS DA & JC CASTILLA 1987. Dinámica de poblaciones intermareales de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Mollusca-Gastropoda-Muricidae) en Chile central. **Investigaciones Pesqueras (Chile)**. 34: 3-19.
- SOKAL RR & ROHLF F 1981. Biometry. Freeman Press, San Francisco, USA, 859 pp.
- STEWART-OATEN A & WW MURDOCH 1986. Environmental Impact Assessment: "pseudoreplication" in time. **Ecology** 67: 929-940.
- UNDERWOOD AJ 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. **Ecological Applications** 4: 3-15.
- VARAS M 1996. Pesca de subsistencia en el sector rocoso costero al sur de la ciudad de Antofagasta, con énfasis en el recurso 'loco' *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) y la Concesión Costera de Minera Escondida en Punta Coloso. Tesis de Grado para optar al título profesional de Biólogo Marino en la Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 80 pp.
- VARAS M & JC CASTILLA 1996. Pesca de subsistencia en el intermareal rocoso al sur de Anto-

fagasta y la Concesión Costera de Minera Escondida en Punta Coloso, con énfasis en el recurso "loco" ***Concholepas concholepas*** (Bru

guiére, 1789). En XVI Jornadas de Ciencias del Mar, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 28-31 Mayo 1996, p.118 (Resumen).