

**MACROINVERTEBRADOS ASOCIADOS A DISCOS DE ALGAS PARDAS:
BIODIVERSIDAD DE COMUNIDADES DISCRETAS COMO INDICADORA DE
PERTURBACIONES LOCALES Y DE GRAN ESCALA**

Julio A. Vásquez & J. M. Alonso Vega
Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Católica del Norte, Casilla 117 Coquimbo CHILE.
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA-Coquimbo
E-mail jvasquez@ucn.cl

RESUMEN

Los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*, alga parda que forma huirales submareales, son propuestos como unidad muestral para determinar efectos sitio-específicos de perturbaciones antropogénicas y naturales. Estos discos de adhesión contienen una diversa comunidad de macroinvertebrados cuyos parámetros ecológicos son sensibles a perturbaciones locales y de gran escala. Análisis de la diversidad y abundancia de estas comunidades intradisco fueron realizadas a escala local (m-Km), en un rango latitudinal (19°-32° S), y en un gradiente temporal (1996-2000) incluyendo la ocurrencia de El Niño 1997-98. Los parámetros ecológicos de las comunidades intradiscos fueron sensibles a las descargas de la minería de Fe y Cu, y a las descargas de desechos orgánicos. La riqueza, diversidad y uniformidad de las comunidades intradiscos fueron estables en un extenso gradiente geográfico, mostrando disminuciones significativas en áreas contaminadas (Fe-Cu), e incrementos en emisarios de desechos orgánicos y áreas de afloramiento (“upwelling”). Perturbaciones oceanográficas como El Niño 1997-98 se reflejan en la variabilidad temporal (pre-durante-post ENOS) de la diversidad y abundancia de las especies que conforman las comunidades de macroinvertebrados en los discos de *Lessonia trabeculata*. El análisis de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados en el interior de discos de adhesión de algas pardas, restringe los muestreos a este tipo de unidades biológicamente delimitadas. En este contexto, el análisis de estas unidades discretas tiene gran utilidad en estudios de conservación, y de monitoreo biológico a escala local, temporal, y en un gradiente latitudinal. Puesto que las algas pardas son un componente común en todas las costas rocosas de mares templados y fríos, el estudio de los atributos ecológicos de sus comunidades asociadas puede ser utilizado a escala global.

Palabras claves: El Niño Oscilación del Sur (ENOS), disco de adhesión, *Lessonia*, comunidad de macroinvertebrados, contaminación minera, Norte de Chile, desechos orgánicos.

ABSTRACT

Holdfasts of the Chilean subtidal kelp *Lessonia trabeculata* serve as convenient sampling units for determining site-specific effects of anthropogenic or natural disturbance as they normally contain a diverse infaunal community whose ecological parameters are sensitive to such disturbance. Studies of diversity and abundance of species within these holdfasts was made over local distance gradients (kms), over a geographic range (18°-32°S), and at one site over a temporal range of 3-4 years which included the occurrence of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon of 1997-98. The ecological parameters of the kelp holdfast microcosm were sensitive to iron and copper mining discharges, and municipal waste effluents over local distance gradients. These parameters were stable over the extensive geographic gradient, showing declines near negative perturbations (pollution) and positive tendencies in upwelling areas. The large-scale oceanographic disturbance (ENSO) was clearly reflected in variations of diversity and abundance of species in the holdfast microcosms. This method is recommended as useful on a worldwide scale for biological conservation, and ecological research on otherwise difficult-to-sample wave stressed rocky subtidal ecosystems where kelp holdfasts may be common features of the benthos.

Keywords: El Niño Southern Oscillation (ENSO), holdfast, *Lessonia*, macroinvertebrate community, mining pollution, Northern Chile, waste discharges.

INTRODUCCION

Ambientes intermareales y submareales someros de fondos duros en mares templados y fríos de ambos hemisferios, están dominados por asociaciones de algas café de los ordenes Laminariales, Durvillaeales y Fucales (Dayton 1985, Vásquez 1992). Estos ambientes constituyen zonas de alta productividad y albergan una importante diversidad y abundancia de macroinvertebrados y peces. Las algas café, 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 & Santelices 1984, Vásquez & Santelices 1984, Vásquez 1993, Smith *et al.* 1996), generando focos de alta riqueza específica.

Los discos de fijación de algas pardas contienen comunidades de macroinvertebrados biológicamente delimitadas. Si estas comunidades son consideradas unidades muestrales, estas se

constituyen en unidades discretas de fácil replicabilidad. En este contexto, los discos de *Lessonia* pueden ser utilizados como unidades muestrales discretas y replicables, en la identificación de cambios en la estructura y la organización de estas comunidades en el tiempo y en el espacio, en función de las perturbaciones a que están sometidas. La colonización de los discos no siguen los patrones sucesionales descritos por Connell & Slatyer (1977), en contraste, las especies se agregan a medida que el disco crece, en consecuencia, discos grandes contienen comunidades altamente diversas donde las especies pioneras son abundantes y persistentes (Vásquez & Santelices 1984).

Estas comunidades han sido utilizadas para evaluar perturbaciones antrópicas locales en muchas partes del mundo. En el Reino Unido *Laminaria hyperborea* (Jones 1971, 1972, Moore 1971, 1973, 1974) y *Eklonia radiata* en Australia han sido utilizadas para evaluar el efecto de efluentes orgánicos (Smith & Simpson 1992, Smith 1994, 1996). En Australia, las comunidades de macroinvertebrados asociados a *Durvillaea antarctica* han permitido evaluar los efectos de los derrames de hidrocarburos (Smith & Simpson 1995, Smith et al. 1996) y de efluentes de contaminantes orgánicos (Smith & Simpson 1992, 1993; Smith 1994, 1996). En este contexto, si las comunidades de macroinvertebrados asociadas a discos de algas pardas son sensibles a perturbaciones locales, cambios oceanográficos de gran escala o eventos recurrentes en el tiempo debieran ser detectados y cuantificados en función de muestreos en rangos geográficos amplios o en secuencias temporales que incluyan tales perturbaciones. Dada la amplia distribución y abundancia de *Lessonia trabeculata* en ambientes submareales del Pacífico suroriental y la ocurrencia de perturbaciones (naturales y antrópicas) a escala geográfica (19° - 32° S), este trabajo utiliza las comunidades de macroinvertebrados asociadas a *Lessonia* como unidades biológicas discretas indicadoras de cambios espaciales y temporales.

MATERIALES Y METODOS

Areas de estudio

Entre 1996 y 2000, en 29 localidades del submareal rocoso del norte de Chile entre los 19° y los 32° S, se recolectaron plantas de *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices para analizar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados a sus discos de fijación. Las localidades muestreadas, su ubicación geográfica, tiempo y frecuencia temporal de muestreo, tamaño de la muestra en cada localidad, rango de tamaño (peso y diámetro basal) de los discos de

fijación de *Lessonia trabeculata*, y el tipo de perturbación de las localidades evaluadas se indican en la TABLA 1.

Tabla 1. Localidades, ubicación geográfica, número de muestras, diámetro y peso de discos de *Lessonia trabeculata* y tipo de perturbación.

Localidad	Latitud Sur	Año (s) de muestreo	Número de Muestras	Diámetro disco (cm)	Peso disco (gr)	Tipo de perturbación
Camarones	20°11'	1998-1999**	25	15-24	500-1500	∅
San Marcos	21°18'	1998-1999**	25	15-38	500-1500	∅
Michilla (5 km)	22°49'	1996-1997**	53	15-32	500-2000	∅
Michilla	22°49'	1996-1997-1998**	53	15-32	500-2000	Relaves de cobre
Caleta Constitución	23°24'	1996-1997-1998-1999**	109	15-35	500-3000	∅
Santo Domingo (5 km)	25°05'	1996-1997**	55	15-32	500-1500	∅
Santo Domingo	25°05'	1996-1997**	55	15-32	500-1500	Relaves de cobre
Esmeralda	26°01'	1997*	20	15-28	500-1500	∅
Pan de azucar	26°12'	1997-1998**	20	15-28	500-1500	Relaves de cobre
Chañaral	26°21'	1997*	20	15-28	500-1500	Relaves de cobre
Torres del Inca	26°36'	1997*	15	15-23	500-1500	∅
Caldera	27°05'	1997*	15	15-23	500-1500	Desechos orgánicos
Puerto viejo	27°20'	1997*	13	16-30	500-2500	∅
Totalal	27°50'	1997*	16	15-34	500-2500	∅
Carrizal Bajo	28°04'	1996-1997-1998**	95	15-37	500-2500	∅
Huasco	28°27'	1996-1997**	61	15-40	500-3000	Desechos orgánicos
Chapaco	28°26'	1996-1997**	61	15-40	500-3000	Relaves de Fierro
Isla Chañaral	29°05'	1997-1998*	20	15-30	500-2500	∅
Punta Choros	29°12'	1997-1998*	32	15-32	500-2000	∅
Chungungo	29°26'	1997*	15	15-35	500-2500	∅
La Herradura	29°58'	1996-1997**	15	15-35	500-2500	Desechos orgánicos
Totalalillo Centro	30°02'	1996-1997-1998**	32	15-33	500-2500	∅
Lagunillas	30°05'	1997*	21	15-31	500-2500	∅
San Lorenzo	30°20'	1996-1997-1998***	30	15-34	750-2500	∅
Fray Jorge	31°01'	1997-1998*	30	14-33	750-2500	∅
Puerto Oscuro	31°25'	1997*	14	15-39	500-3000	∅
Los Vilos	31°57'	1997*	12	15-32	500-2500	∅
Totalalillo Sur	32°07'	1997*	14	15-26	750-1500	∅
Los Molles	32°14'	1997*	22	15-30	750-2500	∅

* = muestras anuales

** = muestreos estacionales

*** = muestreos bianuales

∅ = Sin perturbación

Recolección de discos de *Lessonia trabeculata*

Los discos de fijación de *Lessonia trabeculata* fueron recolectados mediante buceo autónomo (SCUBA) desde ambientes rocosos submareales, entre los 10 y los 15 m de profundidad. Dado que la riqueza de especies no aumenta significativamente en tamaños de disco mayores a 15-20 cm de diámetro basal (Vásquez & Santelices 1984, Villouta & Santelices 1984), para el análisis de las comunidades intradisco, se recolectaron plantas entre 15 y 40 cm de diámetro (TABLA 1). Los esporofitos fueron colectados al azar desde el centro de la pradera. Cada uno de los discos fue despegado del sustrato con barretas de fierro, previo corte de estipes y frondas por sobre la estructura del disco. Luego, cada disco fue recubierto con una malla (5 mm de apertura) para evitar el escape de los invertebrados móviles. En el laboratorio, los organismos presentes en las cavidades interiores de *Lessonia trabeculata* fueron removidos por disección de acuerdo a la metodología

utilizada por Vásquez y Santelices (1984). Los individuos recolectados (> 5 mm) fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, pesados, contados y medidos. El diámetro basal de cada uno de los discos de *Lessonia trabeculata* fue medido y pesado.

Perturbaciones a escala local

Contaminación de la minería de Cu y Fe

Ambientes submareales rocosos afectados por desechos líquidos y sólidos de Cu (Mina Santo Domingo 25°05' S) y Fe (Chapaco 28°28' S) fueron estacionalmente muestreados entre junio 1996 y agosto 1997. Simultáneamente, dos localidades 60 km al norte de Chapaco (Carrizal 28°05' S) y 100 Km al norte de Santo Domingo (Caleta Constitución 23°35' S) fueron evaluadas como áreas de control. En las áreas de estudio, se recolectaron discos de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde el emisario de evacuación de los desechos de la minería (0, 1, 2, 3 y 5 Km). Debido a la falta de estacionalidad en las descargas (Vásquez et al 1999, 2001), las comunidades de macroinvertebrados intradiscos fueron agrupadas en función de las distancias desde el foco de contaminación. Para éste análisis se recolectaron: 55 discos en Santo Domingo (Cu), 49 en Caleta Constitución (Cu-Control), 61 en Chapaco (Fe) y 57 en Carrizal Bajo (Fe-Control) (TABLA 1).

Desechos orgánicos de poblaciones ribereñas

El efecto de los desechos orgánicos en las comunidades rocosas submareales someras fue evaluado en el emisario de la ciudad de Coquimbo (ca 29°57' S) entre diciembre 1996 y enero 1997. Las estaciones de muestreo fueron ubicadas en un gradiente de distancia desde el emisario hacia el norte (0, 100, 200 300 500 y 1.000 m) y hacia el sur (300, 500, 5.000 y 7.000 m). En cada sitio se recolectaron 5 discos de *Lessonia trabeculata*, mayores a 20 cm de diámetro basal. El caudal promedio de aguas servidas es de 82 L seg-1, con una concentración máxima en las cercanías del ducto de evacuación que cae directamente al intermareal. El desplazamiento de la pluma está gobernada por los vientos predominantes del suroeste, empujando las descargas hacia el lado norte del emisario.

El Niño 1997-98

Un programa de seguimiento (1996-2000) ha permitido monitorear los efectos de El Niño 1996-97 en la biodiversidad asociada a *Lessonia trabeculata* en Caleta Constitución (23° 24' S). La morfología de la costa y las condiciones oceanográficas de esta localidad han sido previamente documentadas por Vásquez et al. (1998) y Vega et al. (in press). Con propósitos comparativos, la serie de tiempo ha sido dividida en tres periodos: un periodo Pre-El Niño (invierno 1996-verano

1997), El Niño (otoño 1997-otoño 1998, con máximos de anomalía positivas durante la primavera 1997), Post-El Niño (invierno 1998-verano 1999). Este último periodo, ha sido tipificado como un moderado evento de anomalía negativa o La Niña (McPhaden 1999). El número de discos de *Lessonia trabeculata* analizados, y la periodicidad de recolección se indican en la TABLA 1.

Perturbaciones a escala geográfica (19°-32° S)

Entre 1996 y 2000 plantas de *Lessonia trabeculata* fueron recolectadas en un gradiente geográfico, abarcando más de 1.800 Km lineales de costa rocosa en el norte de Chile. Este gradiente latitudinal incluyó áreas con perturbaciones antrópicas (minería y desechos orgánicos), y áreas pristinas con y sin influencia permanente de afloramientos costeros, (“upwelling”), los que se han considerado como perturbaciones naturales que debieran aumentar la biodiversidad de ambientes marinos costeros. En este contexto, la costa de Chile está expuesta estacionalmente a surgencias de aguas de profundidad (Strub et al., 1996), haciendo de este sector del mundo uno de los que soportan grandes pesquerías pelágicas y bentónicas. En el norte de Chile, sectores como la Península de Antofagasta (ca 23° S), Caldera (ca 27° S) y Punta Lengua de Vaca (ca 30° S) han mostrado la mayor frecuencia de eventos de surgencia, donde el enriquecimiento costero con aguas de profundidad ricas en nutrientes y bajo contenido de oxígeno parecen aumentar la productividad primaria y secundaria de zonas costeras adyacentes (Arntz et al. 1985, Bosman et al. 1987, Vásquez et al. 1998). En consecuencia, ensamblajes de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata* en sectores costeros colindantes a los señalados, debieran presentar una alta riqueza y diversidad específica.

Análisis taxonómico

El análisis de la composición específica de las comunidades de macroinvertebrados asociadas a *Lessonia trabeculata* ha sido documentada por Villouta y Santelices (1984), Vásquez (1989), Vásquez et al. (1999, 2000) y recientemente incorporada por Lancellotti y Vásquez (1999, 2000) en un análisis biogeográfico. Vásquez et al. (2001) documenta que la riqueza de especies de los ensamblajes de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata* es de 126 Taxa incluyendo 12 Phyla, siendo Annelida (28 spp), Mollusca (45 spp), Arthropoda (34 spp) y Echinodermata (6 spp) los más diversos (TABLA 2). Los organismos fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible de acuerdo con las siguientes fuentes: **Demospongiae**: Desqueyroux y Moyano (1987), Desqueyroux-Faúndez y van Soest (1996); **Anthozoa**: Carlgren (1959), Carter (1965), Sebens y Paine (1978); **Polychaeta**, Rozbaczylo (1985), Knight-Jones and Knight-Jones (1991), Rozbaczylo y Cañete (1993), Rozbaczylo y Salgado (1993), Carrasco (1997); **Mollusca**: Leloup (1956), Ramorino (1968), Osorio y Bahamonde (1970), Marincovich (1973), Gallardo (1977,

1979), Osorio (1981), Ramírez (1981, 1987, 1990), McLean y Andrade (1982), McLean (1984), Reid (1989), Ponder y Worsfold (1994), Brown y Olivares (1996), Schrödl, (1996, 1997), Coan (1997); **Crustacea**: Schmitt (1940), Dahl (1954), Garth (1957), Nilsson-Cantell (1957), Menzies (1962), Forest y De Saint Laurent (1967), Haig (1974), Zúñiga, et al. (1978), Retamal (1981, 1994a, b), Foster y Newman (1987), Lemaitre (1989), Manning (1993), Carvacho (1994), González (1991), Weber (1991), Retamal et al. (1996) y Wehrtmann y Carvacho (1997); **Echinodermata**, Mortensen (1952), Madsen (1956), Pawson (1969), Castillo (1968), Larraín (1975, 1985), Jaramillo (1981); **Ascidacea**: van Name (1954), Millar (1966), Paine y Suchanek (1983).

Análisis de la estructura de las comunidades asociadas a *Lessonia trabeculata*

Parámetros ecológicos univariados fueron calculados según Brower & Zar (1977), incluyendo riqueza de especies, diversidad específica (H' Shannon-Wiener Index) y Uniformidad (J' Simpson). Diferencias entre parámetros comunitarios univariados fueron analizados mediante análisis de varianza de una vía, y a posteriori con el test de Tukey (Sokal & Rohlf 1969). Los intervalos de confianza para los índices de diversidad fueron estimados mediante Jackknife (Jacsik & Medel 1987).

Para identificar los cambios en gradientes espaciales y temporales de los ensambles de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata*, se utilizó nMDS, previa transformación de los datos a la raíz cuarta, reduciendo la dominancia numérica de las especies más abundantes y evitando el sesgo en el grupo de datos (Field et al. 1982). Los análisis de similitud entre cada par de muestras se calculó usando el índice de Bray-Curtis y la agrupación de la media ponderada (UPGMA) como estrategia de agrupamiento. Así, la matriz de similitud genera una matriz triangular que compara las “n” muestras con cada una de ellas. Cada una de las matrices se representa gráficamente como un conglomerado y de ordenación bi-plot (MDS) (Field et al. 1982).

Tabla 2. Lista de especies encontradas en 968 discos de *Lessonia trabeculata*

PORIFERA	<i>Allopetrolisthes spinifrons</i> (Milne Edwards, 1835)
Porifera sp	<i>Allopetrolisthes angulosus</i> (Guérin, 1835)
CNIDARIA	<i>Liopetrolisthes mitra</i> (Dana, 1852)
<i>Antholoba achates</i> Countony, 1846	<i>Megalobrachium peruvianum</i> Haig, 1960
<i>Anthothoe chilensis</i> (Lesson, 1830)	<i>Pachycheles grossimanus</i> (Guérin, 1835)
<i>Phymactis clematis</i> (Drayton, 1846)	<i>Pachycheles chilensis</i> Carvacho, 1968
<i>Actinia</i> sp.	<i>Petrolisthes violaceus</i> (Guérin, 1831)
PLATYHELMINTHES	<i>Petrolisthes tuberculatus</i> (Milne Edwards, 1835)
Tricladida	<i>Petrolisthes tuberculatus</i> (Guérin, 1835)
NEMATODA	<i>Petrolisthes desmaresti</i> (Guérin, 1835)
Nematoda	<i>Pagurus forceps</i> (Milne Edwards, 1836)
NEMERTEA	<i>Pagurus comptus</i> White, 1847
Nemertea	MOLLUSCA
ANNELIDA	Bivalvia
<i>Halosydna parva</i> Kinberg, 1955	<i>Linucula pisum</i> (Sowerby, 1833)
Polynoidea sp.1	<i>Aulacomya ater</i> (Molina, 1782)
Polynoidea sp. 2	<i>Brachiodontes granulata</i> (Hanley, 1843)
<i>Eulalia</i> sp.	<i>Semimylus algosus</i> (Gould, 1850)
Phyllodoceidae	<i>Carditella tegulata</i> (Reeve, 1843)
Syllidae	<i>Kellia tumbesiana</i> (Stempell, 1899)
<i>Nereis grubei</i> (Grube, 1857)	<i>Chama pelucida</i> Broderip, 1835
<i>Perinereis falklandica</i> (Ramsay, 1914)	<i>Protothaca thaca</i> (Molina, 1782)
<i>Platynereis australis</i> (Schmarda, 1861)	Veneridae
Glyceridae	<i>Petricola rugosa</i> (Sowerby, 1834)
<i>Marphysa</i> sp.	<i>Entodesma cuneata</i> (Gray, 1828)
Eunicidae	Gastropoda
<i>Lumbrineris</i> sp.	<i>Scurria scurra</i> (Lesson, 1830)
<i>Arabella</i> sp.	<i>Collisella</i> spp.
Arabellidae	<i>Fissurella crassa</i> Lamarck, 1822
Orbiniidae	<i>Fissurella peruviana</i> Lamarck, 1822
<i>Boccardia chilensis</i> Blake & Woodwick, 1971	<i>Fissurella costata</i> Lesson, 1830
<i>Polydora</i> sp.	<i>Fissurella latimarginata</i> Sowerby, 1835
<i>Scolecopsis</i> sp.	<i>Fissurella limbata</i> Sowerby, 1835
Spionidae	<i>Fissurella maxima</i> Sowerby, 1835
Spirorbidae	<i>Fissurella</i> sp.
<i>Chaetopterus</i> sp.	<i>Tegula quadricostata</i> (Wood, 1828)
<i>Dodecaceria</i> sp.	<i>Tegula atra</i> (Lesson, 1830)
Cirratulidae	<i>Tegula tridentata</i> (Potiez & Michaud, 1838)
<i>Branchiomaldane</i> sp.	<i>Tegula luctuosa</i> (Orbigny, 1841)
Maldanidae	<i>Prisogaster niger</i> (Wood, 1828)
Sabellariidae	<i>Liotia cancellata</i> (Gray, 1828)
<i>Phragmatopoma moerchi</i> Kinberg, 1867	<i>Tricolia umbilicata</i> (Orbigny, 1840)
<i>Pista</i> sp.	<i>Tricolia macleani</i> Marinovich, 1973
<i>Polycirrus</i> sp.	<i>Eatonella latina</i> Marinovich, 1973
<i>Thelepus</i> sp.	<i>Rissoina inca</i> (Orbigny, 1840)
Terebellidae	<i>Turritella cingulata</i> Sowerby, 1825
Sabellidae	<i>Triphora</i> sp.
Serpullidae	<i>Cerithiopsis</i> sp.
Polyplacophora	<i>Crepidula</i> sp.
<i>Chiton cumingsii</i> Fremblay, 1827	<i>Crepidula coquimbensis</i> Brown & Olivares, 1978
<i>Acanthopleura echinata</i> (Barnes, 1823)	<i>Calyptraea trochiformis</i> (Born, 1778)
<i>Tonicia</i> sp.	<i>Dendropoma</i> sp.
<i>Enoplochiton niger</i> (Barnes, 1824)	<i>Priene scabra</i> (King, 1832)
<i>Chaetopleura peruviana</i> (Lamarck, 1819)	<i>Xanthochorus cassidiformis</i> (Blainville, 1832)
Opisthobranchiata	<i>Crassilabrum crassilabrum</i> (Sowerby, 1832)
Opisthobranchia	<i>Thais haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Antisodorus ruberghi</i> Marcus & Marcus, 1967	<i>Concholepas concholepas</i> (Bruguère, 1789)
ARTHROPODA	<i>Mitrella unifasciata</i> (Sowerby, 1832)
Cirripectida	<i>Aeneator fontainei</i> (Orbigny, 1842)
<i>Austromegabalanus psittacus</i> (Molina, 1782)	<i>Nassarius gayi</i> (Kiener, 1835)
<i>Balanus laevis</i> Darwin, 1854	<i>Agathotoma ordinaria</i> (Smith, 1882)
<i>Jehlius cirratus</i> (Darwin, 1854)	<i>Siphonaria lessoni</i> (Blainville, 1824)
<i>Verruca laevigata</i> (Sowerby, 1827)	Ostracoda
Decapoda	Miodocopa
<i>Latreutes antiboreal</i> Holthius, 1952	Peracarida
<i>Hippolyte williamsi</i> Schmitt, 1924	<i>Amphoroidea typa</i> Milne Edwards, 1840
<i>Nauticaris magellanica</i> (H. Milne Edwards, 1888)	Isopoda
<i>Eualus dozei</i> (Milne Edwards, 1891)	Anphipoda
<i>Synalpheus spinifrons</i> (Milne Edwards, 1837)	Tanaidacea
<i>Betaeus emarginatus</i> (H. Milne Edwards, 1837)	BRIOZOA
Alpheidae	Briozoa
<i>Alpheus inca</i> Wicksten & Mendez, 1981	ECHINODERMATA
<i>Alpheus chilensis</i> Coutiere, 1902	Echinoidea
<i>Rhynchocinetes typus</i> (Milne Edwards, 1837)	<i>Loxechinus albus</i> Molina, 1782
<i>Allopetrolisthes punctatus</i> (Guérin, 1835)	<i>Tetrapygyus niger</i> Molina, 1782
<i>Pagurus villosus</i> Nicolet, 1849	Asteroida
<i>Pagurus edwardsii</i> (Dana, 1852)	<i>Patiria chilensis</i> (Lütken, 1859)
<i>Halicarcinus planatus</i> (Fabricius, 1775)	<i>Stichaster striatus</i> Müller & troschel, 1840
<i>Taliepus dentatus</i> (Milne Edwards, 1834)	<i>Meyenaster gelatinosus</i> (Meyen, 1834)
<i>Taliepus marginatus</i> (Bell, 1835)	Ophiuroidea
<i>Pisoides edwardsi</i> (Bell, 1835)	Ophiurida
<i>Homalaspis plana</i> (H. Milne Edwards, 1834)	Holothuroidea
<i>Paraxanthus barbiger</i> (Poepping, 1836)	<i>Athyonidium chilensis</i> (Semper, 1868)
<i>Pilumnoides perlatus</i> (Poepping, 1836)	UROCHORDATA
<i>Gaudichaudia gaudichaudii</i> (Milne Edwards, 1834)	<i>Pyura chilensis</i> Molina, 1782
<i>Acanthocyclus gayi</i> Milne Edwards & Lucas, 1844	<i>Ciona intestinalis</i> Linnaeus, 1767
<i>Acanthocyclus halserii</i> Rathbun, 1898	
<i>Pinnixa bahamondei</i> Garth, 1957	
<i>Pinnotheres politus</i> Smith, 1870	

Riqueza de especies = 153

RESULTADOS

Perturbaciones a escala local

Discos de *Lessonia trabeculata* recolectados en sitios control y bajo la influencia de perturbaciones locales frecuentes en el norte de Chile, fueron usados para identificar cambios en la diversidad y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados submareales costeras.

Contaminación de la minería de Cu y Fe

En un gradiente de distancia, las comunidades de macroinvertebrados de áreas cercanas a relaves mineros de Cu y Fe, muestran una reducción significativa ($p < 0.05$) de la riqueza específica (FIG. 1). Los efectos de los relaves de Cu disminuyen significativamente la riqueza y la diversidad de macroinvertebrados entre los 0 y los 5 km desde el foco de contaminación (FIG. 1A-B). Por el contrario en localidades contaminadas por relaves sólidos y líquidos de la minería de Fe, la riqueza de especies, sólo difiere significativamente entre las áreas de control y 0 y 1 Km de distancia desde el emisario del relave (FIG. 1C-D). En ambas situaciones la variación de los índices de diversidad (H') y de Uniformidad (J') siguen patrones similares a los mostrados por los valores de la riqueza de especies, sugiriendo cambios en la composición de especies y en la distribución de la abundancia relativa de las poblaciones en el interior de los discos de fijación (FIG. 1).

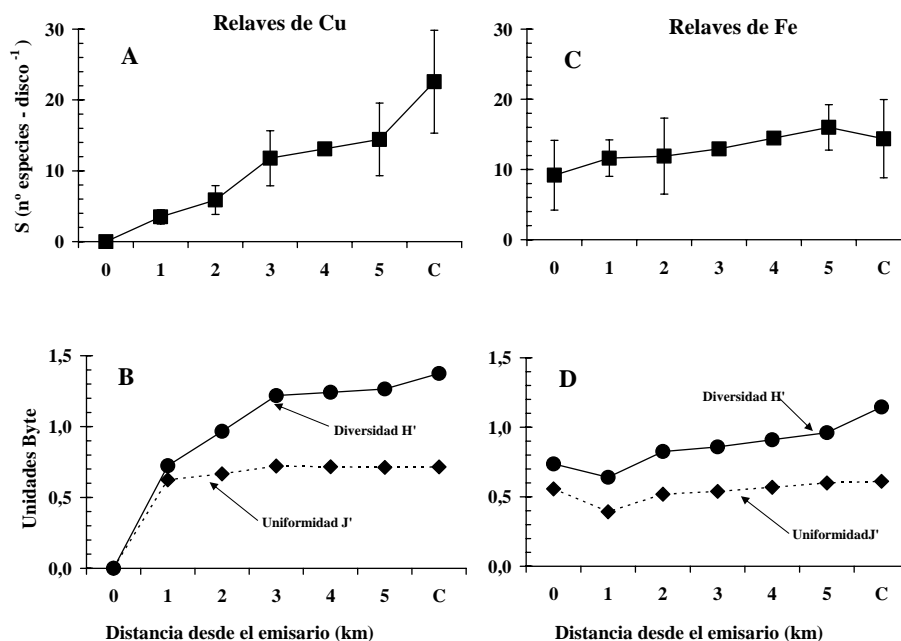


Fig. 1. Riqueza, diversidad y uniformidad de especies (H') en discos de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde emisarios de relaves de Cu (A-B) y Fe (C-D).

Un análisis de conglomerado y de nMDS en sitios contaminados con relaves de Cu, muestran una asociación evidente entre las comunidades intradisco entre 1 y 5 Km sugiriendo una alta similitud entre las comunidades asociadas a *Lessonia* (FIG. 2A) Estos análisis sugieren, además, un gradiente de dilución del evento de perturbación en función de la distancia desde el foco de contaminación, donde la situación de control aparece asociada a altos valores de disimilitud (FIG. 2B). Las localidades afectadas por los relaves de Fe muestran una asociación clara en función de la diversidad y abundancia relativa de los ensambles de macroinvertebrados intradisco. No obstante lo anterior, la localidad de control aparece ligada a diferentes niveles de disimilitud (FIG. 2C). Esto se refleja en el nMDS, el análisis sugiere una rápida dilución del efecto de los relaves en función del aumento de la distancia desde el foco de contaminación (FIG. 2D).

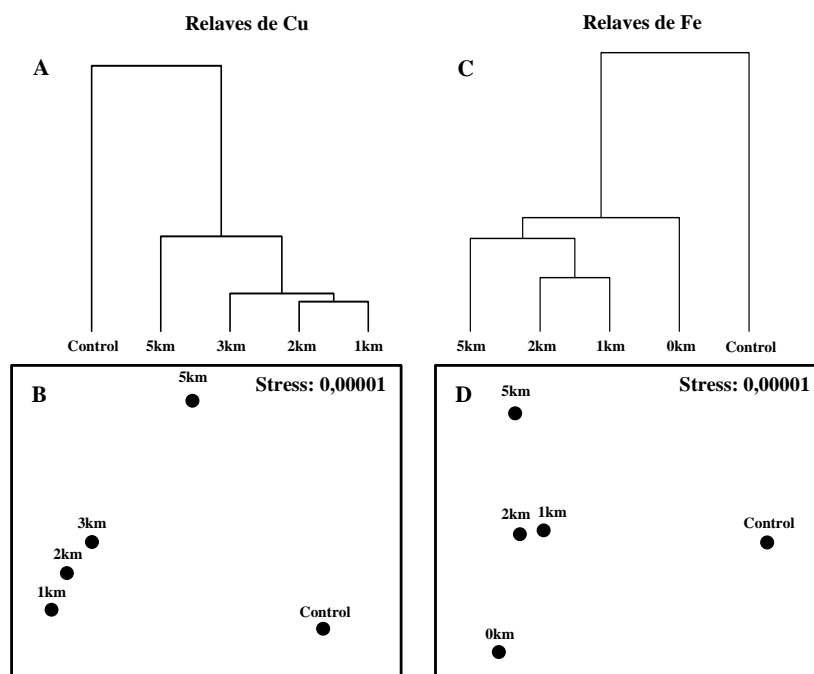


Fig. 2. Análisis de conglomerado y de nMDS de las comunidades intradisco de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde el emisario de evacuación de relaves de Cu y Fe.

Desechos orgánicos de poblaciones ribereñas

Los cambios en diversidad y riqueza de especies, producidos por los vertidos orgánicos de aguas servidas en el área de Coquimbo, son comparativamente más localizados (en distancia desde el emisario) que los cambios descritos para los vertidos mineros. Estos cambios se restringen entre 100-300 m desde el foco de contaminación (FIG. 3), aumentando significativamente ($p < 0.05$) la riqueza de especies en las comunidades de macroinvertebrados intradisco (FIG. 3AB). Así, los índices de diversidad (H') y de Uniformidad (J') de las comunidades intradiscos de *Lessonia*

trabeculata sugieren no sólo un aumento de especies en las cercanías del emisario, sino también un cambio significativo en la distribución de la abundancia relativa y en la composición de especies presentes (FIG. 3B). La diversidad, la abundancia relativa y la composición de especies se normaliza a los 300 m desde el foco de contaminación (Norte y Sur), coincidiendo con la distancia promedio del avance de la pluma de dispersión que por efecto de las corrientes y vientos predominante se desplaza principalmente hacia el norte del emisario de evacuación de aguas servidas.

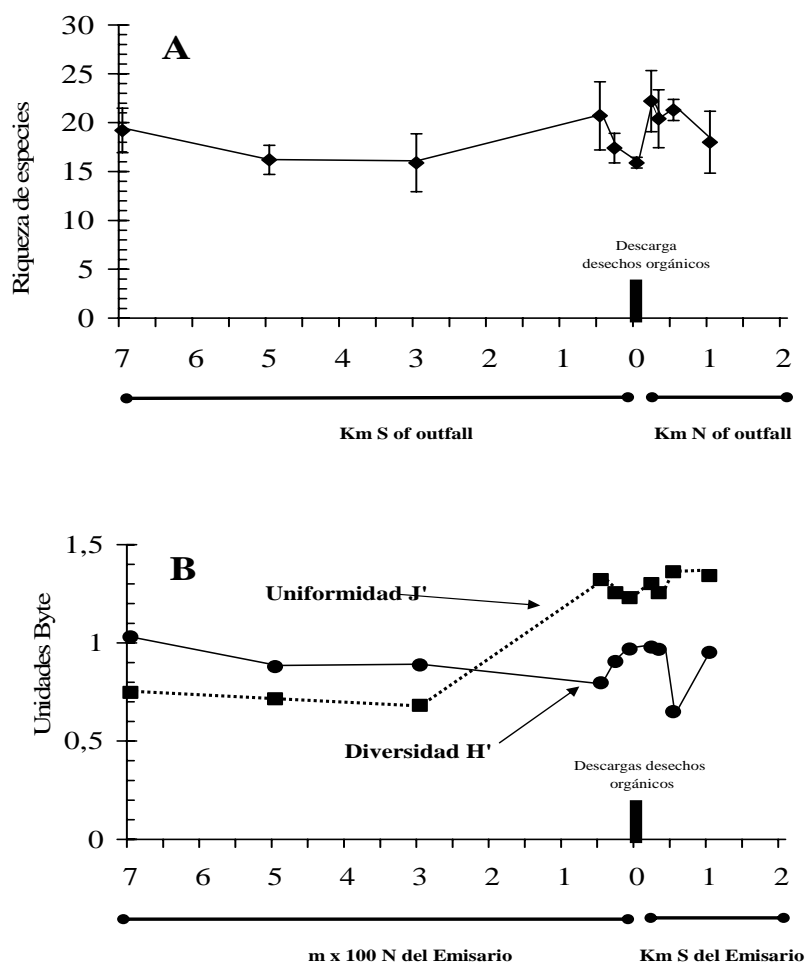


Fig. 3. Riqueza, diversidad y uniformidad de especies (H') en discos de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde emisarios de desechos orgánicos en Coquimbo ($29^{\circ}57' S$).

Un análisis de nMDS muestra la concentración del efecto de los desechos orgánicos en las inmediaciones del emisario de evacuación. El valor de stress sugiere una dilución significativa hacia el norte y sur, donde los ensambles de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata* se

normalizan en su composición y estructura a partir de los 0,5 Km de distancia del foco de contaminación orgánica (FIG. 4).

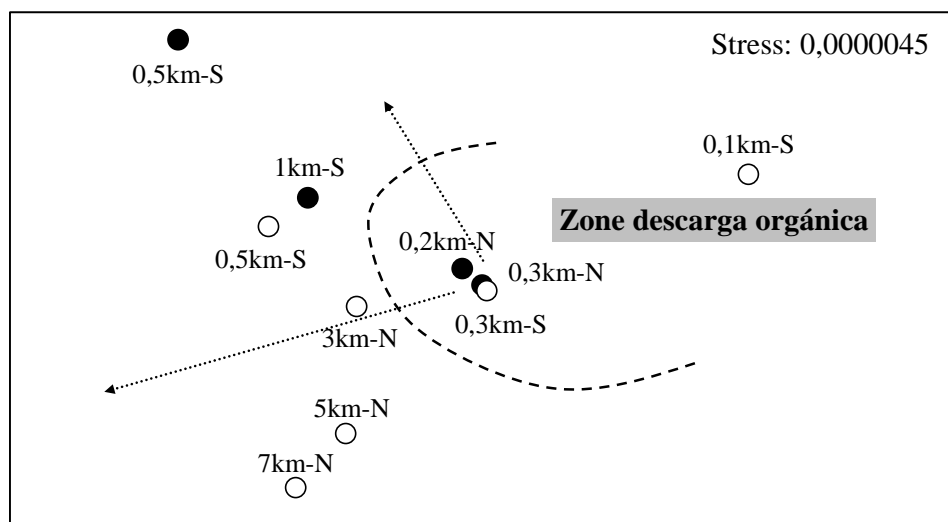


Fig. 4. Análisis nMDS de la direccionalidad de los efectos de las descargas orgánicas en las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de fijación de *Lessonia trabeculata*.

El Niño 1997-98

Un análisis de la composición específica de las comunidades de macroinvertebrados asociados a los discos de *Lessonia trabeculata* entre 1996 y 2000, incluyendo períodos pre-ENOS, ENOS y post-ENOS, permitió identificar y tipificar el efecto de este evento oceanográfico sobre las comunidades bentónicas submareales costeras. Así, la disminución significativa ($p < 0.05$) de la riqueza de especies entre junio y septiembre de 1997 (FIG. 5A) está asociado a la máxima expresión de El Niño 97-98 en relación a las mayores anomalía térmica observadas durante este evento oceanográfico de gran escala. Los cambios en la composición específica de las comunidades de macroinvertebrados en discos de *Lessonia* no se reflejan en los índices de diversidad (H') y uniformidad específica (J'), por el contrario se observa un leve incremento de la diversidad durante los meses de mayor impacto de El Niño 97-98, sin cambios en la uniformidad específica (FIG 5B). Esto sugiere que, además de los cambios en la composición de especies, se producen cambios en la abundancia relativa de algunas poblaciones en el interior de los discos de *Lessonia*.

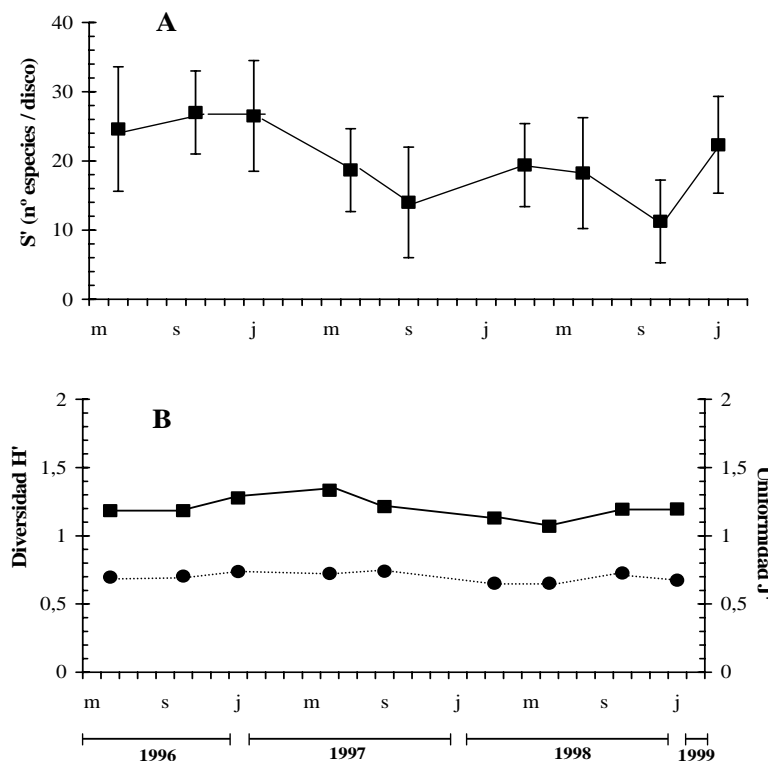


Fig. 5. Variación temporal de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociadas a los discos de fijación de *Lessonia trabeculata* durante El Niño 1997-98.

La similitud en la estructura de comunidades de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata* durante ENOS 97-98 muestra tres niveles de asociación: comunidades pre-ENOS, comunidades de disco con una composición específica asociada a ENOS, y comunidades post-ENOS (FIG. 6A). Las comunidades pre-ENOS presentan entre si una similitud en composición de especies que superan el 65%. Durante la máxima intensidad de El Niño 97-98, la composición específica se modifica significativamente en relación a la estructura comunitaria pre-ENOS (< al 60% de similitud). Las comunidades post-ENOS presentan nuevamente similitudes mayores al 65% entre si, sin embargo son significativamente distintas a las comunidades estructuradas en períodos pre-ENOS y durante ENOS. Esto sugiere que el Niño 97-98 no sólo produjo una significativa reducción en la riqueza específica, sino que además, un importante reemplazo de especies. En este contexto, la similitud en la composición específica de las comunidades, antes y luego del período de máxima intensidad de ENOS, presentan sólo un 48% de similitud indicando que se modificó en más de un 50% la estructura de estas comunidades discretas y biológicamente delimitadas. El reemplazo temporal y la secuencia de variabilidad en función de la estructura de los ensambles de macroinvertebrados asociados a *Lessonia trabeculata* se muestra gráficamente a través de un análisis nMDS, el que evidencia los tres periodos ENOS antes descritos (FIG. 6B).

Puerto de Caldera, contaminación por aguas servidas y actividad portuaria (**f**) Carrizal Bajo, area de surgencia estacional (**g**) Puerto de Huasco procesamiento y embarque de hierro, (**h**) Punta Los Choros, área de surgencia permanente, (**i**) La Herradura, vertidos de aguas servidas, embarque de mineral de Hierro, concentración estacional de actividad turística recreacional, vertidos pesqueros industriales, y (**j**) Punta Lengua de Vaca, área de surgencia permanente (FIG. 7 A). La diversidad y uniformidad específica muestran patrones de variabilidad semejantes a los de riqueza específica, sugiriendo que en un gradiente geográfico los cambios en composición de especies son concordantes con los cambios en la distribución de sus abundancias relativas (FIG. 7B).

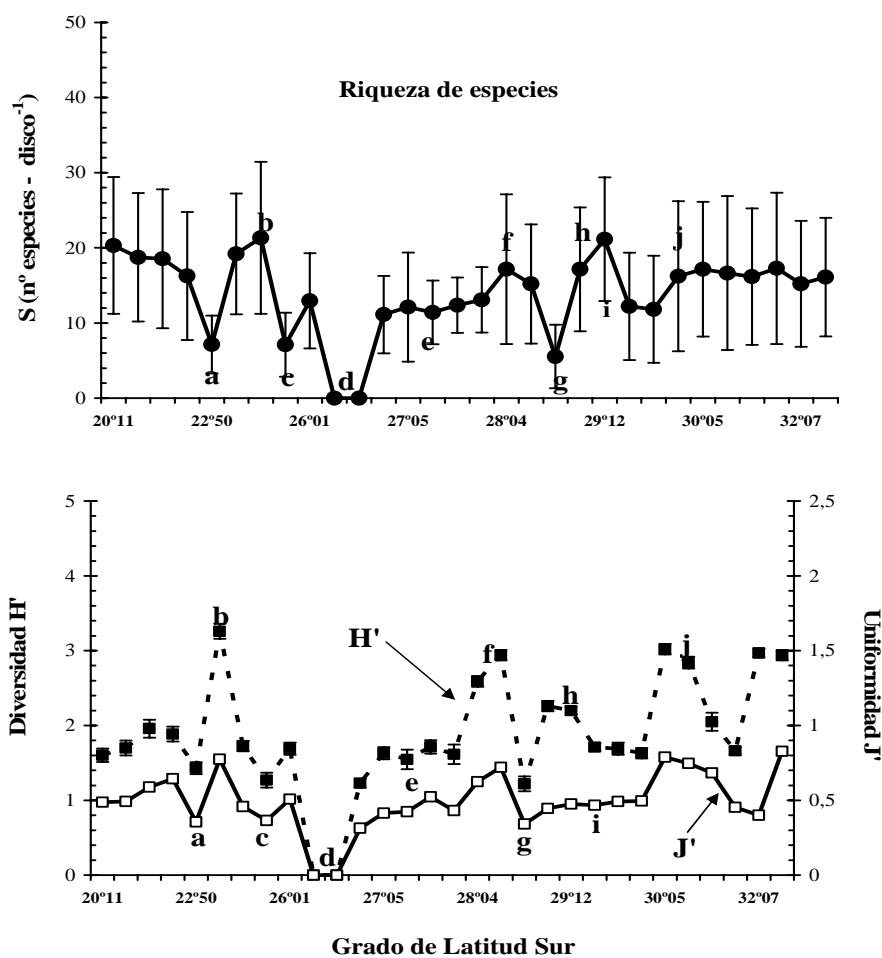


Fig. 7. Evaluación latitudinal de perturbaciones frecuentes en el norte de Chile, utilizando la estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados a los discos de *Lessonia trabeculata*.

DISCUSION

En muchos lugares del mundo, el borde costero es afectado por perturbaciones locales y de gran escala. Estos pueden tener origen antrópico (contaminación) o natural (eventos oceanográficos: locales eg, surgencias, o de gran escala eg. El Niño). Independiente del origen, estas perturbaciones afectan la estructura y la organización de las comunidades marinas costeras, modificando significativamente la biodiversidad de los ambientes litorales. En este contexto, la composición de especies de un determinado lugar refleja una combinación de eventos históricos y ambientales, en consecuencia, su evaluación provee una medida sensitiva de eventos ecológicos relevantes (Philippi et al. 1998).

El seguimiento de la composición de especies en tiempo y espacio deriva de al menos tres aproximaciones ecológicas: (1) la composición de especies provee una fuerte señal del factor ambiental de interés, (2) tiene un significado ecológico directo, y (3) es una de las pocas variables ecológicas fácilmente medible. Consecuentemente, puesto que los factores ambientales (perturbaciones naturales o antrópicas) afectan a las especies, su composición puede proveer información sobre los factores ambientales (Austin & Austin 1980, ter Braak & Prentice 1988). En el litoral de Chile continental, cinco especies de feofitas forman huirales (*sensu* Vásquez 1990) entre los 18° y los 56° S. *Lessonia nigrescens* Bory y *Durvillea antarctica* (Chamisso) Hariot forman huirales intermareales donde son los organismos de mayor cobertura y biomasa a lo largo de la costa de Chile. *Macrocystis integrifolia* Bory se distribuye entre los 0 y los 15 m de profundidad, generando densas poblaciones intermareales-submareales someras entre los 18° y los 33° S. *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices se distribuye entre los 18° y los 42° S, y *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) Agarth entre los 35 ° y los 56° S, ambas especies forman huirales submareales entre los 0 y los 30 m de profundidad (Hoffmann & Santelices, 1997). Estas dos últimas especies de macroalgas han sido descritas como las de mayor importancia en cobertura y biomasa en ambientes submareales del Pacífico Suroriental (Santelices 1989, Vásquez 1991,1992). Los discos de fijación de estas algas pardas contienen comunidades de macroinvertebrados biológicamente delimitadas (comunidades discretas), y altamente diversas. Estas comunidades, pueden ser muestreadas con facilidad, y en función de su tamaño pueden ser de fácil replicabilidad. Estos atributos permiten la identificación de cambios en la estructura y la organización de estas comunidades en el tiempo y en el espacio, en relación a las perturbaciones a que están sometidas. Evidencia empírica muestra que la comunidad de macroinvertebrados en el interior de los discos de especies chilenas de laminariales

no difieren significativamente de las comunidades de su entorno, con niveles de similitud que superan el 70% (Vásquez & Santelices 1984, Vásquez et al. 2001).

Las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de *Lessonia trabeculata*, presentan cambios en su composición, diversidad y uniformidad específica en función de diferentes perturbaciones naturales (surgencia, ENOS) o antrópicas (contaminación minera). En consecuencia, el seguimiento de la estructura de estas comunidades biológicamente limitadas son excelentes indicadores y cuantificadores de estos eventos de perturbación. De igual manera, parámetros ecológicos simples como riqueza y diversidad específica pueden predecir futuros cambios de propiedades del ecosistema (eg. en densidad y biomasa), o constituir una alerta temprana de eventos oceanográficos de gran escala. Este trabajo evidencia que las comunidades de macroinvertebrados asociadas los discos de fijación de *Lessonia trabeculata* son sensibles a perturbaciones locales antrópicas (eg. contaminación), naturales (eg. surgencia costera), y geográficas (en gradiente latitudinal, El Niño-La Niña).

Dado que en la mayoría de las costas rocosas del mundo las algas pardas son un componente conspicuo y abundante, sus discos de fijación constituyen unidades discretas, las que pueden ser utilizadas como una herramienta de evaluación y predicción de eventos de perturbación local y de gran escala. De igual manera, los ensambles de unidades discretas, biológicamente delimitados y de fácil replicabilidad puede ser una herramienta valiosa en la conservación, preservación y manejo de ambientes marinos costeros.

En el Pacífico sur oriental, sólo datos anecdóticos han dado cuenta del impacto de El Niño en comunidades submareales rocosas. Este trabajo documenta el efecto de este fenómeno de gran escala, indicando no sólo una disminución en la diversidad específica, sino también un cambio en la composición específica antes, durante y después del evento. Análisis de las comunidades intradisco en un gradiente latitudinal a lo largo de la costa puede constituirse en una herramienta valiosa para la elección de sitios prístinos con alta diversidad específica, al momento de establecer parques y reservas marinas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por proyectos **FONDECYT** 1960202-5960001-1000044-1010706 otorgados a JAV.

LITERATURA CITADA

Andrews, H. L. (1945). The kelp beds of the Monterey region. *Ecology* 26: 24-37.

Arntz W.E., Flores L.A., Maldonado M., Carvajal G. (1985). Cambios de los factores ambientales, macrobentos y bacterias filamentosas en la zona de mínimo de oxígeno frente al Perú durante “El Niño” 1982-1983. In: Arntz W.E., Landa A., Tarazona J. (Eds.) “EL NIÑO” y su impacto en la fauna marina: 65-77. Boletín Instituto del Mar del Perú.

Austin, M.P. y Austin, B. O. (1980). Behaviour of experimental plant communities along nutrient gradient. *Journal of Ecology* 68: 891-918.

Bosman A.L., P.A.R. Hockey & Siegfried W.R. (1987). The influence of coastal upwelling on the functional structure of rocky intertidal communities. *Oecologia* 72: 226-232.

Brown, D.I. & Olivares, C.A. (1996). A new species of *Crepidula* (Mollusca: Mesogastropoda: Calyptraeidae) from Chile: additional characters for the identification of Eastern Pacific Planar *Crepidula* group. *Journal of Natural History* 30: 1443-1458.

Brower, J. y Zar, J. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W. M. C. Brown Co. Publishers. Iowa..

Cancino, J. M. y Santelices, B. (1984). Importancia ecológica de los discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 23-33.

Carlgren, O. (1959). Corallimorpharia and Actiniaria with description of a new genus and species from Perú. *Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49* 38: 1-39.

Carter, D. (1965). Actinias de Montemar, Valparaíso. *Revista de Biología Marina* 12: 129-160.

Carrasco, F.D. (1997). Sublittoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, Antofagasta, northern Chile: high persistence of the Polychaeta assemblage. *Bulletin of Marine Science* 60: 443-459.

Castillo, J.G. (1968). Contribución al conocimiento de los Ofiuroídeos Chilenos. *Gayana* 14: 3-63.

Carvacho, A. (1994). Los isópodos de Chile: "a checklist". Manuscrito. 10 pp.

Coan, E.V. (1997). Recent species of the genus *Petricola* in the eastern pacific (Bivalvia: Veneroidea). *Veliger* 40: 298-340.

Connell, J. H. y Slatyer, R.O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* 111: 1119-1144.

Dahl, E. (1954). Stomatopoda. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. 15. *Lunds Universitets Arsskrift* 17: 1-12.

Dayton, P.K. (1985). The structure and regulation of some South American kelp communities. *Ecological Monograph* 55: 447-468.

Desqueyroux-Faúndez, R. (1994). Biogeography of Chilean marine sponges (Demospongiae). In: van Soest RWM, TMG van Kempen & JC Braekman (eds) *Sponges in time and space. Proceedings of the IV th International Porifera Congress Amsterdam/Netherlands*: 183-189. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield.

Desqueyroux-Faúndez, R. (1995). Porifera. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad biológica de Chile*: 93-99. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Santiago.

Desqueyroux-Faúndez, R. y Van Soest, R.W.M. (1996). A review of Iophonidae, Myxillidae and Tedaniidae occurring in the south east pacific (Porifera: Poecilosclerida). *Revue Suisse de Zoologie* 103: 3-79.

Desqueyroux-Faúndez, R., y Moyano, H.I. (1987). Zoogeografía de demospongias chilenas. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 58: 39- 66.

Field, J.G., Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (1982). A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8: 37-52.

Forest, J. y De Saint Laurent, M. (1967). Crustacés décapodes: Pagurides. Campagne de la Calypso au large des cotes Atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962). Fascicule VIII. Annales de l'Institut Océanographique 45: 47-172.

Foster, B.A. y Newman, W.A. (1987). Chthamalid barnacles of Easter Island; peripheral pacific isolation of Notochthamalinae new Subfamily and Hembeli-Group of Euraphiinae (Cirripedia: Chthamaloidea). Bulletin of Marine Science 41: 322-336.

Gallardo, C. (1977). *Crepidula philippiana* n. sp., nuevo gastrópodo Calyptraeidae de Chile con especial referencia al patrón de desarrollo. Studies on Neotropical Fauna and Environment 12: 177-185.

Garth, J.S. (1957). The Crustacea Decapoda Brachyura of Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift 53, 130 pp.

González, E. (1991). Actual state of gammaridean amphipoda taxonomy and catalogue of species from Chile. Hydrobiologia 223: 47-68.

HAIG J (1974) Two new species of *Pagurus* from deep water off Perú and Chile (Decapoda, Anomura, Paguridae). Crustaceana 27: 27-30.

Hoffmann, A. y Santelices B. (1997). Flora Marina de Chile Central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago-Chile.

Jaksic, F. y Medel R. (1987). El acuchillamiento de datos como método de obtención de intervalos de confianza y de prueba de hipótesis para índices ecológicos. Medio Ambiente 8: 95-103.

Jaramillo, E. (1981). Ofiuroídeos de Chiloé y los Chonos. Studies on Neotropical Fauna and Environment 16: 113-136.

Jones, D. J. (1971). Ecological studies on macro-invertebrate population associated with polluted kelp forest in the North Sea. Helgoland Wiss Meeresunters 22: 417-441.

Jones, D.J. (1972). Changes in the ecological balance of invertebrate communities in kelp holdfast habitat of some polluted North Sea waters. *Helgoland Wiss. Meeresunters* 23: 248-266.

Knight-Jones, P.E. y Knigh-Jones, W. (1991). Ecology and distribution of Serpuloidea (Polychaeta) round South America. *Ophelia Supplement* 5: 579-586.

Lancellotti, D.A. y Vásquez, J.A. (1999). Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the southern Pacific litoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006.

Lancellotti, D.A. y Vásquez, J.A. (2000). Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 99-129.

Larraín, A.P. (1975). Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. *Gayana Zoología* 35: 1-189.

Larraín, A.P. (1985). A new species of subantarctic echinoid (Echinoidea: Schizasteridae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, Chile* 6: 115-119.

Leloup, E. (1956). Polyplacophora. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. *Lunds Universitets Arsskrift* 15, 94 pp.

Lemaitre, R. (1989). Revision of the genus *Parapagurus* (Anomura: Paguroidea: Parapaguridae), including redescriptions of the western Atlantic species. *Zoologische Verhandlungen* 253: 3-106.

Madsen, F.J. (1956). Asteroidea, with a survey of the Asteroidea of the Chilean shelf. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. *Lunds Universitets Arsskrift* 52: 1-53.

Manning, R.B. (1993) Three genera removed from the synonymy of *Pinnotheres* Bosc, 1802 (Brachyura: Pinnotheridae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 116: 523-531.

Marincovch, L. (1973). Intertidal mollusk of Iquique, Chile. *Natural History Museum Los Angeles County Science Bulletin* 16: 1-49.

McLean, J.H. (1984). Systematics of *Fissurella* in the peruvian and magellanic faunal provinces (Gastropoda: Prosobranchia). *Natural History Museum Los Angeles County Science* 345: 1-70.

McLean, J.H. y Andrade, H. (1982). Large archibenthal gastropods of central Chile: collections from an expedition of the R/V Anton Bruun and the Chilean Shrimp Fishry. Natural History Museum of Los Angeles County. Contributions in Science 342: 1-20.

McPhaden, M.J. (1999). Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. Science 283: 950-954.

Menzies, R.J. (1962). The zoogeography, ecology, and systematics of the Chilean marine isopods. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift 11. 162 pp.

Millar, R.H. (1966). Evolution in Ascidians. In: H. Barnes (ed) Some contemporary studies in marine science: 519-534.

Moore, P.J. (1971). The nematode fauna associated with holdfast of kelp (*Laminaria hyperborea*) in North East Britain. Journal of Marine Biology Association U.K. 51: 589-604.

Moore, P.J. (1973). The kelp fauna of Northeast Britain II. Multivariate classification: turbidity as an ecological factor. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 13: 127-163.

Moore, P.J. (1974). The kelp fauna of Northeast Britain. III. Qualitative and quantitative ordinations, and the utility of a multivariate approach. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 16: 257-300.

Mortensen, T.H. (1952). Echinoidea and Ophiuroidea. Reports of the Lund University Chile. Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift 9. 25 pp.

Nilsson-Cantell, C.A. (1957). Thoracic cirripeds from Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift 9. 25 pp.

Osorio, C. (1981) Caudofoveata y Solenogastra de Chile. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 52, 115-128.

Osorio, C. y Bahamonde, N. (1970). Lista preliminar de lamelibranquios de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natatural Chile 31: 185-256.

Paine, R.T. y Suchanek, T.H. (1983). Convergence of ecological processes between independently evolved competitive dominants: a tunicate-mussel comparison. *Evolution* 37: 821-831.

Pawson, D. (1969). Holoturoidea from Chile. *Sarsia* 38: 121-146.

Philippi, T.E., Dixon P.M. y Taylor B.E. (1998). Detecting trends in species composition. *Ecological Applications* 8: 300-308.

Ponder, W.F. y Worsfold, M. (1994). A review of the rissoiform gastropods of southwestern South America (Mollusca, Gastropoda) Natural History Museum of Los Angeles County. *Contributions in Science* 445: 1-190.

Ramírez, J. (1981). Catálogo: Moluscos de Chile. Primer vol: Archaeogastropoda. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago. 178 pp.

Ramírez, J. (1987). Catálogo: Moluscos de Chile. Segundo vol: Mesogastropoda. Santiago. 194 pp.

Ramírez, J. (1990). Catálogo: Moluscos de Chile. Tercer vol: Neogastropoda. Santiago. 168 pp.

Ramorino, L. (1968). Pelecypoda del fondo de la Bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina* 13:1-285.

Reid, D.G. (1989). The comparative morphology, phylogeny and evolution of the gastropod family Littorinidae. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London B* 324: 1-110.

Retamal, M.A. (1981). Catalogo ilustrado de los Crustáceos Decápodos de Chile. *Gayana Zoología*, 44: 7-110.

Retamal, M.A. (1994a). Los Decápodos de Chile. 2nd edn. P.135. Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía.

Retamal, M.A. (1994b). Los Lithodidae Chilenos. *Anales del Instituto de la Patagonia Serie Científica, Punta Arenas (Chile)* 21: 111-129.

Retamal, M.A., Soto, R. y Navarro, M.E. (1996). Ogyrididae: Una nueva familia en aguas Chilenas. *Gayana Zoología* 60: 85-87.

Rozbaczylo, N. (1985). Los anélidos poliquetos de Chile: Índice sinonímico y distribución geográfica de especies. *Monografías Biológicas* 3: 1-284.

Rozbaczylo, N. y Cañete, J.I. (1993). A new species of scale-worm, *Harmothoe commensalis* (Polychaeta: Polynoidae) from mantle cavities of two Chilean clams. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 106: 666-672.

Rozbaczylo, N. y Salgado, P. (1993). Poliquetos Spionidae de fondos blandos submareales de la Bahía de Valparaíso, Chile (Annelida: Polychaeta). *Estudios Oceanológicos* 12: 17-28.

Sebens, K.P. & Paine, R.T. (1978). Biogeography of anthozoans along the west coast of South America: habitat, disturbance, and prey availability. *Proceedings of the Internatinal Symposium on Marine Biogeography and Ecology in the Southern Hemisphere* 1, 219-238.

Santelices, B. (1989). *Algas Marinas de Chile. Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad.* Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago-Chile.

Schmitt, W.L. (1940). The stomatopods of the west coast of America based on collections made by the Allan Hancock Pacific Expeditions 5: 129-225.

Schrödl, M. (1996). Nudibranchia y Sacoglossa de Chile: morfología externa y distribución. *Gayana Zoología* 60: 17-62.

Schrödl, M. (1997) Range extensions of Magellanic Nudibranchs (Opisthobranchia) into the Peruvian faunal province. *The Veliger* 40(1): 38-42.

Smith, S.D.A. (1994). Impact of domestic effluent versus natural background variability: an example from Jervis Bay, south coast New South Wales. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 45: 1045-1064.

Smith, S.D.A. (1996). The macrofaunal community of *Ecklonia radiata* holdfasts: variation associated with sediment regime, sponge cover and depth. *Australian Journal of Ecology* 21: 144-153.

Smith, S.D.A., y R.D. Simpson. (1992). Monitoring the shallow sublittoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfast. *Marine Pollution Bulletin* 24: 46-52.

Smith, S.D.A. y Simpson R.D. (1993). The effects of pollution on the holdfast macrofauna of the kelp *Ecklonia radiata*: discrimination at different taxonomic levels. *Marine Ecology Progress Series* 96: 199-208.

Smith, S.D.A. y Simpson R.D. (1995). Effects of the 'Nella Dan' oil spill on the fauna of *Durvillaea antarctica* holdfast. *Marine Ecology Progress Series* 121: 73-89.

Smith, S.D.A., Simpson R.D. y Cairns S.C. (1996). The macrofaunal community of *Ecklonia radiata* holdfast: description of the faunal assemblage and variation associated with differences in holdfast volume. *Australian Journal of Ecology* 21: 81-95.

Sokal, R.R. y Rohlf F.J. (1969). *Biometry*. W. H. Freeman and Co. San Francisco.

Strub, P.T., Mesias, J.V., Montecinos, V. Rutland, J. Y Salinas, S. (1998). Coastal ocean circulation off western South America. En K.H. Brink & A.R. Robinson (Eds). *The Global Coastal Ocean*. John Wiley & Son Inc. New York. *The Sea* 11: 273-313.

ter Braak, C.J.F. y Prentice I. (1988). A theory of gradient analysis. *Advances in Ecology Research* 18: 271-315.

Van Name W.G. (1954). *Ascidians (Ascidacea)*. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. *Lunds Universitets Arsskrift* 50. 20 pp.

Vásquez, J.A. (1989). *Estructura y organización de huirales submareales de Lessonia trabeculata*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias. Universidad de Chile.

Vásquez, J.A. (1990) Huirales submareales. *Revista Chilena de Historia Natural*

Vásquez, J.A. (1991). Variables morfométricas y relaciones morfológicas de *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices, 1986, en una población Submareal del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 271-279.

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

Vásquez, J.A. (1993). Effects on the animal community of dislodgement of holdfasts of *Macrocystis pyrifera*. *Pacific Science* 47: 180-184.

Vásquez, J.A. y Santelices B. (1984). Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 131-154.

Vásquez, J.A. Camus P.A. y Ojeda F.P. (1998). Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 479-499.

Vásquez, J.A., Vega J.M.A., Matsuhira B. and Urzúa C. (1999). The ecological effects of mining discharges on subtidal habitats dominated by macroalgae in northern Chile: population and community level studies. *Hidrobiología* 398/399: 217-229.

Vásquez, J.A., Matsuhira, B. Vega J.M.A., Pardo, L.M. y Véliz, D. (2000). The effects of mining

Vásquez, J. A., Véliz D. A., y Pardo L. M. (2001). Biodiversidad bajo las grandes algas. En K. Alveal y T. Antezana editores. *Sustentabilidad de la Biodiversidad. Un problema actual, bases científico-técnicas, teorizaciones y perspectivas*. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción (CHILE).

Vega, J.M.A., Vásquez, J.A. y Buschmann A.H. Population biology of the subtidal kelps *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales, Phaeophyceae) in an upwelling ecosystem of northern Chile: interannual variability and El Niño 1997-98. *Revista Chilena de Historia Natural* (*in press*)

Villouta, E. y Santelices, B. (1984). Estructura de la comunidad Submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 111-122.

Weber, L. (1991). Sinonimia y caracterización de *Liopetrolisthes mitra* (Dana, 1852) y *Liopetrolisthes patagonicus* (Cunningham, 1871) N. Comb. *Gayana Zoología* 55: 13-22.

Wehrtmann, I.S. & Carvacho, A. (1997). New records and distribution ranges of shrimps (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea and Caridea) in Chilean waters. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 110, 49-56.

Zúñiga, O., Baeza, H. y Castro, R. (1978). Nuevos registros de Hippolytidae para Chile. *Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural* 264: 3-7.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION	2
MATERIALES Y METODOS	3
Area de estudio	3
Recolección de discos de <i>Lessonia trabeculata</i>	4
Perturbaciones a escala local	5
Contaminación de la minería de Cu y Fe	5
Desechos orgánicos	5
El Niño 97-98	5
Perturbaciones a escala geográfica	6
Análisis taxonómico	6
Análisis de la estructura de las comunidades	7
RESULTADOS	9
Perturbaciones a escala local	9
Contaminación de la minería de Cu y Fe	9
Desechos orgánicos	10
El Niño 97-98	12
Perturbaciones a escala geográfica	14
DISCUSION	16
AGRADECIMIENTOS	17
LITERATURA CITADA	18