

CAPÍTULO XII

Macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de algas pardas: Biodiversidad de comunidades discretas como indicadora de perturbaciones locales y de gran escala¹

Julio A. Vásquez ²

J. M. Alonso Vega³

Departamento de Biología Marina

Facultad de Ciencias del Mar

Universidad Católica del Norte

1. INTRODUCCIÓN

Los ambientes intermareales y submareales someros de fondos rocosos en mares templados y fríos de ambos hemisferios están dominados por asociaciones de algas pardas de los Ordenes Laminariales, Durvillaeales y Fucales (Dayton, 1985; Vásquez, 1992). Estos ambientes constituyen zonas de alta productividad, albergando una importante diversidad y abundancia de macroinvertebrados y peces. Las algas pardas, y en especial sus discos de adhesión, han sido descritos como áreas de refugio contra la predación, corrientes de fondo y oleaje, y como áreas de desove, asentamiento larval y crianza de juveniles (Andrews, 1945; Cancino y Santelices, 1984; Vásquez y Santelices, 1984; Vásquez, 1993; Smith *et al.*, 1996), generando focos de alta riqueza de especies.

Los discos de adhesión de algas pardas contienen comunidades de macroinvertebrados biológicamente delimitadas. Si estas comunidades son consideradas unidades de muestreo, éstas se constituyen en unidades discretas de fácil replicabilidad. En este contexto, los discos de adhesión de *Lessonia* pueden ser utilizados como unidades de muestreo discretas y

¹ Este trabajo ha sido financiado por proyectos FONDECYT 1960202-5960001-1000044-1010706 otorgados a JAV.

² jvasquez@ucn.cl

³ facultar@ucn.cl

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 de adhesión de *Lessonia* no sigue los patrones sucesionales descritos por Connell y 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 (Vázquez y 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 y Simpson, 1992, 1993; Smith 1994, 1996; Smith *et al.*, 1996). En Australia, las comunidades de macroinvertebrados asociados a *Durvillaea antarctica* han permitido evaluar los efectos de los derrames de hidrocarburos (Smith y Simpson, 1995). En este contexto, si las comunidades de macroinvertebrados asociadas a discos adhesivos 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 discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* como unidades biológicas discretas indicadoras de cambios espaciales y temporales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDIO

Entre 1996 y 2000, en 29 localidades del submareal rocoso del norte de Chile entre los 29° y los 32° S, se recolectaron plantas de *Lessonia trabeculata* Villouta y Santelices para analizar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados a sus discos de adhesión. Las localidades de muestreo, 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 adhesión 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 adhesión 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
Camaronas	20°11'	1998-1999**	25	15-24	500-1500	Ø
San Marcos	21°18'	1998-1999**	25	15-38	500-1500	Ø
Michilla (5 km)	22°49'	1996-1997**	53	15-32	500-2000	Ø
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	Ø
Santo Domingo (5 km)	25°05'	1996-1997**	55	15-32	500-1500	Ø
Santo Domingo	25°05'	1996-1997**	55	15-32	500-1500	Relaves de cobre
Esmeralda	26°01'	1997*	20	15-28	500-1500	Ø
Pan de Azúcar	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	Ø
Caldera	27°05'	1997*	15	15-23	500-1500	Desechos orgánicos
Puerto Viejo	27°20'	1997*	13	16-30	500-2500	Ø
Totoral	27°50'	1997*	16	15-34	500-2500	Ø
Carrizal Bajo	28°04'	1996-1997-1998**	95	15-37	500-2500	Ø
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	Ø
Punta Choros	29°12'	1997-1998*	32	15-32	500-2000	Ø
Chungungo	29°26'	1997*	15	15-35	500-2500	Ø
La Herradura	29°58'	1996-1997**	15	15-35	500-2500	Desechos orgánicos
Totoralillo Centro	30°02'	1996-1997-1998**	32	15-33	500-2500	Ø
Lagunillas	30°05'	1997*	21	15-31	500-2500	Ø
San Lorenzo	30°20'	1996-1997-1998***	30	15-34	750-2500	Ø
Fray Jorge	31°01'	1997-1998*	30	14-33	750-2500	Ø
Puerto Oscuro	31°25'	1997*	14	15-39	500-3000	Ø
Los Vilos	31°57'	1997*	12	15-32	500-2500	Ø
Totoralillo Sur	32°07'	1997*	14	15-26	750-1500	Ø
Los Molles	32°14'	1997*	22	15-30	750-2500	Ø

* = muestras anuales

** = muestreos estacionales

*** = muestreos bianuales

Ø = Sin perturbación

2.2 RECOLECCIÓN DE DISCOS DE ADHESIÓN DE *LESSONIA TRABECULATA*

Los discos de adhesión 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 discos de adhesión mayores a 15-20 cm de diámetro basal (Vásquez y Santelices, 1984; Villouta y Santelices, 1984), para el análisis de las comunidades intradisco, se recolectaron plantas entre 15 y 40 cm de diámetro (Tabla 1). Los plantas fueron colectadas al azar desde el centro de la pradera. Cada uno de los discos de adhesión 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 los discos de adhesión 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. Los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* fueron medidos (diámetro basal) y pesados.

2.3 PERTURBACIONES A ESCALA LOCAL

2.3.a Contaminación de la minería de Cu y Fe

Ambientes submareales rocosos afectados por desechos líquidos y sólidos de Cu (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 adhesión 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 (Vázquez *et al.*, 1999, 2000), las comunidades de macroinvertebrados intradiscos fueron agrupadas en función de las distancias desde el foco de contaminación. Para este análisis se recolectaron: 55 discos de adhesión en Santo Domingo (Cu), 49 en Caleta Constitución (Cu-Control), 61 en Chapaco (Fe) y 57 en Carrizal Bajo (Fe-Control) (Tabla 1).

2.3.b 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 (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 (200, 300, 500 y 1.000 m) y hacia el sur (100, 300, 500, 3.000, 5.000 y 7.000 m). En cada sitio se recolectaron 5 discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*, mayores a 20 cm de diámetro basal. El caudal promedio de aguas servidas es de 82,0 l seg⁻¹, con una concentración máxima en las cercanías del ducto de evacuación que cae directamente al intermareal rocoso. El desplazamiento de la pluma está gobernado por los vientos predominantes del suroeste, empujando las descargas hacia el lado norte del emisario.

2.4 EL NIÑO 1997-98

Un programa de seguimiento (1996-2004) ha permitido monitorear los efectos de El Niño 1997-98 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 Vázquez *et*

al., (1998) y Vega *et al.*, (aceptado). Con propósitos comparativos, la serie de tiempo ha sido dividida en tres períodos: Pre-El Niño (invierno 1996-verano 1997); El Niño (otoño 1997-otoño 1998, con máximos de anomalía positiva en invierno 1997 y primavera 1997); y Post-El Niño (invierno 1998-verano 1999). Este último período, ha sido tipificado como un moderado evento de anomalía térmica negativa o La Niña (McPhaden, 1999). El número de discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* analizados, y la periodicidad de recolección se indican en la Tabla 1.

2.5 PERTURBACIONES A ESCALA GEOGRÁFICA (19°-32° S)

Entre 1996 y 1999, plantas de *Lessonia trabeculata* fueron recolectadas en un gradiente geográfico, abarcando más de 1.500 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 surgencia costera ("upwelling"), las 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 la surgencia de aguas subsuperficiales (Strub *et al.*, 1998), 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 bajas en 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, macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* en sectores costeros colindantes a los señalados, debieran presentar una alta riqueza y diversidad específica.

2.6 ANÁLISIS TAXONÓMICO

La composición de especies de las comunidades de macroinvertebrados asociadas a los discos de adhesión de *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) a un análisis biogeográfico. Vásquez *et al.*, (2001) documentan que la riqueza de especies de las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *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-Faúndez y Moyano (1987), Desqueyroux-Faúndez (1994, 1995), Desqueyroux-Faúndez y van Soest (1996); *Anthozoa*: Carlgren (1959), Carlgren (1965), Sebens y Paine (1978); *Polychaeta*, Rozbaczylo (1985), Knight-Jones (1991), 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), Osorio (1981), Ramírez (1987, 1990), McLean y Andrade (1982), McLean (1984), Reid (1989), Pondérgue (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, 1994b), 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), Jaramilla (1981); *Ascidacea*: van Name (1954), Millar (1966), Paine y Suchanek (1983).

2.7 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES ASOCIADAS A *LESSONIA TRABECULATA*

Los parámetros ecológicos univariados fueron calculados según Brower y Zedler (1977), incluyendo riqueza de especies, diversidad específica (índice H' de Shannon-Wiener) y Uniformidad (índice J' de Shannon-Wiener). Diferencias entre parámetros comunitarios univariados fueron analizados mediante análisis de varianza de una vía, y *a posteriori* con la prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1969). Los intervalos de confianza para los índices de diversidad fueron estimados mediante el acuchillamiento de datos ("jackknife" *sensu* Jaksic y Medel, 1987).

Para identificar los cambios estructurales en gradientes espaciales y temporales de los ensambles de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *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 una ordenación bi-plot (MDS) (Field et al., 1982).

TABLA 2

Lista de especies encontradas en 968 discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*

PORIFERA

Porifera sp

CNIDARIA

Antholoba achates Countoury, 1846

Anthothoe chilensis (Lesson, 1830)

Phymactis clematis (Drayton, 1846)

Actinia sp.

PLATYHELMINTHES

Tricladida

NEMATODA

Nematoda

NEMERTEA

Nemertea

ANNELIDA

Halosydna parva Kinberg, 1955

Polynoidae sp. 1

Polynoidae sp. 2

Eulalia sp.

Phyllodocidae

Syllidae

Nereis grubei (Grube, 1857)

Perinereis falklandica (Ramsay, 1914)

Platynereis australis (Schmarda, 1861)

Glyceriidae

Marphysa sp.

Eunicidae

Lumbrineris sp.

Arabella sp.

Arabellidae

Orbinidae

Boccardia chilensis Blake & Woodwick, 1971

Polydora sp.

Scolecopsis sp.

Spionidae

Spiracidae

Chaetopterus sp.

Dodecaceria sp.

Cirratulidae

Branchiomaldane sp.

Maldanidae

Sabellariidae

Phragmatopoma moerchi Kinberg, 1867

Pista sp.

Polycirrus sp.

Thelopus sp.

Terebellidae

Sabellidae

Serpullidae

Polychaetophora

Chiton cumingi Frembly, 1827

Acanthopleura echinata (Barnes, 1823)

Tonicia sp.

Enoplochiton niger (Barnes, 1824)

Chaetopleura peruviana (Lamarck, 1819)

Oplisobranchia

Opisthobranchia

Anisodoris rudbergi Marcus & Marcus, 1967

ARTHROPODA

Cirripedia

Allopetrolisthes spinifrons (Milne Edwards, 1935)

Allopetrolisthes angulosus (Guérin, 1835)

Liopetrolisthes mitra (Dana, 1852)

Megalobrachium peruvianum Haig, 1960

Pachycheles grossimanus (Guérin, 1835)

Pachycheles chilensis Carvacho, 1968

Petrolisthes violaceus (Guérin, 1831)

Petrolisthes tuberculatus (Milne Edwards, 1837)

Petrolisthes tuberculatus (Guérin, 1835)

Petrolisthes desmaresti (Guérin, 1835)

Pagurus forceps (Milne Edwards, 1836)

Pagurus comptus White, 1847

MOLLUSCA

Bivalvia

Linucula pisum (Sowerby, 1833)

Aulacomya ater (Molina, 1782)

Brachiodontes granulata (Hanley, 1843)

Semimytilus algosus (Gould, 1850)

Carditella tegulata (Roeve, 1843)

Kellia tumesiana (Stimpell, 1899)

Chama pelucida Broderip, 1835

Prothaca thaca (Molina, 1782)

Veneridae

Petricola rugosa (Sowerby, 1834)

Entodesma cuneata (Gray, 1828)

Gastropoda

Scurria scurra (Lesson, 1830)

Collisella spp.

Fissurella crassa Lamarck, 1822

Fissurella peruviana Lamarck, 1822

Fissurella cosma Lesson, 1830

Fissurella latimarginata Sowerby, 1835

Fissurella limbata Sowerby, 1835

Fissurella maxima Sowerby, 1835

Fissurella sp.

Tegula quadricostata (Wood, 1828)

Tegula atra (Lesson, 1830)

Tegula tridentata (Podicz & Michaud, 1838)

Tegula luctuosa (Orbigny, 1841)

Prisogaster niger (Wood, 1828)

Liotia cancellata (Gray, 1828)

Tricolia umbilicata (Orbigny, 1840)

Tricolia macleani Marinovich, 1973

Eatoniella latina Marinovich, 1973

Rissoina inca Orbigny, 1840

Turritella cingulata Sowerby, 1825

Triphora sp.

Cerithiopsis sp.

Crepidula sp.

Crepidula coquimbensis Brown & Olivares, 1996

Caliptraea trochiformis (Born, 1778)

Dendropoma sp.

Priene scabra (King, 1832)

Xanthochorus cassidiformis (Blainville, 1832)

Crassilabrum crassilabrum (Sowerby, 1832)

Thais haemastoma (Linnaeus, 1767)

Concholepas concholepas (Bruguère, 1789)

Murella unifasciata (Sowerby, 1832)

Aenator fontinei (Orbigny, 1842)

(Continuación Tabla 2)

<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	<i>Miodocopa</i>
<i>Latreutes antiborealis</i> Holthius, 1952	Pernacarida
<i>Hippolyte williamsi</i> Schmitt, 1924	<i>Amphoroidea typa</i> Milne Edwardsi, 1840
<i>Nauticaris magellanica</i> (H. Milne Edwards, 1888)	Isopoda
<i>Eunus dozei</i> (Milne Edwards, 1891)	<i>Anphipoda</i>
<i>Synalpheus spinifrons</i> (Milne Edwards, 1837)	Tanaidacea
<i>Betaeus emarginatus</i> (H. Milne Edwards, 1837)	BRIOZOA
Alpheidae	<i>Briczoa</i>
<i>Alpheus inca</i> Wicksten & Mendez, 1981	ECHINODERMATA
<i>Alpheus chilensis</i> Coutiere, 1902	Echinoides
<i>Rhynchocinetes typus</i> (Milne Edwards, 1837)	<i>Laxechinus albus</i> Molina, 1782
<i>Allopetrolisthes punctatus</i> (Guérin, 1835)	<i>Tetrapygyus niger</i> Molina, 1782
<i>Pagurus villosus</i> Nicolet, 1849	Asteroides
<i>Pagurus edwardsii</i> (Dana, 1852)	<i>Patiria chilensis</i> (Lütken, 1859)
<i>Halkarcinus planatus</i> (Fabricius, 1775)	<i>Stichaster striatus</i> Müller & troschel, 1840
<i>Talipes dentatus</i> (Milne Edwards, 1834)	<i>Meyenaster gelatinosus</i> (Meyen, 1834)
<i>Talipes marginatus</i> (Bell, 1835)	Ophiuroidea
<i>Pisoides edwardsii</i> (Bell, 1835)	<i>Ophiurida</i>
<i>Homalaspis plana</i> (H. Milne Edwards, 1834)	Holoturoidea
<i>Paraxanthus barbiger</i> (Poepping, 1836)	<i>Athyridium 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 halsarii</i> Rathbun, 1898	
<i>Pinnixa bahumandei</i> Garth, 1957	
<i>Pinnotherea politus</i> Smith, 1870	

Riqueza de especies = 153

3. RESULTADOS

3.1 PERTURBACIONES A ESCALA LOCAL

Discos de adhesión 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 especies de las comunidades de macroinvertebrados submareales costeras.

3.1.a 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 (Figura 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 (Figura 1A y 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 las ubicadas a 0 y 1 km de distancia desde el emisario del relave (Figura 1C y 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 específica y en la distribución de la abundancia relativa de las poblaciones en el interior de los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* (Figura 1).

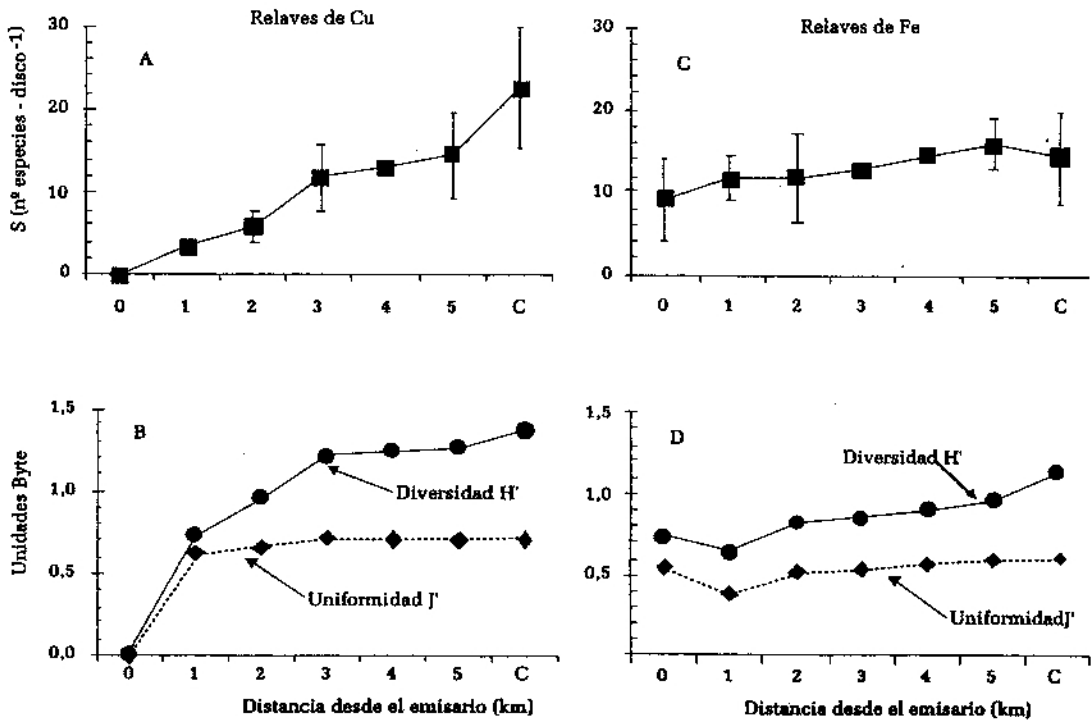


FIGURA 1. Riqueza, diversidad (H') y uniformidad (J') de especies en discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde emisarios de relaves de Cu (A-B) y Fe (C-D).

Un análisis de conglomerado y de nMDS en sitios contaminados con relaves de Cu, muestra una asociación evidente entre las comunidades intradisco entre 1 y 5 km sugiriendo una alta similitud entre las comunidades asociadas a *Lessonia trabeculata* (Figura 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 (Figura 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 (Figura 2C). Esto se refleja en el nMDS; el análisis sugiere una rápida dilución del efecto de los relaves de Fe en función del aumento de la distancia desde el foco de contaminación (Figura 2D).

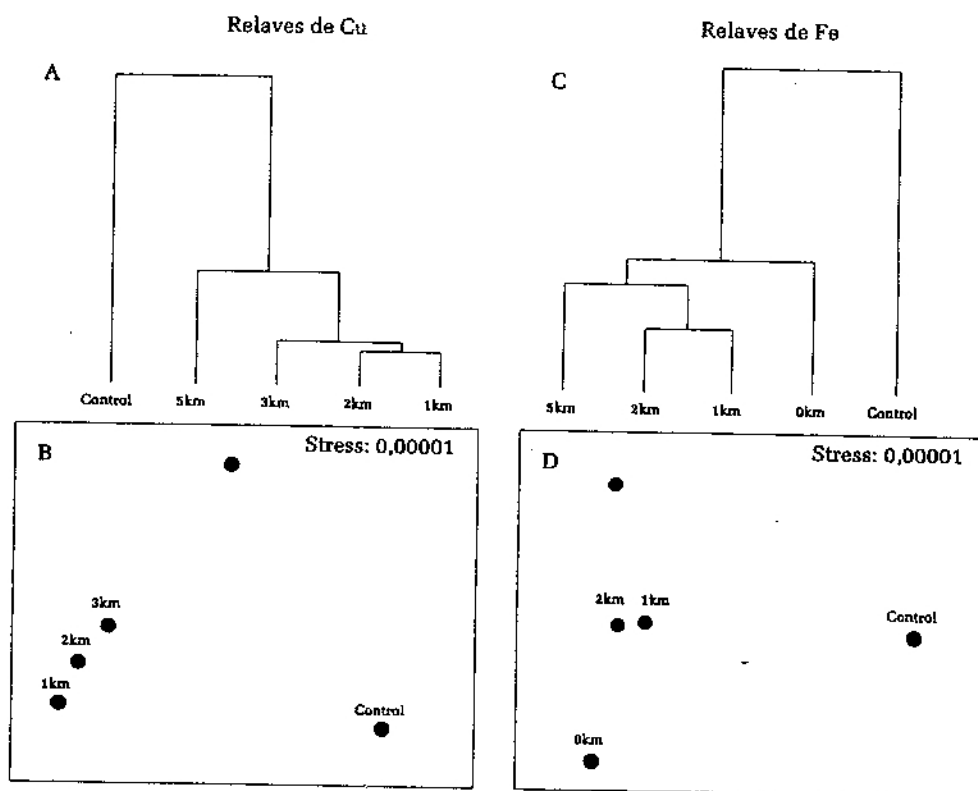


FIGURA 2. Análisis de conglomerado y de nMDS de las comunidades intradisco de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde el emisario de evacuación de relaves de Cu y Fe.

3.1.b 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 de desechos mineros. Estos cambios se restringen entre 100-300 m desde el foco de contaminación (Figura 3), aumentando significativamente ($p < 0.05$) la riqueza de especies en las comunidades de macroinvertebrados intradisco (Figura 3A y B). 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 (Figura 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.

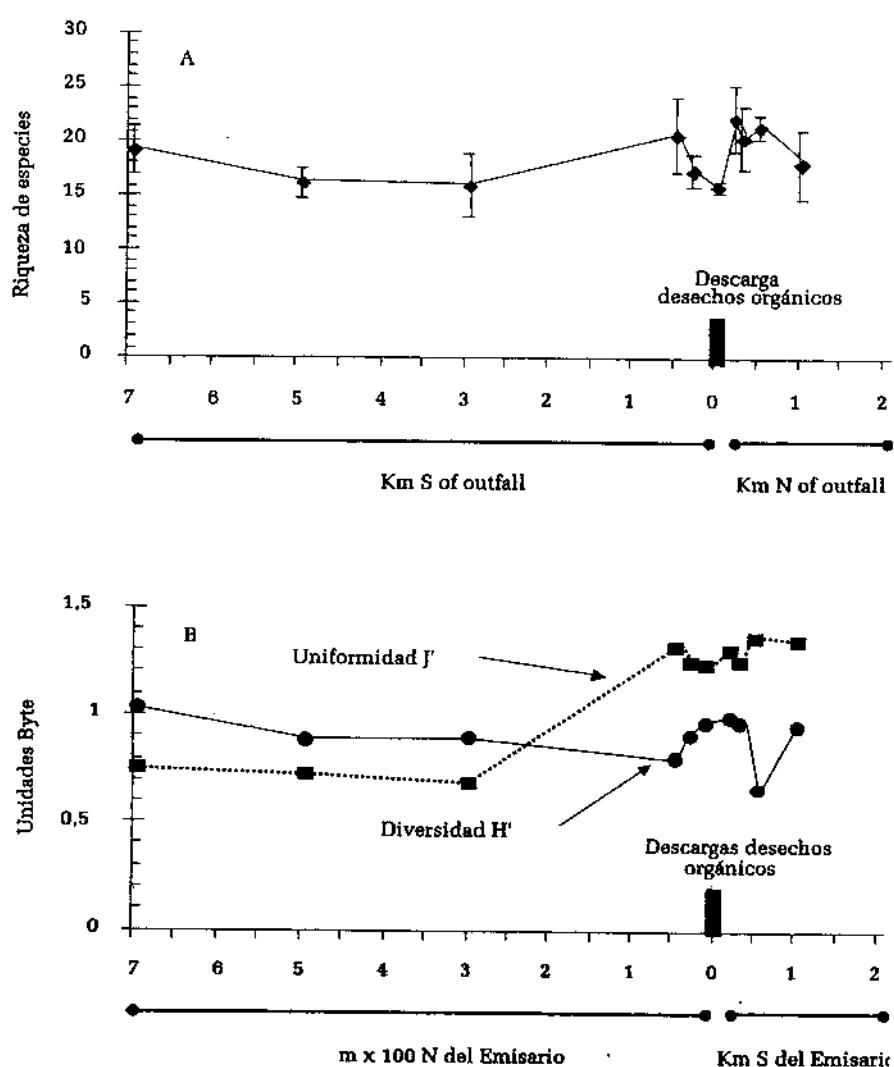


FIGURA 3. Riqueza, diversidad (H') y uniformidad (J') de especies en discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* en un gradiente de distancia desde emisarios de desechos orgánicos en Coquimbo ($29^{\circ}57' S$).

El análisis nMDS muestra una concentración del efecto de los desechos orgánicos en las inmediaciones del emisario de evacuación. El valor de estrés sugiere una dilución significativa hacia el norte y sur, donde las comunidades 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 (Figura 4).

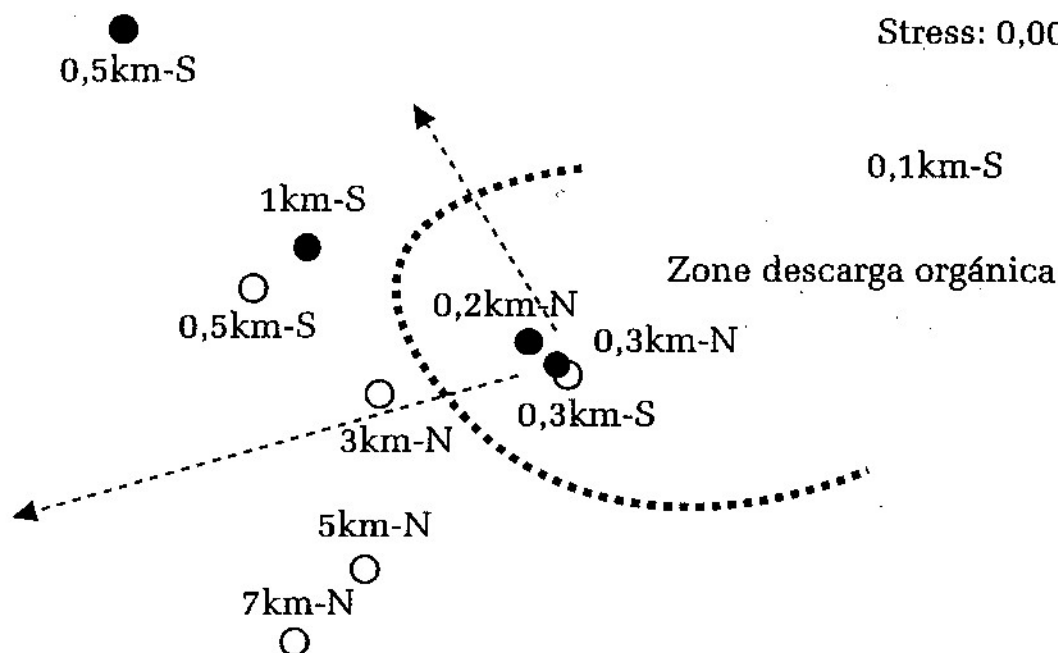


FIGURA 4. Análisis nMDS mostrando la dirección de los efectos de las descargas orgánicas en las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*.

3.2 EL NIÑO 1997-98

Un análisis de la composición específica de las comunidades de macroinvertebrados asociados a los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* entre 1996 y 1999, incluyendo períodos pre-El Niño, El Niño y post-El Niño, 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 (Figura 5A) está asociada a la máxima expresión de El Niño 1997-98, cuando ocurren las mayores anomalías térmicas de este evento oceanográfico de gran escala. Los cambios en la composición específica de las comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de *Lessonia trabeculata* 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 1997-98, sin cambios en la uniformidad específica (Figura 5B). Esto sugiere, no sólo cambios en la composición de especies, sino en la estructura comunitaria debido a modificaciones en la abundancia relativa de algunas especies en el interior de los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*.

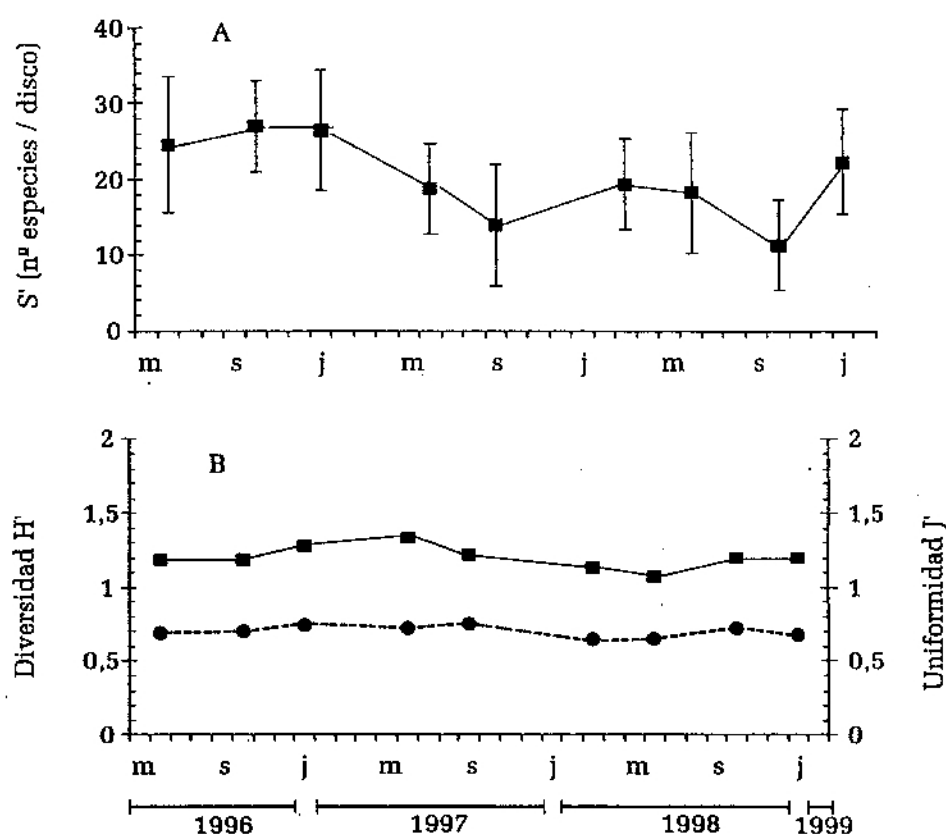


FIGURA 5. Variación temporal de la riqueza, diversidad (H') y uniformidad (J') de especies en discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* durante El Niño 1997-98.

La estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* durante El Niño 1997-98 muestra tres niveles de asociación: comunidades pre-El Niño 1997-98, comunidades con una composición específica asociada a El Niño 1997-98, y comunidades post-El Niño 1997-98 (Figura 6A). Las comunidades pre-El Niño presentan entre sí una similitud en composición de especies que superan el 65%. Durante la máxima intensidad de El Niño 1997-98, la composición específica se modifica significativamente en relación a la estructura comunitaria pre-El Niño 1997-98 (< al 60% de similitud). Las comunidades post-El Niño 1997-98 presentan nuevamente similitudes mayores al 65% entre sí, sin embargo son significativamente distintas a las comunidades estructuradas en períodos pre-El Niño y durante El Niño. Esto sugiere que el Niño 1997-98 no sólo produce una significativa reducción en la riqueza específica, sino que además, un importante reemplazo de especies. En este contexto, la composición específica de las comunidades, antes y después del período de máxima intensidad de El Niño 1997-98, presenta sólo un 48% de similitud indicando que se modificó en más del 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 discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* se muestra gráficamente a través de un análisis nMDS, el que evidencia los tres períodos ENOS antes descritos (Figura 6B).

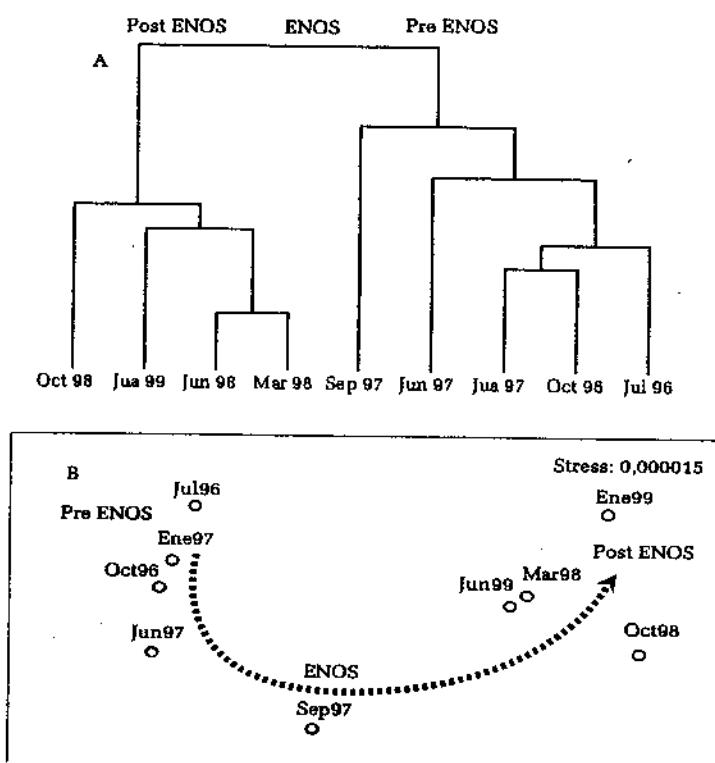


FIGURA 6 Análisis de conglomerado y de nMDS de las comunidades intradisco de *Lessonia trabeculata* en un gradiente temporal antes, durante y después de El Niño 1997-98 (ENOS: El Niño-Oscilación del Sur).

3.3 PERTURBACIONES A ESCALA GEOGRÁFICA (19°-32° S)

Un análisis de la variación de la riqueza y diversidad promedio de especies, de las comunidades de macroinvertebrados asociadas a discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* entre los 20° y los 32° S, permite identificar los eventos de perturbación más relevantes en la costa rocosa expuesta del norte de Chile (Figura 7). Los valores promedio de riqueza de especie por disco de adhesión de *Lessonia trabeculata* (entre 15-20 especies) varían significativamente a lo largo del gradiente latitudinal estudiado, siendo posible identificar los siguientes quiebres: a) Caleta Michilla, contaminación por descargas sólidas y líquidas de la minería del cobre; b) Caleta Constitución, área de surgencia permanente;

c) Punta Santo Domingo, localidad con permanentes descargas de sólidos y líquidos de la minería de cobre; d) Pan de Azúcar-Chañaral, contaminación por descarga de sólidos y líquidos de minería de cobre desde 1934; e) Puerto de Caldera, contaminación por aguas servidas y actividad portuaria (Fe, aguas de cola); f) Carrizal Bajo, área 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 (Figura 7 A). La diversidad y uniformidad específicas 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 (Figura 7B).

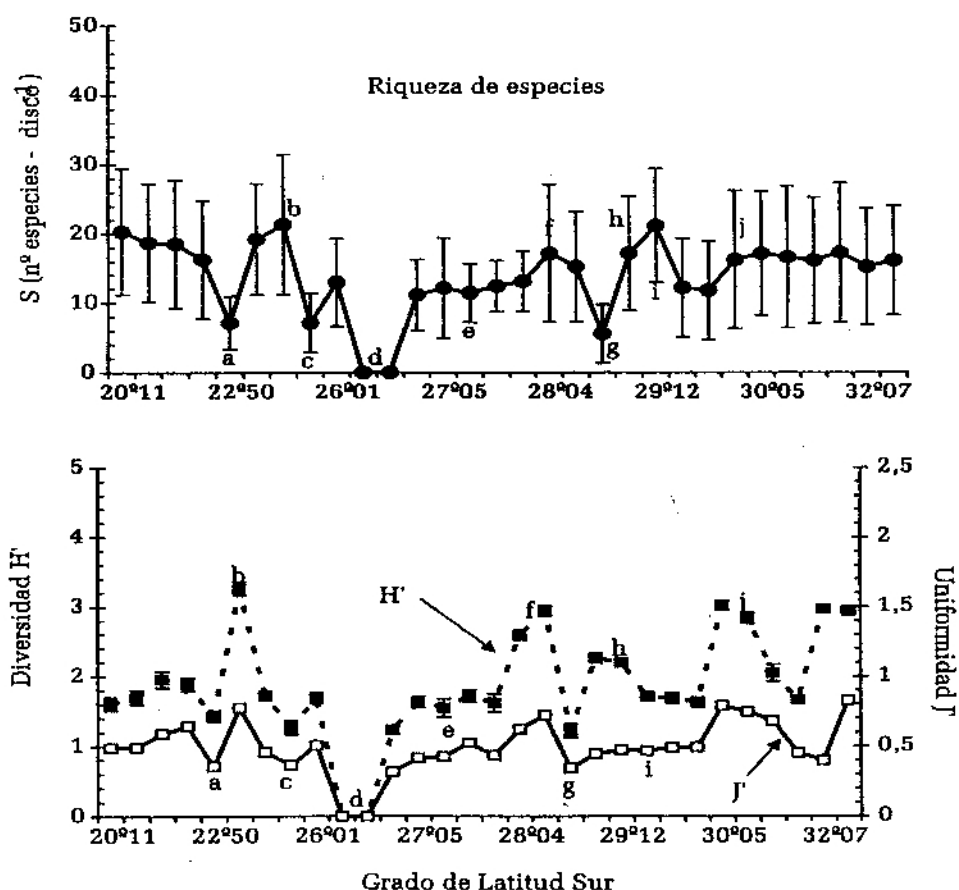


FIGURA 7. Evaluación latitudinal de perturbaciones frecuentes en el norte de Chile, utilizando la estructura de las comunidades de macroinvertebrados asociados a los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*.

4. DISCUSIÓN

En muchos lugares del mundo, el borde costero es afectado por perturbaciones que actúan a escala local y/o geográfica. Éstas pueden ser antrópicas (contaminación) o naturales (eventos oceanográficos de escala local como la surgencia costera o de gran escala y baja frecuencia como El Niño-Oscilación del Sur). 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 y abundancia de especies en un determinado lugar es el reflejo de una combinación de eventos históricos y ambientales, en consecuencia, su evaluación provee una medida sensitiva para monitorear y discriminar distintos eventos ecológicos relevantes (Philippi *et al.*, 1998).

El seguimiento de la composición de especies en el tiempo y el 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 de fácil medición. Consecuentemente, puesto que los factores ambientales (perturbaciones naturales o antrópicas) afectan a las especies, su composición puede proveer información sobre los factores ambientales (Austin y Austin, 1980; Ter Braak y Prentice, 1988). En el litoral de Chile continental, cinco especies de algas pardas forman huirales (*sensu* Vázquez, 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 y *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 y Santelices, 1997). Estas dos últimas especies de algas pardas son descritas como las de mayor importancia en cobertura y biomasa en ambientes submareales del Pacífico Suroriental (Santelices, 1989; Vázquez, 1991, 1992). Los discos de adhesión 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 con las perturbaciones a que están sometidas. La evidencia empírica muestra que la comunidad de macroinvertebrados en el interior de los discos de adhesión de especies chilenas de algas pardas del Orden Laminariales no difiere significativamente de las comunidades ubicadas en su

entorno, con niveles de similitud que superan el 70% (Vásquez y Santelices, 1984; Vásquez *et al.*, 2001).

Las comunidades de macroinvertebrados asociados a discos de adhesión de *Lessonia trabeculata*, presentan cambios en su composición, diversidad y uniformidad específica en función de diferentes perturbaciones naturales (surgencia, EL Niño) o antrópicas (contaminación minera y de aguas servidas). 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 la manifestación de eventos oceanográficos de gran escala. Este trabajo evidencia que las comunidades de macroinvertebrados asociadas a los discos de adhesión de *Lessonia trabeculata* son sensibles a perturbaciones locales antrópicas (eg. contaminación), naturales (eg. surgencia costera), y geográficas (en el gradiente latitudinal. El Niño 1997-98).

Dado que en la mayoría de las costas rocosas del mundo las algas pardas son un componente conspicuo y abundante, sus discos de adhesión 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, las comunidades de unidades discretas, biológicamente delimitadas 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. El Análisis de las comunidades intradisco en un gradiente latitudinal puede constituirse en una herramienta valiosa para la elección de sitios prístinos con alta diversidad específica, al momento de establecer parques y reservas marinas.

REFERENCIAS

- ANDREWS, H.L. (1945). *The kelp beds of the Monterey region*. Ecology 26, 21-37.
- ARÉZ, W.E., FLORES, L.A., MAFUONADON, M., CARVAJAL, G. (1985). Cambios de los factores ambientales: microbentos y bacterias filamentosas en la zona de máxima de oxígeno frente al Perú durante "El Niño" 1982-1983. En: Aréiz W.E., Landa A., Tarazona J. (eds.) "EL NIÑO" y su impacto en la fauna marina. 65-77. Boletín Instituto del Mar del Perú.

- ATKIN, 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. HICKLEY Y SIEGFRIED, W.R. (1987). The influence of coastal upwelling on the functional structure of rocky intertidal communities. *Oecologia* 72: 226-232.
- BROWNE, D.J. Y OLIVARES, C.A. (1996). A new species of *Crepidula* (Mollusca: Mesogastropoda: Catepillariidae) 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 SANTALICES, B. (1994). Importancia ecológica de los discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 23-33.
- CARLSON, O. (1959). Corallimorpharia and Actiniaria with description of a new genus and species from Peru. 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.C. (1960). Contribución al conocimiento de los Ofiuroideos Chilenos. *Gayana* 14: 3-63.
- CARRACHO, A. (1994). Los isópodos de Chile: "a checklist". Manuscrito. 10 pp.
- COAN, E.V. (1997). New species of the genus *Petricola* in the eastern Pacific (Bivalvia: Veneroidae). *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 Årsskrift 17: 1-12.
- DAYTON, P.K. (1985). The structure and regulation of some South American kelp communities. *Ecological Monograph* 55: 447-468.
- DE QUEYRUEUX-FAUNDEZ, R. (1994). Biogeography of Chilean marine sponges (Demospongiae). En: 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.
- (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.
- Y VAN SOEST, RWM. (1996). A review of Iophonidae, Myxillidae and Tedanidae occurring in the south east pacific (Porifera: Poecilosclerida). *Revue Suisse de Zoologie* 103: 3-79.
- Y MOYANO, H.L. (1987). Zoogeografía de demospongius chilenas. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 18: 39-66.
- DE LEEUW, CLARKE, K.R. Y WARWICK, R.M. (1982). A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 8: 37-52.
- FAUPEL, E. Y DE SAINT LAURENT, M. (1967). Crustacés décapodes: Pagurides. Campagne de la Calypso au large des côtes Atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962). *Bulletin de l'Institut Océanographique* 45: 47-173.

- FOSTER, B.A. Y NEWMAN, W.A. (1987). *Chthamalid barnacles of Easter Island; peripheral pacific isolation of Notochthamalinae new Subfamily and Hembeli-Group of Eumphiinae (Cirripedia: Chthamaloidea)*. Bulletin of Marine Science 41: 322-336.
- GALLARDO, C. (1977). *Crepidula philippiana n. sp., nuevo gastropodo Calyptraeidae de Chile con especial referencia al patrón de desarrollo*. Studies on Neotropical Fauna and Environment 12: 177-185.
- GARTH, J.A. (1957). The Crustacea Decapoda Brachyura of Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Årsskrift 53. 130 pp.
- GONZÁLEZ, E. (1991). *Actual state of gammaridean amphipode taxonomy and catalogue of species from Chile*. Hydrobiologia 223: 47-68.
- HALL, L. (1974). *Two new species of Pagurus from deep water off Perú and Chile (Decapoda, Anomura, Paguridae)*. Crustaceana 27: 27-30.
- KIFFMANN, A. Y SANTELICES, B. (1997). *Flora Marina de Chile Central*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago-Chile.
- MAJIC, 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.
- JARAMILLA, E. (1981). *Ofuróideos 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.
- _____. (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 KNIGHT-JONES, W. (1991). *Ecology and distribution of Serpuloidea (Polychaeta) round South America*. Ophelia Supplement 5: 579-586.
- LANCELOTI, D.A. Y VÁSQUEZ, J.A. (1999). *Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the southern Pacific littoral*. Journal of Biogeography 26: 1001-1006.
- _____. (2000). *Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina*. Revista Chilena de Historia Natural 73: 99-129.
- LARRAIN, A.P. (1975). *Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile*. Gayana Zoología 35: 1-189.
- _____. (1985). *A new species of subantarctic echinoid (Echinoidea: Schizasteridae)*. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, Chile 16: 115-119.
- LELOUP, E. (1956). *Polyplocophora*. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Årsskrift 53. 94 pp.
- LEMAIRE, R. (1989). *Revision of the genus Parapagurus (Anomura: Paguroidea: Parapaguridae), including redescrptions of the western Atlantic species*. Zoologische Verhandlungen 253: 3-106.
- MADSEN, E.L. (1959). *Asteroides, with a survey of the Asteroidea of the Chilean shelf*. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Årsskrift 52: 1-53.
- MANNING, R.B. (1993). *Three genera removed from the synonymy of Pinnotheres Rose, 1962 (Brachyura: Pinnotheridae)*. Proceedings of the Biological Society of Washington 116: 57-63.
- _____. (1997). *Intertidal mollusk (Gastropoda: Cerithiidae) diversity and historical changes in a community*. Science Bulletin 16: 349.

- MCLEAN, J.H. (1984). *Systematics of Fissurella in the peruvian and magellanic faunal provinces (Gastropoda: Prosobranchia)*. Natural History Museum Los Angeles County Science 345: 1-78.
- y ANDRADE, H. (1982). Large archibenthal gastropods of central Chile: collections from an expedition of the R/V Anton Bruun and the Chilean Shrimp Fishery. Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science 342: 1-28.
- 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.
- MELAR, R.H. (1968). 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.
- (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.
- (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-CANTILL, C.A. (1957). Thoracic cirripeds from Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift 9: 27 pp.
- OSORIO, C. (1981). Caulofoveatry *Solenogaster* de Chile. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción 52: 115-128.
- y SAMAMONJE, N. (1970). Lista preliminar de lamelibranquios de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile 31: 185-256.
- PAINE, R.T. y SUCHANER, T.H. (1983). Convergence of ecological processes between independently evolved competitive dominants: a tunicate-mussel comparison. Evolution 37: 821-831.
- PAWSON, B. (1969). Nematuroidea from Chile. Sarsia 38: 121-146.
- PHILIPPI, T.E., JIXON, P.M. y TAYLOR, B.J. (1998). Detecting trends in species composition. Ecological Applications 8: 300-308.
- PONDER, W.F. y WILKSFOLD, M. (1994). A review of the rissorform gastropods of southwestern South America (Mollusca, Gastropoda). Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science 345: 1-190.
- RAMÍREZ, J. (1981). Catálogo Moluscos de Chile. Primer vol.: Archiogastropoda. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago. 178 pp.
- (1987). Catálogo Moluscos de Chile. Segundo vol.: Mesogastropoda. Santiago. 194 pp.
- (1990). Catálogo Moluscos de Chile. Tercer vol.: Neogastropoda. Santiago. 168 pp.
- RAMIRENO, F. (1966). Polycypidae del fondo de la Bahía de Valparaíso. Revista de Biología Marítima 13: 1-28.
- REID, D.G. (1994). The comparative morphology, phylogeny, and evolution of the gastropod family Euthemeridae. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 324: 1-110.

- RETAMAL, M.A. (1981). *Catálogo ilustrado de los Crustáceos Decápodos de Chile*. Gayana Zoológica, 44: 7-110.
- _____. (1994a). *Los Decápodos de Chile*. 2nd edn. P.135. Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía.
- _____. (1994b). *Los Lithodidae Chilenos*. Anales del Instituto de la Patagonia Serie Científica, Punta Arenas (Chile) 21: 111-129.
- SOTO, R. Y NAVARRO, M.E. (1996). Ogyrididae: Una nueva familia en aguas Chilenas. Gayana Zoológica 60: 85-87.
- ROZBACZYLO, N. (1985). *Los anélidos poliquetos de Chile: Índice sinonímico y distribución geográfica de especies*. Monografías Biológicas 3: 1-284.
- _____. y CARETE, J.E. (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.
- _____. y SALGADO, P. (1993). Poliquetos Spionidae de fondos blandos submareales de la Bahía de Valparaíso. Chile (Annelida: Polychaeta). Estudios Oceanológicos 12: 17-28.
- SERENI, K.P. Y PAINE, R.T. (1978). Biogeography of anthozoans along the west coast of South America: habitat, disturbance, and prey availability. Proceedings of the International Symposium on Marine Biogeography and Ecology in the Southern Hemisphere 1: 219-238.
- SANTALICES, B. (1989). *Algas Marinas de Chile*. Distribución, Ecología, Utilización y Diversidad. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile.
- SCHMIDT, W.L. (1940). The stomatopods of the west coast of America based on collections made by the Allan Hancock Pacific Expedition. 5: 129-225.
- SCHROEDL, M. (1996). Nudibranchia y Sacoglossa de Chile: morfología externa y distribución. Gayana Zoológica 60: 17-62.
- _____. (1997). Range extensions of Mugellanic 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.
- _____. (1996). The macrofaunal community of *Ecklonia radiata* holdfasts: variation associated with sediment regime, sponge cover and depth. Australian Journal of Ecology 21: 144-153.
- _____. y SIMPSON, R.D. (1992). Monitoring the shallow sublittoral using the fauna of kelp (*Ecklonia radiata*) holdfast. Marine Pollution Bulletin 24: 46-52.
- _____. (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.
- _____. y SIMPSON, R.D. (1995). Effects of the 'Nella Dr' oil spill on the fauna of *Durvillaea antarctica* holdfast. Marine Ecology Progress Series 121: 73-89.
- _____. y CAIRNS, S.C. (1996). The annual faunal 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.
- SMITH, R. y ROHLF, F.J. (1999). *Bionetry*. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- VALDEBENITO, M., MENJÁS, J.V., MARTÍNEZ, V., RUTILLAN, L.Y. y GUINAS, S. (1998). Coastal ocean circulation off western South America. En: K.H. Brink & V.G. Robinson (Eds.). The Coastal Coastal Ocean. John Wiley & Sons Inc. New York. Pp. 301-313.

- TER BRAAK, C.J.F. Y PRENTICE, I. (1988). *A theory of gradient analysis*. *Advances in Ecology Research* 10: 271-315.
- VAN NAME, W.G. (1954). *Ascidians (Ascidacea)*, Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. *Lunds Universitets Årsskrift* 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.
- _____. (1990). *Huirales submareales*. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 129-130.
- _____. (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.
- _____. (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.
- _____. (1993). *Effects on the animal community of dislodgement of holdfasts of Macrocytis pyrifera*. *Pacific Science* 47: 180-184.
- _____. 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.
- _____. 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.
- _____. VEGA, J.M.A., MATSUHITO, B. Y URZUZ, 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.
- _____. MAKUHIRO, B., VEGA, J.M.A., PARDO, L.M. Y VÉLIZ, D. (2000). *The effects of mining pollution on subtidal habitats of northern Chile*. *International Journal of Environment and Pollution* 13: 1-20.
- _____. 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 BUSHMANN, A.H. *Population biology of the subtidal kelps Macrocytis 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 Liopetrolisshes mitra (Dana, 1852) y Liopetrolisshes patagonicus (Cunningham, 1871)*. *N. Comb. Guyana Zoología* 55: 11-22.
- WEHRMANN, I.S. Y CARVALHO, (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.
- ZINZ, A. O., BAIZA, H. Y CASADO, R. (1978). *Nuevos registros de Hippolytidae parus (Chile)*. *Notario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural* 264: 3-7.