

Proposición de un índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos de bahía Quintero, Chile*

Environmental monitoring index based on the temporal fluctuations in the abundance of two species of benthic polychaetes from Quintero Bay, Chile

*Trabajo presentado en el XVIII Congreso de Ciencias del Mar realizado en Iquique, Chile, entre el 4 y 8 de mayo de 1998.

Juan I. Cañete¹, Gerardo L. Leighton² y Eulogio H. Soto²

¹ Departamento de Ciencias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas, Chile.

² Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Valparaíso, Casilla 13-D, Viña del Mar, Chile.

icanete@aoniken.fc.umag.cl

Abstract.- An Environmental Monitoring Index based on the temporal variations in the abundance of two benthic polychaetes (*Nephtys impressa* Baird, 1871 and *Prionospio peruana* Hartmann-Schröder 1962a) is proposed. Three replicated samples were collected in four subtidal stations at Quintero Bay (32°45' S, 71°29' W; 6 to 13 m deep), central Chile, with a Van Veen grab 0,1 m²; the sampling campaigns were carried out in March and November 1995 and 1996, April, August and November 1997 and March 1998. This study allowed to evaluate the use of population parameters of the benthic component in environmental impact programs according to the technical requirements of DGTM and MM (Chilean Navy).

Nephtys impressa (Ni) is a common species whose abundance (N) varied in one order of magnitude and occurred in sediments with low percentage of organic matter, MO (< 1%). Instead, *Prionospio peruana* (Pp) is an opportunistic species, uncommon, with its abundance varying four orders of magnitude. This species was associated to altered sediments, moderately enriched in terms of organic matter (≈ 3%). The temporal variations in the abundance of both species allows to propose the Environmental Monitoring Index (IVA):

$$IVA = \text{Log} [(NNi/(NPp + 1)) * 100],$$

The index identified three phases at subtidal sediments: a) a moderate enrichment in March, 1996 (3% MO; IVA < 1) with important population development of *P. peruana*, b) a recuperation of habitual conditions (< 1% MO; IVA ≈ 3) in seven months returning to the dominance of *N. impressa*, and c) after March 1996 IVA showed lower values than those obtained before the event of enrichment (IVA > 3). The use of this index in other Chilean bays is discussed. Other eighteen species of benthic polychaetes were collected in the shallow sandy bottom in the study area.

Keyword: Polychaeta, Marine Pollution, Quintero, *Nephtys impressa*, *Prionospio peruana*.

Resumen.- Se propone un índice de vigilancia ambiental (IVA) basado en la variación temporal de la abundancia de dos especies de poliquetos (*Nephtys impressa* Baird, 1871 y *Prionospio peruana* Hartmann-Schröder 1962a). Muestras en triplicado se recolectaron en cuatro estaciones submareales en bahía Quintero (32° 45' S, 71° 29' O; 6 a 13 m de profundidad), Chile central, utilizando una draga Van Veen de 0,1 m²; las campañas de muestreo se efectuaron en marzo y noviembre de 1995 y 1996, abril, agosto y noviembre de 1997, y en marzo de 1998. Este estudio permitió evaluar el uso de aspectos poblacionales de la componente bentónica de estudios de impacto ambiental según los requerimientos técnicos solicitados por la DGTM y MM (Armada de Chile).

Nephtys impressa (Ni) es una especie frecuente cuya abundancia (N) fluctuó en un orden de magnitud y fue característica en sedimentos con bajo porcentaje de materia orgánica, MO (< 1%). *Prionospio peruana* (Pp) es una especie oportunista, de presencia ocasional, cuya abundancia fluctuó hasta en cuatro órdenes de magnitud. Esta especie se asoció a los sedimentos alterados, moderadamente enriquecidos en términos de materia orgánica (≈ 3%) La variabilidad temporal en la abundancia de ambas especies permite proponer el índice de vigilancia ambiental (IVA):

$$IVA = \text{Log} [(NNi/(NPp + 1)) * 100],$$

IVA permitió identificar tres fases en los sedimentos submareales: a) un enriquecimiento moderado en marzo 1996 (3% MO; IVA < 1), con un importante desarrollo de *P. peruana* b) recuperación de características habituales (<1% MO; IVA ≈ 3) en 7 meses, con retorno en la dominancia de *N. impressa* y c) imposibilidad de obtener valores similares a los detectados antes de la ocurrencia del evento de enriquecimiento (IVA > 3). Se discute el uso de este índice para otras bahías de Chile. También se recolectaron otras dieciocho especies de poliquetos que habitan en los sedimentos de esta área de estudio.

Palabras clave: Polychaeta, Contaminación, Quintero, *Nephtys impressa*, *Prionospio peruana*.

Introducción

Los requerimientos técnicos para el desarrollo de investigaciones ambientales en el medio acuático en el litoral de Chile de la Dirección General de Territorio

Marítimo y Marina Mercante (DGTM y MM), Armada de Chile (Resoluciones 12600/323, 12600/324 y 12600/325), determinan para los estudios bentónicos sublitorales o submareales, el monitoreo de las siguientes variables comunitarias: abundancia, riqueza

de especies, biomasa, diversidad, uniformidad y dominancia. También se requiere efectuar análisis de ordenación y clasificación, identificar especies bioindicadoras o centinelas y determinar el estado de situación ambiental de las estaciones en función de un análisis gráfico provisto por las curvas de abundancia y biomasa (Warwick 1986, Gray *et al.* 1992). Sin embargo, la citada normativa no se ha referido al posible papel de las variables poblacionales de algunos taxa en particular. Estas variables pueden también representar instrumentos de vigilancia ambiental importantes, con menor costo y reducción del tiempo en el análisis de las muestras.

En resultados previos obtenidos para las comunidades bentónicas de bahía Quintero, Chile (Leighton *et al.* 1997a, b y c; Soto 1998) se ha observado que en los poliquetos existe un número reducido de especies frecuentes y una gran cantidad de especies que aparecen en forma ocasional. Las especies residentes habituales mantienen baja abundancia, mientras que las oportunistas podrían alcanzar densidades superiores a las de aquellas habituales (Cañete *et al.* 1998)¹.

Los poliquetos son uno de los taxa importantes en las comunidades bentónicas de bahía Quintero (Leighton *et al.* 1997a, b y c). Predominan tanto en términos de riqueza de especies como de abundancia (Soto 1998). Por otra parte, este taxón se utiliza en programas de vigilancia ambiental en diferentes partes del mundo (Bellan 1980, Raman & Ganapati 1983, Bellan *et al.* 1988, Pocklington & Wells 1992), y ha sido incorporado en una amplia gama de estudios de evaluación de impacto ambiental.

Dentro de este tipo de estudios, los poliquetos han sido utilizados como material biológico en bioensayos ecotoxicológicos a nivel larval o utilizando cepas de individuos adultos (Reish 1998), o como indicadores de bioacumulación, del estado de salud de los sedimentos submareales, o de contaminación a través del análisis de variables comunitarias (Pocklington & Wells 1992). También se han utilizado para determinar el estado de salud de las comunidades submareales de fondos blandos en numerosas localidades costeras de pequeño tamaño como bahías, debido a que son el taxón normalmente dominante tanto en abundancia como en el número de especies. La presencia o ausencia de algunas especies provee un mecanismo para determinar el estado de salud de estas comunidades (Dauer & Connor 1980, Pocklington & Wells 1992, Cañete 1999).

Varias especies han llegado a ser conocidas bioindicadoras de contaminación (enriquecimiento orgánico) en el hemisferio norte (e.g. *Capitella capitata*, *Malacoceros fuliginosus* y *Streblospio benedicti*). La aparición de estas especies en grandes densidades es señal de que han ocurrido cambios importantes en las

propiedades biogeoquímicas de los sedimentos (Gray & Pearson 1982, Rygg 1985). Otras especies son indicadoras de sucesión temprana en la recuperación del medio ambiente después de que éste ha sido alterado (Pearson & Rosenberg 1978, Heip 1995).

La Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Valparaíso se encuentra desarrollando en su Laboratorio de Ecología, desde 1995 a la fecha, un programa de vigilancia ambiental en la bahía Quintero, en el sector La Herradura (Fig. 1a y b). Como parte de este programa se han analizado las comunidades bentónicas, logrando desarrollar importantes inventarios así como colecciones de referencia. También se han obtenido datos de abundancia de la macrofauna y antecedentes ambientales de los sedimentos como de la columna de agua y del macrobentos submareal de esta localidad recolectados en ocho campañas de vigilancia (Leighton *et al.* 1995, 1996 y 1997a, b y c). Estos antecedentes han permitido proponer como objetivo de este trabajo el índice de vigilancia ambiental basado en la variabilidad temporal experimentada por la abundancia de dos especies de poliquetos bentónicos submareales de esta bahía: *Nephtys impressa* Baird, 1871 y *Prionospio peruana* Hartmann-Schröder, 1962a (Fig. 2a y b), pertenecientes a las familias Nepthyidae y Spionidae, respectivamente. Este trabajo pretende validar el uso de este índice para incorporarlo en programas de seguimiento ambiental en el medio marino, con un importante ahorro de tiempo en el análisis de muestras bentónicas.

Material y Métodos

Area de estudio y fechas de monitoreo

Las estaciones donde se obtuvieron muestras bentónicas se localizaron alrededor del muelle mecanizado ubicado en el sector La Herradura, bahía de Quintero (Fig. 1a y b). Se efectuaron ocho campañas de vigilancia, distribuidas en marzo de 1995 y 1996, noviembre de 1995 y 1996, en marzo, agosto y noviembre de 1997 y en marzo de 1998.

Selección de especies

Se seleccionó a *N. impressa* porque posee abundancias moderadas las que fluctuaban entre 60 y 680 individuos por campaña, siendo en repetidas oportunidades identificada como especie centinela a través del método de Gray & Pearson (1982). Los miembros de la familia se consideran carnívoros, algunas muestran preferencia por sustratos de tipo arenoso (Dauer 1984), y es la segunda especie de mayor tamaño después de *Aglaophamus polyphara* (Schmarda 1861) (Soto 1998). Por lo tanto

¹ Cañete JI, GL Leighton & E Soto. 1998. Effects of the 1997-98 El Niño event on subtidal benthic polychaetes from Quintero Bay, central Chile. Sixth International Polychaete Conference, Curitiba, Brazil, p. 30, abstract.

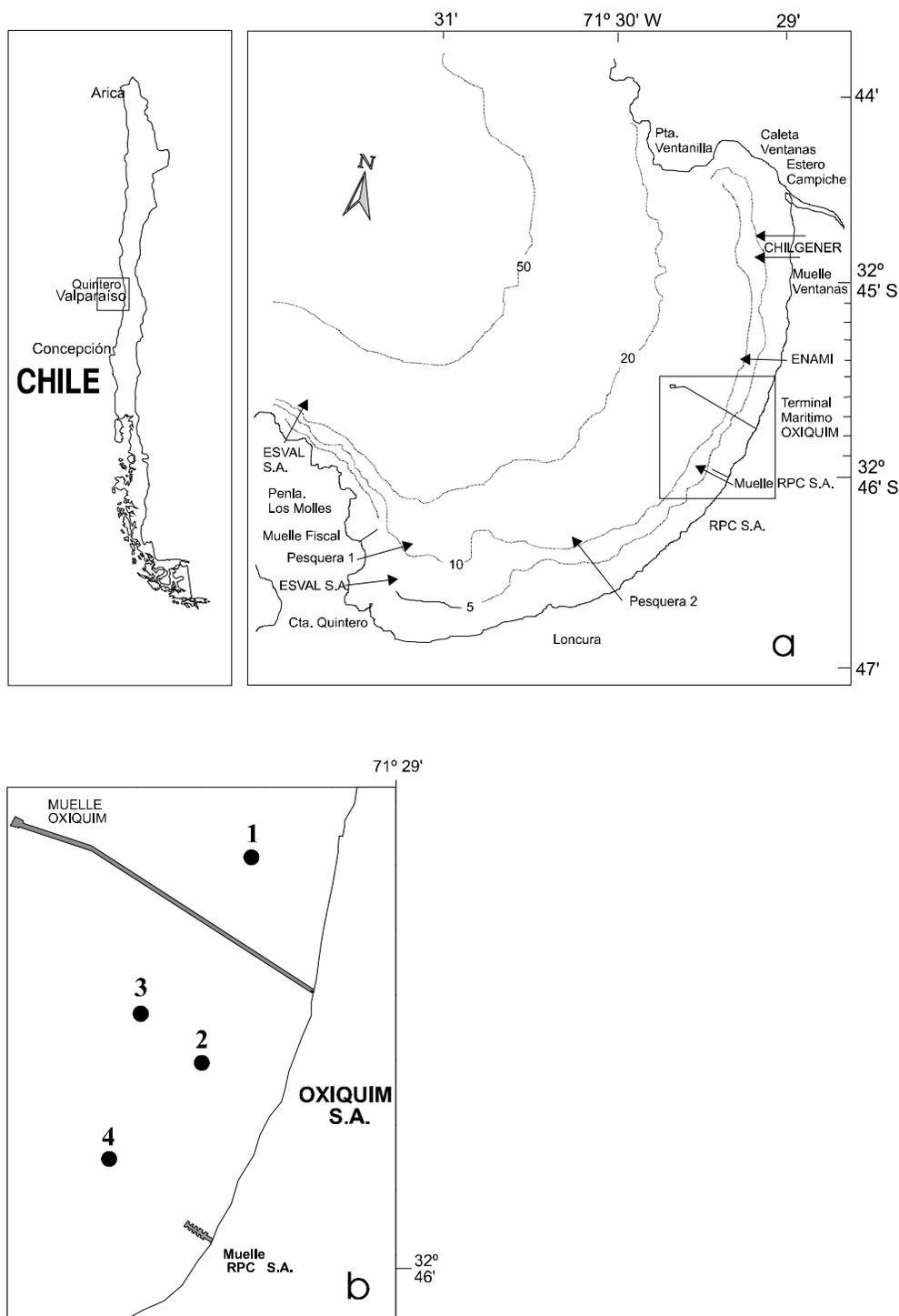


Figura 1

Ubicación de bahía Quintero en la zona central de Chile. a) Aspecto general de la bahía con las principales industrias en el borde costero y distribución espacial de las estaciones de recolección de muestras bentónicas submareales, b) detalle con las estaciones donde se recolectaron muestras bentónicas.

Location of Quintero Bay, central Chile. a) Quintero Bay and distribution of main coastal industries and sampling stations, b) Detail showing the spatial distribution of the benthic sampling stations.

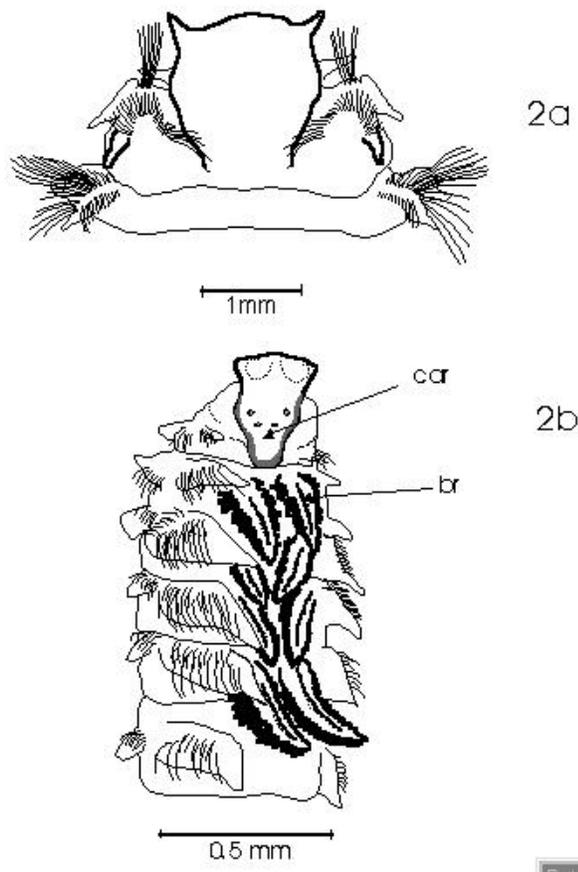


Figura 2

Vista dorsal del extremo anterior de dos especies de poliquetos bentónicos utilizados para desarrollar el índice de vigilancia ambiental del medio bentónico submareal de bahía Quintero, Chile central. Br = branquia, car= carúncula. a) *Nephys impressa*, b) *Prionospio peruana*.

Dorsal view of the anterior end of two species of benthic polychaetes used in the Environmental Monitoring Index (IVA, in spanish) of the subtidal benthos of Quintero Bay, central Chile. Br = branchiae, car= caruncle. a) *Nephys impressa*, b) *Prionospio peruana*.

N. impressa representa una especie de alto nivel trófico (Zajac & Whitlach 1988). La presencia de individuos juveniles en las muestras ha permitido observar sólo un evento de reclutamiento anual, que se extiende entre noviembre y marzo. Este poliqueto representa la existencia de condiciones oligotróficas en los sedimentos submareales con bajo contenido de materia orgánica (<1%) y predominancia de arena muy fina mezclada con arena mediana a gruesa (Soto 1998).

P. peruana, en cambio, fue seleccionada porque alcanzó la máxima abundancia durante un evento de enriquecimiento orgánico acontecido en marzo de 1996.

Esto se reflejó en un incremento de 1 al 3% en el contenido total de materia orgánica en los sedimentos. Aparece en forma eventual en la bahía y con baja abundancia (< 80 individuos por campaña de vigilancia). Sin embargo, en marzo de 1996 alcanzó densidades totales cercanas a 10.000 individuos. Es un poliqueto de pequeño tamaño que se alimenta de material particulado que obtiene de la columna de agua con la ayuda de un par de tentáculos y posee cuatro pares de branquias en su extremo anterior (Fauchald & Jumars 1979). No se ha observado un patrón claro de reclutamiento de la especie que aparentemente, crece con rapidez, ya que en la campaña de seguimiento efectuada previamente a marzo de 1996 (noviembre de 1995) no se habían detectado densidades significativas de este poliqueto.

Ambas especies, sin embargo, han sido identificadas como las especies más importantes entre los poliquetos recolectados durante todas las campañas de vigilancia ambiental del medio acuático de la zona de estudio.

Recolección y análisis de muestras

Las muestras de macrofauna y sedimentos se recolectaron en la bahía de Quintero (32°45' S, 71°29' O); en cuatro estaciones distribuidas entre 6 y 13 m de profundidad, alrededor del muelle mecanizado de la empresa Oxiquim S.A. (Fig. 1b). En cada estación se obtuvieron tres réplicas mediante una draga tipo Van Veen de 0,1 m² de área de mordida. La profundidad se determinó con la polea contámetro del cable guía de la draga. La posición de las estaciones se determinó con brújula, tomando como referencia puntos geográficos e instalaciones de ubicación geográfica conocidas. Las muestras se envasaron a bordo en bolsas plásticas etiquetadas. Del primer dragado efectivo, con cantidad apreciable de sedimento, se separó una muestra de sedimento para los análisis de granulometría y de contenido de materia orgánica. Estas muestras se tamizaron en un tamiz geológico de 0,5 mm de abertura de malla. La fauna retenida se fijó en formalina (al 5%) diluida en agua de mar y posteriormente se separó, determinó según Rozbaczylo & Castilla (1974), Hartmann-Schröder (1962) y Soto (1998), y se cuantificó el número de individuos de cada especie. Para determinar el contenido de materia orgánica en los sedimentos se utilizó el método de ignición de Mook & Hoskin (1982).

Índice de vigilancia ambiental

La idea de formular un índice se basa en planteamientos teóricos y prácticos de algunas investigaciones efectuadas en la costa de Francia. Estas investigaciones han demostrado que a través del uso de la composición de especies y la abundancia de algunas especies de

poliquetos asociados a algas bentónicas de zonas intermareales con y sin impacto ambiental se ha logrado desarrollar una técnica simple de seguimiento ambiental (Bellan 1980, Bellan *et al.* 1988).

Por otra parte, el uso de otro tipo de índices bentónicos ha permitido determinar la situación biogeoquímica de los sedimentos existentes bajo las balsas jaulas utilizadas en el cultivo de salmones (Hargrave 1994, Findlay & Watling 1997).

Apoyado en estas experiencias, el índice de vigilancia ambiental del medio bentónico submareal (IVA) diseñado para bahía Quintero tomó la siguiente estructura:

$$\text{IVA} = \text{Log} [(N\text{Ni}/(N\text{Pp} + 1)) * 100],$$

donde, NNi es la abundancia total o promedio de *N. impressa*, NPp, la de *P. peruana*. La función logarítmica permite identificar, a través de los órdenes de magnitud, las diferencias entre diferentes valores estimados para este índice.

Durante este estudio se registraron las variables ambientales de la columna de agua: temperatura, salinidad y contenido de oxígeno disuelto, además de aquellos parámetros relacionados con la composición granulométrica y con el contenido de sulfuro de los sedimentos. Sin embargo, no se incluyeron en este trabajo los análisis respecto de estas variables. Los protocolos, métodos de análisis de cada uno de estos parámetros y los resultados parciales obtenidos han sido publicados por Leighton *et al.* (1995, 1996 y 1997a, b y c).

Resultados

Aspectos generales

Se recolectaron 20 especies de poliquetos en los fondos arenosos someros de bahía Quintero, con una abundancia total de 17.200 ejemplares. De éstos el 73,8% corresponde a la abundancia acumulada de *N. impressa* y *P. peruana* (Tabla 1). El producto entre frecuencia de ocurrencia, expresada en porcentaje, y la abundancia total por especie, es indicador de la

contribución de cada especie a la abundancia total y la frecuencia de ocurrencia, permitió observar que las especies de mayor incidencia en todas las campañas de seguimiento fueron *P. peruana* y *N. impressa* (Tabla 1).

En la variabilidad temporal de la abundancia de las especies seleccionadas se observó que en todas las campañas de vigilancia, con excepción de marzo de 1996, *N. impressa* fue superior respecto a *P. peruana* (Tabla 2). *P. peruana* experimentó variaciones de hasta cuatro órdenes de magnitud en la abundancia mientras que *N. impressa* mantuvo densidades estables (CV = 51,1%), fluctuando entre 60 y 680 individuos (Fig. 3a y b). La abundancia promedio por campaña de seguimiento fue de 356 ejemplares en *N. impressa* y 1.232 en *P. peruana*.

Tabla 1
Poliquetos bentónicos recolectados en bahía Quintero en ocho campañas de vigilancia ambiental, entre marzo de 1995 y marzo de 1998, con su respectiva frecuencia de ocurrencia (número de campañas en que han sido recolectados) y abundancia total (número de individuos).

Benthic polychaetes collected in eight monitoring campaigns in Quintero Bay carried out from March 1995 to March 1998, with the respective occurrence frequency (number of campaigns in which they have been collected) and the total abundance (number of individuals by species).

Especies	Frecuencia	Abundancia total	Índice importancia
<i>Sigalion ovigerum</i>	2	10	250
<i>Eteone aestuarina</i>	1	10	125
<i>Hesionides arenaria</i>	3	2500	93750
<i>Aglaophamus polyphara</i>	2	50	1250
<i>Nephtys impressa</i>	8	2370	237000
<i>Sphaerephesia chilensis</i>	2	20	500
<i>Hemipodus simplex</i>	7	150	13125
<i>Goniada uncinigera</i>	6	700	52500
<i>Lumbrineris tetraura</i>	2	50	1250
<i>Naineris chilensis</i>	4	40	2000
<i>Aricidea pigmentata</i>	1	10	125
<i>Dispio uncinata</i>	2	240	6000
<i>Prionospio peruana</i>	5	9760	610000
<i>Spiophanes bombyx</i>	2	290	7250
<i>Caulleriella alata</i>	1	70	875
<i>Ophelina delapidans</i>	5	110	6875
<i>Mediomastus branchiferus</i>	3	30	1125
<i>Maldanidae Indet</i>	1	10	125
<i>Sabella tilosaula</i>	1	10	125

El índice de importancia representa el producto entre la frecuencia (%) con la abundancia total de cada especie. En negrita se muestran las especies seleccionadas para desarrollar el índice de vigilancia ambiental del medio bentónico submareal de esta bahía.

En *N. impressa* los valores superiores de abundancia correspondieron a las campañas efectuadas en marzo y abril debido al proceso de reclutamiento que ocurre en esta época y que se evidencia por la presencia de un alto porcentaje de individuos de pequeño tamaño (< 2 mm de longitud; < 20 segmentos setíferos). En noviembre, en cambio, los valores fueron más bajos que el valor promedio.

Índice de vigilancia ambiental

Los resultados obtenidos utilizando el IVA permitieron identificar tres situaciones ocurridas a lo largo del programa de vigilancia ambiental de los fondos submareales someros de bahía Quintero. La primera situación corresponde a valores del IVA superiores a 3,8 en las campañas previas al enriquecimiento orgánico del fondo durante marzo de 1996; la segunda situación correspondió a una brusca disminución del valor del índice (<1) por efecto del incremento significativo de la abundancia de *P. peruana*; por último, se observó una recuperación de los valores que fluctuaron en torno al promedio (3,1), sin lograr alcanzar los valores que se habían detectado antes de marzo de 1996 (Fig. 3c).

Como en la fluctuación temporal del contenido de materia orgánica en los sedimentos se presentó una variación contraria a la observada en el IVA, se estableció una correlación entre ambas variables y se determinó que existe una relación exponencial negativa entre el contenido de materia orgánica en los sedimentos y el valor del IVA, con un coeficiente de correlación significativo (Fig. 4). Bajo condiciones normales en lo que se refiere al contenido de materia orgánica en los sedimentos submareales (~1%), el IVA muestra valores mayores que 2,5.

Tabla 2

Abundancia total (*) de dos especies de poliquetos bentónicos recolectados durante ocho campañas de vigilancia ambiental en bahía Quintero, Chile central.

Total abundance (*) of two benthic polychaete species collected in eight environmental monitoring campaigns in Quintero Bay, central Chile.

Especies	Mar. '95	Nov. '95	Mar. '96	Nov. '96	Abr. '97	Ago. '97	Nov. '97	Mar. '98
<i>Nephtys impressa</i>	320	180	670	290	600	310	60	410
<i>Prionospio peruana</i>	0	0	9680	20	60	10	0	80
Total	390	290	14060	450	830	400	100	680

* El total representa la suma total de poliquetos en cada campaña de vigilancia.

Por su parte, los parámetros ecológicos: abundancia, diversidad y riqueza de especies no presentaron variaciones acordes con la variabilidad de los parámetros abióticos del ambiente. Incluso durante marzo de 1996, se registraron los mayores valores de contenido de oxígeno disuelto, en circunstancias que era esperable una disminución significativa de éste debido a la oxidación de la materia orgánica del fondo.

Discusión y Conclusiones

Se propone el uso de un índice de vigilancia ambiental (IVA) que se basa en la variación de la abundancia de los poliquetos bentónicos *N. impressa* y *P. peruana*. Actualmente existen diversos intentos por estudiar a través de indicadores biológicos, la dinámica ambiental tanto de la columna de agua como de los sedimentos (Gray 1981, Pearson *et al.* 1983). También se investiga la posibilidad de reflejar por medio de estos bioindicadores la influencia de diversos tipos de actividades económicas generadoras de residuos industriales y domiciliarios sobre la estructura y dinámica de las poblaciones tanto de organismos marinos (Dauer & Connor 1980, Carrasco & Gallardo 1994, Heip 1995) como límnicos (Mudroch *et al.* 1999).

Un programa de vigilancia ambiental debe mantener bajos costos y reflejar la dinámica de las comunidades biológicas y el impacto producido por alteraciones físicas, químicas y biológicas por medio de un bajo número de estaciones comparado con el estudio de línea de base. El IVA propuesto disminuye el tiempo de análisis de las muestras bentónicas y permite obtener información acerca del estado de las comunidades bentónicas del área de estudio, la que es necesaria para la toma de decisiones. Como a veces el gran número de especies existentes dificulta el análisis y la obtención de conclusiones, el IVA que proponemos podría disminuir la complejidad estadística asociada al análisis de métodos de ordenación y clasificación para definir impactos a nivel global sobre las comunidades macrobentónicas. Al mismo tiempo permitiría ejecutar esta actividad con la ayuda de personal no especialista en taxonomía de poliquetos.

La naturaleza cualitativa del concepto de organismo indicador o bioindicador de contaminación ha llevado a diferentes investigadores a sugerir el ranking numérico de especies o grupos de especies como un elemento adecuado para proveer índices semicuantitativos (Carrasco & Gallardo 1989). Para el bentos marino, Leppakoski (1975) ha propuesto un índice de contaminación bentónica, el que se basa en

las reacciones registradas en las respuestas a la contaminación orgánica por parte de las comunidades bentónicas costeras. Reish (1980) ha utilizado un índice trófico basado en los modos de alimentación de los organismos recolectados en la zona de estudio. Dauer (1984) ha planteado que se pueden predecir o definir impactos ambientales y la magnitud de éstos basándose en la composición trófica de las especies presentes en un área. Bellan (1980) y Bellan *et al.* (1988) han propuesto un índice de contaminación anelidiano basado entre la proporción existente de especies centinelas o indicadoras de contaminación y aquellas indicadoras de buena calidad de agua. Valores de este índice mayores que 1 permiten concluir que la zona costera se encuentra alterada.

De acuerdo a estos antecedentes, el índice que proponemos sería el único en la literatura actual en que se consideran aspectos poblacionales de un reducido número de especies. Para bahía Quintero, este índice permite visualizar alteraciones en las condiciones ambientales cuando la estimación de otras variables de las proximidades del fondo no las reflejan.

Entre las condiciones que deben tomarse en cuenta, sin embargo, para obtener resultados confiables con este índice están las siguientes:

- Es aplicable a bahías someras, con predominio de arenas, tal como se observa en bahía Quintero.

- La distribución geográfica de las especies consideradas permite visualizar que es válido para aquellas bahías distribuidas desde Arica al golfo de Arauco (Rozbaczylo 1985).

- El índice propuesto se podría adaptar a estudios efectuados en otras localidades considerando la totalidad de las especies de néftidos y espionidos existentes en cada bahía (D. Lancellotti, com. pers.).

P. peruana también es la especie más abundante en otras comunidades bentónicas someras de la costa de Chile, tales como al interior del golfo de Arauco (Carrasco & Gallardo 1995) y en algunos sectores de la bahía de Valparaíso (Rozbaczylo & Salgado 1993). En las bahías de la Octava Región, con alta influencia humana y fondos orgánicamente enriquecidos, predominan en general los poliquetos tentaculados de la familia Spionidae (Carrasco & Gallardo 1994). La composición de especies que habitan en los fondos submareales someros de bahía Quintero (Tabla 1) reflejaría, por el contrario, ambientes de baja alteración humana en marcado contraste con las bahías de la zona

centro sur de Chile, como son Concepción y San Vicente (Oyarzún *et al.* 1987, Carrasco 1996).

Las observaciones planteadas generan la pregunta en torno a cuáles son las especies más importantes de tomar en consideración en programas de vigilancia ambiental. Por una parte, en los resultados obtenidos, los poliquetos espionidos provocaron el incremento explosivo de la densidad durante la campaña de marzo de 1996 (Fig. 3). En esa oportunidad se observó una clara alteración de las características del fondo: sedimentos reducidos, predominancia de arena muy fina y fuerte olor, indicativo de la presencia de ácido sulfídrico. Se constató, además, que los sedimentos se encontraban mezclados con vísceras, vertebras, espinas y escamas de peces. En las proximidades del sitio de estudio existe una planta de procesamiento de productos del mar que operó en el verano de 1996. Es posible que lo observado en los sedimentos submareales someros haya sido un reflejo de la alteración provocada por el enriquecimiento orgánico debido a RILES no tratados, liberados por esa planta procesadora. En consecuencia pareciera que estas especies de poliquetos podrían ser importantes centinelas, indicadoras de enriquecimiento orgánico en bahía someras.

Por otra parte, se aclararon algunas interrogantes relacionadas con la biodiversidad y composición de especies de poliquetos submareales recolectados durante las ocho campañas de vigilancia en un sector somero de bahía Quintero. Se determinó que existen 20 especies de poliquetos, distribuidas en 16 familias. Existe un número bajo de especies en comparación a otras localidades de la zona central de Chile como por ejemplo bahía de Concepción (Carrasco & Gallardo 1994; Carrasco 1996), San Vicente (Carrasco *et al.* 1988) y la plataforma continental frente a la bahía de Concepción (Gallardo *et al.* 1994). La composición de especies en Quintero difiere claramente de los lugares mencionados, aún con bahías más próximas como Valparaíso (Andrade *et al.* 1986). También se observó que, al contrario de lo que ocurre en las bahías de la zona centro-sur de Chile, no existen en este caso especies dominantes en términos de abundancia y cuando se han presentado, han sido casos aislados (por ejemplo, *P. peruana*). Por el contrario, las especies permanentes o frecuentes en la zona de estudio poseen baja abundancia, manteniendo estos valores una gran estabilidad entre campañas de vigilancia.

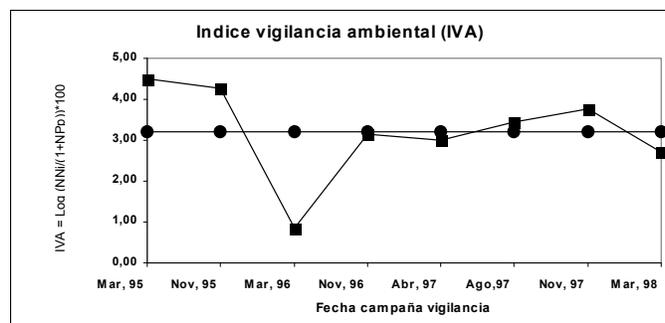
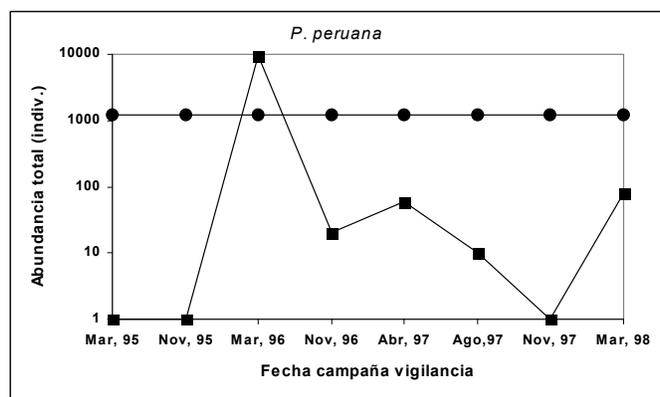
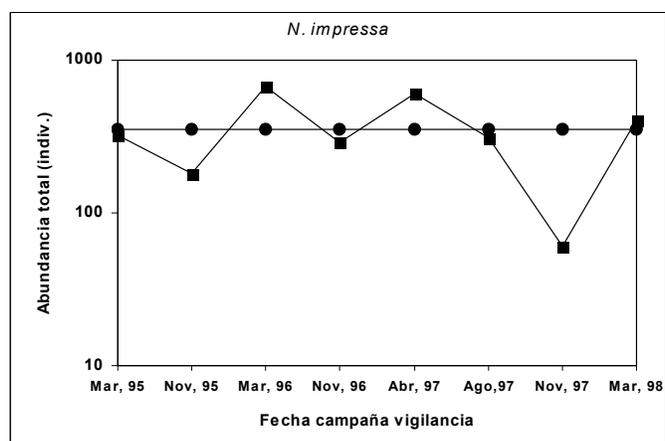


Figura 3

Variabilidad temporal de la abundancia total de dos especies de poliquetos bentónicos submareales recolectados en ocho campañas de vigilancia ambiental entre marzo de 1995 y marzo de 1998 en bahía Quintero, Chile central, con la correspondiente variabilidad del índice de vigilancia ambiental (IVA). a: *Nephtys impressa*, b: *Prionospio peruana*, c: índice de vigilancia ambiental.

Temporal fluctuations of the total abundance of two species of subtidal benthic polychaetes collected during eight environmental campaigns carried out between March 1995 and March 1998, in Quintero Bay, central Chile. a: *Nephtys impressa*, b: *Prionospio peruana*, c: environment monitoring index (IVA).

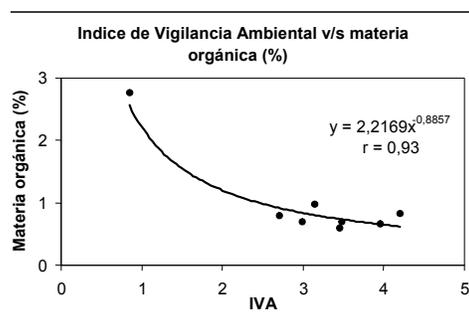


Figura 4

Relación entre el contenido de materia orgánica de los sedimentos submareales de un sector somero de bahía Quintero, Chile y el valor del índice de vigilancia ambiental (IVA) provisto a través de dos especies de poliquetos bentónicos.

Organic matter in shallow, subtidal sediments at Quintero Bay, Chile, and its relationship with the environmental monitoring index provided by two species of benthic polychaetes.

Considerando que la zona costera de bahía Quintero se encuentra actualmente sometida a una serie de usos, con una amplia gama de impactos ocasionados por diversa fuentes fijas relacionadas ya sea con el sector sanitario, químico, metalúrgico o pesquero (Fig. 1), la incorporación de un tipo de índice como el IVA propuesto para el estudio de los requerimientos ambientales provee una nueva herramienta de gestión ambiental adicional a las ya existentes. Esta herramienta junto con representar un medio de bajo costo, por cuanto los análisis bentónicos se concentrarían en variables que requieren menor infraestructura de laboratorio, hace más fácil el entrenamiento de personal no especializado en la identificación de estos organismos, permitiendo obtener los resultados de los análisis en un menor lapso de tiempo.

Agradecimientos

Los autores desean expresar los agradecimientos a la empresa OXIQUIM S.A. por financiar el proyecto "Programa de monitoreo del ambiente marino Terminal Marítimo Oxiquim S.A., Quintero, V Región" y permitir utilizar estos antecedentes para los fines académicos de esta publicación. También agradecen la cooperación de trabajo de terreno de los Sres. Juan Soto y Sergio Zepeda, funcionarios de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Valparaíso. Se dió término a este trabajo gracias al

financiamiento parcial del proyecto Mineduc-Acuicultura, Convenios de Desempeño "Centro de Investigación para la acuicultura y manejo de recursos marinos" ejecutado por la Universidad de Magallanes y con aportes de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Valparaíso.

Literatura Citada

- Andrade H, S Gutiérrez & A Salinas. 1986.** Efecto del vertimiento de desechos orgánicos no tratados sobre la macrofauna bentónica en un sector de bahía Valparaíso (Chile). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA*, 10: 21-49.
- Bellan G. 1980.** Relationship of pollution to rocky bottom substratum polychaetes on the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin* 11: 318-321.
- Bellan G, G Desrosiers & A Willsie. 1988.** Use of an Annelid Pollution Index for monitoring a moderately polluted littoral zone. *Marine Pollution Bulletin* 19: 662-665.
- Blake, JA. 1983.** Polychaetes of the family Spionidae from South America, and Adjacent Seas and Islands. *Biology of the Antarctic Seas XIV*. 39 (3): 206-287.
- Cañete JI. 1999.** Papel de los poliquetos (Annelida) en estudios de impacto ambiental en el mar. *Revista Austro Universitaria, Punta Arenas, Chile*, N° 11: 36-38.
- Carrasco FD. 1996.** La macroinfauna bentónica de la bahía de Concepción, Chile: alta dominancia ecológica en el sublitoral somero frente a Lirquén. *Gayana, Oceanología*, 4: 1-12.
- Carrasco FD & VA Gallardo. 1989.** La contaminación marina y el valor de la macroinfauna bentónica en su evaluación y vigilancia: casos de estudios en el litoral de Concepción, Chile. *Biología Pesquera, Chile*, 18: 15-27.
- Carrasco, FD & VA Gallardo. 1994.** Diversidad, distribución y abundancia del macrobentos sublitoral y observaciones sobre la dinámica temporal de corto término de los sedimentos de Bahía Concepción, Chile. *Gayana Oceanología*, 2 (2): 49-68.
- Carrasco FD & VA Gallardo. 1995.** La macroinfauna del sublitoral arenoso del Golfo de Arauco, Chile: alta afinidad faunal del conjunto bentónico asociado. *Gayana Oceanología*, 3 (2): 53-73.
- Carrasco FD, VA Gallardo & S Medrano. 1988.** Sublittoral macrobenthic infaunal assemblages of two nearby embayments from central Chile. *Internationale Revue gesamt Hydrobiologie* 73: 441-455.
- Dauer DM. 1984.** The use of polychaete feeding guilds as biological variables. *Marine Pollution Bulletin* 15: 301-305.
- Dauer, DM & WG Connor. 1980.** Effects of moderate sewage input on benthic polychaete populations. *Estuarine and Marine Science* 10: 335-346.
- Fauchald K. 1977.** The Polychaete Worms. Definitions and Keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series, 28: 1-190.
- Fauchald K & PA Jumars. 1979.** The Diet of Worms: A Study of Polychaete Feeding Guilds. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 17:193-284.
- Findlay RH & L Watling. 1997.** Prediction of benthic impact for salmon net-pens based on the balance of benthic oxygen supply and demand. *Marine Ecology Progress Series* 155: 147-157.
- Gallardo VA, FD Carrasco, R Roa & JI Cañete. 1994.** Ecological patterns in the benthic macrobiota across the continental shelf off central Chile. *Ophelia* 40: 167-188.
- Gray JS. 1981.** The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, London, 185 p.
- Gray JS & TH Pearson. 1982.** Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 1. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series* 9: 111-119.
- Gray JS, A McIntyre & J Stirn. 1992.** Manual of methods in aquatic environment research. FAO Fisheries Technical Papers 11: 1-49
- Hartmann-Schröder G. 1962.** Zweiter Beitrag zur Polychaeten fauna von Peru. *Kieler Meeresforschung* 18: 109-147.
- Harvgrave BT. (ed) 1994.** Modeling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1949: 1-125.
- Heip C. 1995.** Eutrophication and zoobenthos dynamics. *Ophelia* 41: 113-136.
- Leighton G, HA Sievers, JI Cañete. & L López. 1995.** Programa de Monitoreo de ambiente marino Terminal Oxiquim S.A. Quintero, V Región. Informe de Avance Monitoreos de marzo y julio de 1995. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Informes Científicos y Técnicos N° 005/95. 60 p. Informe solicitado por OXIQUM S.A.
- Leighton G, HA Sievers, JI Cañete & L López. 1996.** Programa de Monitoreo de ambiente marino Terminal Oxiquim S.A. Quintero, V Región. Informe de Avance Monitoreos de noviembre de 1995 y marzo de 1996. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Informes Científicos y Técnicos N° 007/96. 60 p. Informe solicitado por OXIQUM S.A.
- Leighton G, HA Sievers, JI Cañete & L López. 1997a.** Programa de Monitoreo de ambiente marino Terminal Oxiquim S.A. Quintero, V Región. Informe de Avance Monitoreos de julio y noviembre de 1996. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Informes Científicos y Técnicos N° 002/96. 50 p. Informe solicitado por OXIQUM S.A.

- Leighton G, HA Sievers, JI Cañete & L López. 1997b.** Programa de Monitoreo de ambiente marino Terminal Oxiquim S.A. Quintero, V Región. Informe de Avance Monitoreo de abril de 1997. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Informes Científicos y Técnicos N° 009/97. 39 p. Informe solicitado por OXIQUM S.A.
- Leighton G, HA Sievers, JI Cañete & L López. 1997c.** Programa de Monitoreo de ambiente marino Terminal Oxiquim S.A. Quintero, V Región. Informe de Avance Monitoreo de agosto de 1997. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso. Informes Científicos y Técnicos N° 014/97. 21 p. Informe solicitado por OXIQUM S.A.
- Leppakosky E. 1975.** Assesment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environment. Acta Academica Abo, Ser. B, 35: 1-90.
- Mook D & Ch Hoskin. 1982.** Organic determination by ignition: caution advised. Estuarine, Coastal and Shelf Sciences 15: 697-699.
- Mudroch A, JM Azcue & P Mudroch (eds). 1999.** Bioassessment of aquatic sediment quality. Lewis Publishers, Boca Ratón, 236 p.
- Oyarzún C, FD Carrasco & VA Gallardo. 1987.** Some characteristics of macrobenthic fauna from the organic-enriched sediments at Talcahuano, Chile. Cahiers de Biologie Marine 28: 429-446.
- Pearson TH & R Rosenberg. 1978.** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment of the marine environment. Oceanography and Marine Biology Annual Review 16: 229-311.
- Pearson TH, JS Gray & PJ Johannessen. 1983.** Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data Analyses. Marine Ecology Progress Series 12: 237-255.
- Pocklington P & PG Wells. 1992.** Polychaetes. Key Taxa for Marine Environmental Quality Monitoring. Marine Pollution Bulletin. 24 (12): 593-598.
- Pocklington P & KG Doe. 1998.** Development of a Canadian marine toxicity test for whole sediments using cultured spionid polychaetes. En: PG Wells, K Lee & C. Blaise (eds), Microscale testing in aquatic toxicology. Advances, techniques and practice 27: 395-407. CRC Press, Boca Ratón.
- Raman AV & PN Ganapati. 1983.** Pollution effects on ecobiology of benthic polychaetes in Visakhapatnam Harbour (Bay of Bengal). Marine Pollution Bulletin 14 (2): 46-52.
- Reish DJ. 1980.** Effects of domestic wastes on the benthic marine communities of southern California. Helgoländer Meeresuntersuchungen 33: 377-383.
- Reish DJ. 1998.** The use of larvae and small species of polychaetes in marine toxicological testing. En: Wells PG, K Lee & C Blaise (eds), Microscale testing in aquatic toxicology. Advances, techniques and practice 26: 383-393. CRC Press, Boca Ratón.
- Rożbaczyló N. 1985.** Los Anélidos Poliquetos de Chile. Monografías biológicas N° 3. Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 284 p.
- Rożbaczyló N & JC Castilla. 1974.** La familia Nephtyidae en Chile (Annelida, Polychaeta). Studies on Neotropical Fauna 9 (2): 179-206.
- Rożbaczyló N & P Salgado. 1993.** Poliquetos Spionidae de fondos blandos submareales de la bahía de Valparaíso, Chile (Annelida: Polychaeta). Estudios Oceanológicos 12: 17-28.
- Rygg B. 1985.** Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian fjords. Marine Pollution Bulletin 16 : 469-474.
- Soto E. 1998.** Poliquetos bentónicos de un sector de bahía Quintero: Biodiversidad, abundancia y variabilidad temporal (1995-1997). Seminario de investigación, Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Viña del Mar, Chile, 55 p.
- Warwick RM. 1986.** A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. Marine Biology 92: 557-562.
- Zajac RN & RB Whitlatch. 1988.** Population ecology of the polychaete *Nephtys incisa* in Long Island Sound and the effects of disturbance. Estuaries 11: 117-133.