

Research Article

Estudio de macroinvertebrados en dos intermareales de fondos blandos: datos de referencia en condiciones incipientes de impacto antrópico

Augusto César Crespi-Abril^{1,2,3}, Agustina Ferrando¹ & Matías Emanuel Dileo Agostino-Andrea³

¹Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CONICET, Puerto Madryn, Argentina

²Universidad Nacional del Comahue, Río Negro Argentina

³Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn, Chubut, Argentina

Corresponding author: Augusto Crespi (crespi@cenpat-conicet.gob.ar)

RESUMEN. Se analizó la abundancia de macroinvertebrados bentónicos intermareales en relación a las características del sedimento en dos playas de arena del Golfo Nuevo (Patagonia, Argentina), una adyacente a un centro urbano (Playa Mimosa: PM) y otra (Cerro Avanzado: CA) ubicada a 20 km de dicha localidad. Dentro de cada playa, las condiciones ambientales fueron homogéneas (90% de similitud). Los valores medios de tamaño de grano, profundidad de la capa anóxica y porcentaje de materia orgánica fueron 117,6 µm, 4,95 cm y 0,76%, y 165,2 µm, 9,50 cm y 0,63%, en PM y CA, respectivamente. Aunque las familias más abundantes en ambas playas fueron Tellinidae, Maldanidae y Opheliidae, en PM se registraron nueve familias que no estuvieron presentes en CA, reflejando una mayor diversidad (3,06 *versus* 1,77). Por lo tanto, cuando se consideró sólo la composición faunística, la similitud entre los sitios de ambas playas fue notablemente menor (<82%) que la obtenida según sus condiciones ambientales. La granulometría y el porcentaje de materia orgánica fueron las variables que mejor se correlacionaron con la abundancia de macroinvertebrados. Este es el primer estudio de macroinvertebrados y su relación con las características del sedimento considerando la extensión completa de dos playas dentro del Golfo Nuevo. Los resultados de este trabajo constituyen una referencia para futuros estudios de monitoreo e impacto ambiental en esa área geográfica.

Palabras clave: línea de base, comunidad bentónica, granulometría, capa anóxica, materia orgánica, Patagonia.

Study of macroinvertebrate in two intertidal soft bottoms: reference data in conditions of incipient anthropic impact

ABSTRACT. In this study, we analyzed the relation between the abundance of benthic macroinvertebrates and relevant environmental variables in two intertidal in Golfo Nuevo (Argentinean patagonia), one near a urban center (Mimosa Beach, PM) and the other at 20 km from that location (Cerro Avanzado Beach, CA). Within each beach, the environmental conditions were homogeneous (90% of similarity). Mean size grain values, anoxic layer depth, and percent organic matter were 117.6 µm, 4.95 cm and 0.76%, and 165.2 µm, 9.5 cm and 0.63%, for PM and CA respectively. Even though three families were the most abundant in both beaches (Tellinidae, Maldanidae and Opheliidae), nine families were exclusively observed in PM. This resulted in a higher biodiversity in PM (3.06) in relation to CA (1.77). When faunal composition was considered, the similarity between sites was notably low (lower than 82%) if compared with the environmental conditions. Granulometry and organic matter were the variables with the highest correlation with macroinvertebrates abundance. This is the first study of macroinvertebrates and their relationship with some environmental variables throughout the complete spatial extension of two beaches in Golfo Nuevo. This is of particular relevance if we consider that coastal regions of this gulf has been exposed to a sustained increase of anthropic activities in the last years and base- line information is scarce.

Keywords: base-line, benthic community, granulometry, anoxic layer, organic matter, Patagonia.

INTRODUCCIÓN

La zona intermareal constituye una interface que conforma un nexo crítico entre el sistema terrestre y marino (Angeloni, 2003). La mayor parte de los intermareales del mundo (casi dos tercios de todos los intermareales sin cobertura de hielo) están caracterizados por playas arenosas (McLachlan & Brown, 2010). Estos ambientes son capaces de filtrar grandes volúmenes de agua y de reciclar nutrientes (McLachlan *et al.*, 1985; McLachlan, 1989); además presentan un alto valor ecológico ya que son considerados como una importante zona de alimentación y cría para numerosas especies (Burger, 1991), y un alto valor socio-económico debido a que la población humana los utiliza como área de recreación y de asentamiento urbano (Whitmarsh *et al.*, 1999; Pearson & Powell, 2001; Nordstrom, 2008; Defeo *et al.*, 2009). Cualquier cambio en la biodiversidad de estos ambientes como consecuencia de las perturbaciones antrópicas, puede alterar significativamente la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas (Davenport & Davenport, 2006; Defeo *et al.*, 2009).

El sector patagónico del Mar Argentino posee alrededor de 3.000 km de costa, con un elevado valor en términos de biodiversidad global. Esta costa es utilizada por aves migratorias y mamíferos marinos para descanso, alimentación y apareamiento (Yorio, 2009). A su vez, presenta zonas de reproducción y crianza de peces, crustáceos y moluscos, sustentando uno de los ecosistemas marinos templados más ricos y productivos del mundo (Vázquez, 2004). Sin embargo, el conocimiento científico sobre los intermareales de fondos blandos de estas costas es escaso, si se compara con el desarrollo y diversificación de usos. El Golfo Nuevo, localizado en Patagonia norte, presenta regiones con diferentes grados de perturbaciones antrópicas. El margen occidental del golfo es la región más afectada debido a la presencia de un centro urbano (ciudad de Puerto Madryn), con gran actividad turística y portuaria. Diversos trabajos han detectado bajas a moderadas concentraciones de hidrocarburos (Commendatore & Esteves, 2007), altos niveles de TBT e incidencia de imposex en diversas especies de gasterópodos (Bigatti *et al.*, 2009) y zonas enriquecidas orgánicamente (Ferrando, 2007; Ferrando *et al.*, 2010) como resultado del tráfico marítimo y desarrollo industrial, respectivamente. Asimismo, evaluaciones en los sedimentos evidenciaron procesos de bioacumulación en mejillones y almejas (Massara-Paletto, 2003) que se extienden a lo largo de las tramas tróficas propias de estos mares. Particularmente, algunos autores han determinado que la concentración de contaminantes decrece conforme aumenta la distancia a la ciudad (Bigatti *et al.*, 2009).

Si bien existen antecedentes donde se describe la composición faunística de las comunidades macrobentónicas del intermareal de fondos blandos del Golfo Nuevo (Escofet *et al.*, 1978, 1979; Escofet, 1983; Barón, 1995; Barón & Ciocco, 1997, 1998; Ciocco & Barón, 1998; Lizarralde, 2002; Lizarralde & Cazzaniga, 2009), son escasos los trabajos donde se analiza su distribución en función de las características de los sedimentos y se evalúa el posible efecto de la contaminación sobre estos ambientes (Ferrando, 2007; 2010). El objetivo de este trabajo es analizar la abundancia de diferentes taxa de macroinvertebrados bentónicos de playas con diferente grado de perturbación antrópica, en relación con las características ambientales de los sedimentos, considerando dos escalas espaciales (Defeo & McLachlan, 2005): mesoescala (en una playa) y macroescala (entre dos playas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y recolección de muestras

El presente estudio se realizó en las playas arenosas Mimosa (PM) y Cerro Avanzado (CA) (Fig. 1). Ambas localizadas en el margen sudoeste del Golfo Nuevo, presentan una orientación similar respecto al punto cardinal (50°N) y se encuentran sometidas a un régimen de exposición al oleaje equivalente de $\sim 1.500 \text{ J m}^{-1}$ (Carrasco & Crespi-Abril, datos no publicados). Ambas playas están sometidas a un ciclo de marea semidiurno con amplitudes medias de 4,62 m. Las longitudes de estas playas son de 4.264 y 1.020 m, respectivamente y su pendiente es suave (aproximadamente $1,21^\circ$, Escofet, 1983). Una diferencia importante entre ambas playas es el grado de perturbación antrópica al que están sometidas. Playa Mimosa está próxima a la ciudad de Puerto Madryn y en consecuencia está expuesta a diferentes fuentes de perturbación (*e.g.*, presencia de hidrocarburos debido a la actividad portuaria, aporte de materia orgánica a través de efluentes industriales vertidos clandestinamente sobre esta playa, efecto de pisoteo por parte de turistas, entre otros). Contrariamente, CA se encuentra alejada (20 km) del mencionado centro urbano.

Las muestras se recolectaron a lo largo de los intermareales de PM y CA, en 29 y 12 sitios, respectivamente (Fig. 1) en la estación estival 2011-2012. En ambos casos, los sitios se distribuyeron sobre el intermareal de manera tal de relevar este ambiente en toda su extensión (Fig. 1). De esta forma, se aseguró que ambos intermareales estuvieran adecuadamente representados para realizar comparaciones entre ellos. Con objeto de caracterizar los ambientes intermareales de ambas playas, se midieron las siguientes variables

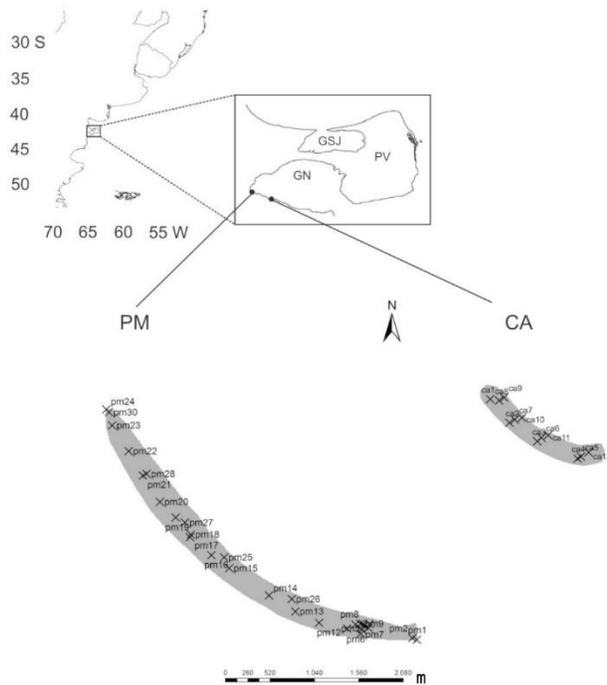


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en las playas Mimosa (PM) y Cerro Avanzado (CA). GSJ: Golfo San José, GN: Golfo Nuevo, PV: Península Valdés.

abióticas: profundidad de la capa anóxica (PCA), granulometría (GR) y porcentaje de materia orgánica (MO) en el sedimento. La PCA se midió *in situ* con una regla graduada cada 1 mm ya que el límite superior de la misma es fácilmente detectable por el cambio de color en el sedimento y por su olor característico (Lalli & Timothy, 1997). Para determinar GR y MO, se recolectó una muestra de sedimento en cada sitio con un cilindro plástico de 4 cm de diámetro hasta 15 cm de profundidad. Además se retiró una muestra con un cilindro plástico de 25 cm de diámetro hasta 15 cm de profundidad, para los análisis cuantitativos de la comunidad de macroinvertebrados. Estos últimos se tamizaron *in situ* utilizando una malla plástica de 1,2 mm de poro. Posteriormente, se fijaron en formol 10% y se preservaron en alcohol 70% para su posterior conteo e identificación en el laboratorio.

Procesamiento de muestras y análisis de datos

Datos ambientales

El análisis granulométrico de los sedimentos se realizó utilizando técnicas de agitación mecánica a través de una serie de seis tamices de tamaño de malla decreciente: 4.000, 2.000, 1.000, 500, 125 y 63 μ (Bale & Kenny, 2005). Cada muestra fue tamizada durante 30 min para separar y cuantificar las diferentes fracciones componentes de acuerdo a la escala propuesta por Wentworth (1922). Las mediciones se realizaron con

balanza digital (0,01 g) y los datos se analizaron con el programa Gradistat 6.0 (Blott, 2008), determinando el cuartil de 50% (mediana), la curtosis y la asimetría en cada sitio. Para determinar MO, se secó a 80°C una submuestra (2 g) hasta obtener un peso constante. Posteriormente, se calcinó durante 4 h a 450°C. La cantidad de materia orgánica se calculó como (Bale & Kenny, 2005):

$$MO = \left(\frac{(Pms - Pmc)}{Pms} \right) * 100$$

donde Pms es el peso seco de la muestra y Pmc es el peso calcinado de la muestra.

Los datos de las variables ambientales fueron interpolados dentro del polígono de estudio correspondiente a cada playa para una mejor visualización de los patrones espaciales, utilizando el algoritmo "Natural Neighbor" (Sibson, 1981). Además, se analizaron las diferencias entre las condiciones ambientales mediante la prueba *t*-Student. Por último, para detectar similitudes entre ambas playas, las características ambientales de los datos de PCA, GR y MO se utilizaron para realizar un análisis de conglomerados (índice de similitud de Bray-Curtis; método de agrupamiento promedio; Primer 5.0).

Datos biológicos

Con los datos biológicos de cada playa se calculó la densidad de organismos de cada taxón (D) expresada como el número de individuos por m², la diversidad biológica mediante el índice de Shannon (H') (Shannon & Weaver, 1949) y la frecuencia de ocurrencia (FO) de cada uno de los taxa calculada como FO = e E⁻¹, donde "e" es el número de sitios con presencia de un taxón determinado y "E" es el número total de sitios de muestreo. Para determinar si las diferencias entre los índices de diversidad calculados para cada playa fueron significativas se utilizó la prueba *t* de Hutcheson (Sokal & Rohlf, 2002). La composición faunística entre ambas playas se comparó mediante un análisis de conglomerados, utilizando los datos de las densidades de los taxa registrados en los 41 sitios de muestreo.

Relación entre los datos ambientales y biológicos

Para determinar qué variables influyeron en mayor medida sobre la distribución de las comunidades macrobentónicas en PM y CA, se realizaron los análisis BEST/BIOENV y ACP (análisis de componentes principales) con el programa Primer 6.0. Para ello, los datos biológicos se transformaron (raíz cuarta) y los datos ambientales se normalizaron. Asimismo, se realizó un análisis de correlación de Spearman (Conover, 1999) entre la densidad de los taxa más abundantes registrados en ambas playas y las variables ambientales registradas en ellas.

RESULTADOS

Caracterización ambiental de las playas Mimosa y Cerro Avanzado

En CA, la profundidad media de la capa anóxica fue de $9,5 \pm 1,2$ cm. Los menores valores se registraron en la zona media y noreste de la playa, mientras que los mayores se encontraron en los niveles superiores del intermareal (Fig. 2a). En PM, la profundidad media de la capa anóxica fue de $4,95 \pm 0,8$ cm. Los menores valores se determinaron en la zona media y sureste de esta playa, mientras que los mayores se registraron en la zona noreste (Fig. 2b). Las diferencias registradas entre ambas playas para esta variable fueron significativas ($t_{39}, P < 0,05$). Con respecto a la granulometría, el tamaño medio de grano en CA fue de $165,2 \mu\text{m}$ (arenas medias) con un mínimo de $141,5 \mu\text{m}$ y un máximo de $252,8 \mu\text{m}$. La distribución granulométrica presentó una asimetría de $0,052$ y una curtosis de $1,429$. El tamaño de grano fue disminuyendo en dirección norte (Fig. 3a). En PM, el tamaño medio de grano fue de $177,6 \mu\text{m}$ (arenas medias) con un mínimo de $143,3 \mu\text{m}$ y un máximo de $525,9 \mu\text{m}$. La distribución granulométrica presentó una asimetría de $0,037$ y una curtosis de $1,561$. Los valores mayores se determinaron en el extremo norte de la playa, manteniendo un tamaño relativamente constante al centro y sur de la misma (Fig. 3b). Las diferencias del tamaño medio de grano observadas entre ambas playas no fueron significativas ($t_{39}, P > 0,05$). El porcentaje medio de materia orgánica en PM fue de $0,76\%$ (DE: $0,21\%$). Los mayores valores se registraron en las zonas norte y sur de esta playa, mientras que los menores se registraron en el centro de la misma (Fig. 4). El porcentaje medio de materia orgánica en CA fue de $0,63\%$ (DE: $0,18\%$). Los mayores valores se registraron en el sector noreste, mientras que los menores en el sudoeste (Fig. 4). El porcentaje de materia orgánica entre ambas playas mostró diferencias significativas (prueba *t*-Student, $gl=39, P < 0,05$).

A partir del análisis de conglomerados realizado con los datos de las variables ambientales registrados en ambas playas, se observó que todos los sitios de muestreo, excepto PM23, PM24 y CA3, tuvieron más de un 95% de similitud (Fig. 5). Estos tres sitios presentaron una mayor profundidad de la capa anóxica (>7 cm), bajo porcentaje de materia orgánica ($<0,4\%$) y mayor tamaño medio de grano (>250 micras), que el resto de los sitios analizados en ambas playas.

Abundancia de macroinvertebrados en las playas Mimosa y Cerro Avanzado

Con respecto a la composición faunística de las playas bajo estudio, en PM se observaron 21 familias de ma-

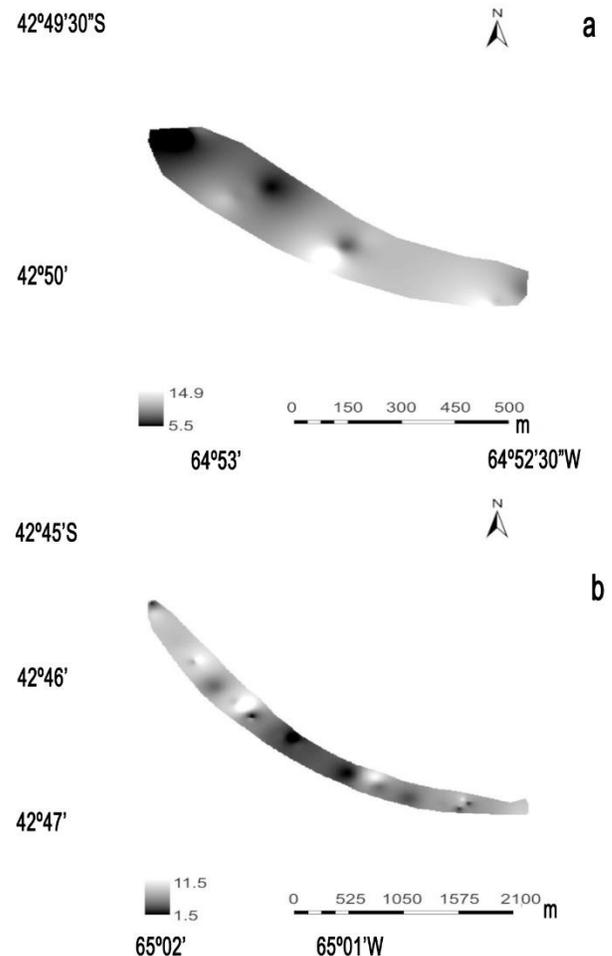


Figura 2. Distribución espacial de la profundidad de la capa anóxica (cm) en las playas analizadas. a) Cerro Avanzado, b) Mimosa.

croinvertebrados de las cuales 9 estuvieron presentes exclusivamente en esta playa, con una diversidad promedio de $3,06$ (DE= $1,02$) siendo las familias más abundantes: Tellinidae, Maldanidae, Opheliidae, Spionidae y Tanaidae (Tabla 1). Respecto a la FO, las familias Nassaridae, Opheliidae, y Maldanidae superaron el 50%; mientras que las familias Paraonidae, Scalibregmidae, Varunidae, Atelecyclidae y Corfoiidae fueron las menos frecuentes (FO = 3%) (Tabla 1). En CA, se registraron 16 familias de las cuales cuatro se presentaron exclusivamente en esta playa, la diversidad promedio fue de $1,77$ (DE= $0,86$) y las familias más abundantes fueron Tellinidae, Maldanidae y Opheliidae (Tabla 1). Respecto a la FO, las familias Tellinidae, Phoxocephalidae y Maldanidae superaron el 30%; mientras que Idoteidae, Inachoididae, Majidae, Veneridae y Lineidae fueron las menos frecuentes (FO = 8%). Las diferencias entre ambas playas en cuanto al índice de diversidad fueron significativas (*t* de Hutcheson, $gl = 770; P < 0,05$) (Tabla 1).

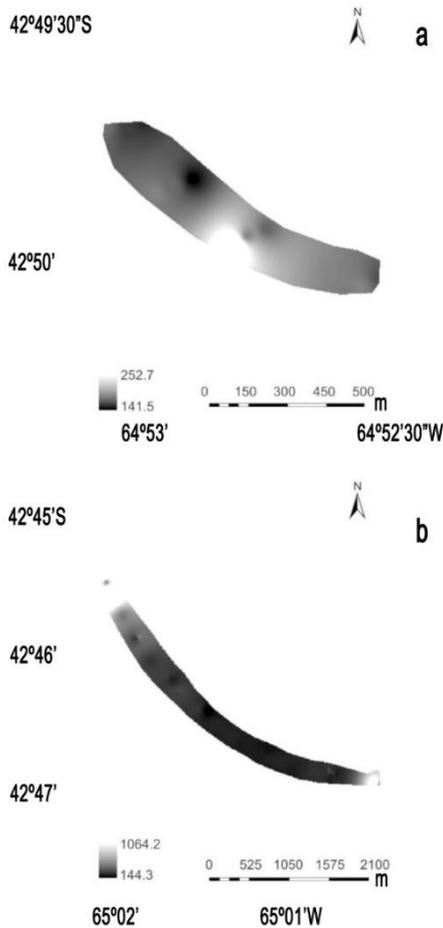


Figura 3. Distribución espacial del tamaño medio de grano (μm) del sedimento en las playas analizadas. a) Cerro Avanzado, b) Mimosa.

El análisis de conglomerados realizado con los datos de densidad de los diferentes taxa registrados en las playas estudiadas, evidenció escasa similitud entre los sitios de muestreo según su composición faunística (Fig. 6). Únicamente los sitios CA11 y CA9 presentaron una similitud de 82%, mientras que el resto presentó una similitud inferior a este valor (Fig. 6). En ambos sitios se registró una alta densidad de individuos de la familia Tellinidae ($>1700 \text{ ind m}^{-2}$).

Relación entre la abundancia de macroinvertebrados y las condiciones ambientales de las playas Mimosa y Cerro Avanzado

De acuerdo al análisis BEST/BIOENV, la GR y MO fueron las variables ambientales que influenciaron en mayor medida la distribución de las comunidades macrobentónicas en PM y CA ($r = 0,466$). Sin embargo, estas variables en conjunto con la PCA también mostraron una alta influencia sobre la comunidad ($r = 0,450$). El ACP explicó el 80% del total de la variación

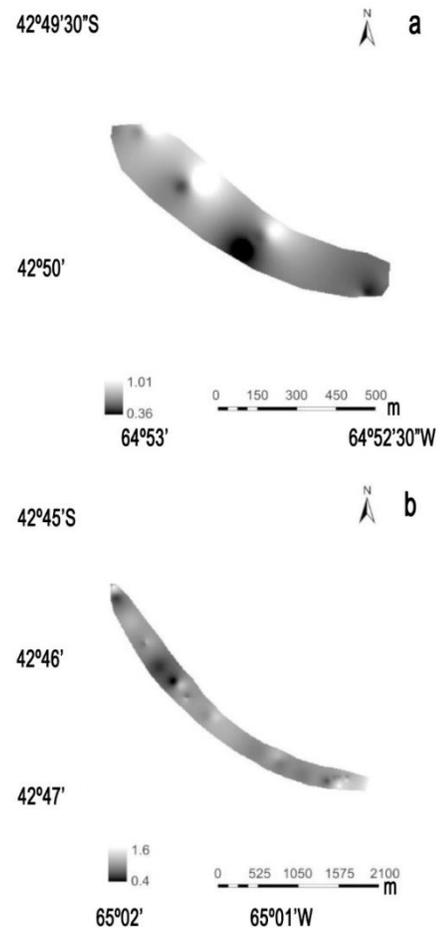


Figura 4. Distribución espacial del porcentaje de materia orgánica en las playas analizadas. a) Cerro Avanzado, b) Mimosa.

en los primeros dos ejes ($\text{PC1} = 49,8\%$ y $\text{PC2} = 30,2\%$). En este análisis, se observó que la PCA presentó una correlación positiva con la GR, y ambas variables presentaron una correlación negativa respecto al porcentaje de materia orgánica (Fig. 7). Además, los resultados mostraron que la mayoría de los sitios de CA se caracterizaron por un mayor tamaño de grano y una mayor PCA respecto a los sitios de PM (Fig. 7).

Las familias Tellinidae, Maldanidae y Opheliidae estuvieron asociadas a sedimentos constituidos por arenas finas, con un porcentaje de materia orgánica mayor a 0,46% y una profundidad de la capa anóxica superior a 5 cm (Tabla 1). Sin embargo, la densidad de las familias Tellinidae y Maldanidae sólo estuvo correlacionada negativamente con el tamaño medio de grano, mientras que la densidad de la familia Opheliidae no se correlacionó significativamente con ninguna de las variables ambientales analizadas (Tabla 2).

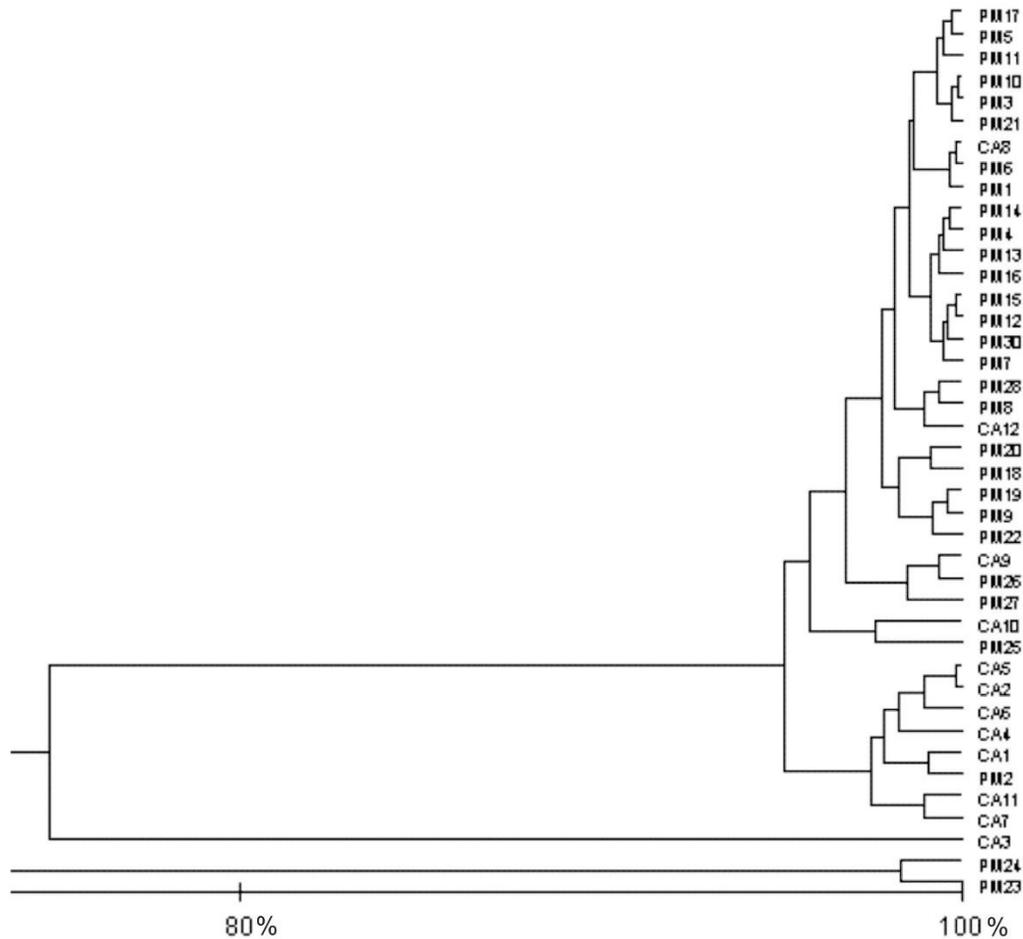


Figura 5. Análisis de conglomerados con los datos ambientales registrados en los sitios de muestreo de las playas Mimosa (PM) y Cerro Avanzado (CA). En el eje horizontal se indica el porcentaje de similitud.

DISCUSIÓN

Desde 1970 en adelante, en las costas del Golfo Nuevo, se ha producido un incremento de las actividades antrópicas asociadas al desarrollo turístico, industrial y urbano. Dicho incremento está ocasionando perturbaciones evidentes en la zona costera (*e.g.*, remoción de dunas, uso de vehículos en la playa, vertido de efluentes residuales), que aún no han sido estudiados. Si bien el impacto antrópico sobre esta zona se puede medir en forma puntual mediante indicadores simples obtenidos de la columna de agua, los sedimentos o los organismos bentónicos (*e.g.*, materia orgánica, oxígeno disuelto, nutrientes, abundancia total de organismos, riqueza o diversidad específica), está ampliamente demostrado que tales indicadores analizados individualmente, no siempre son suficientes o confiables para detectar un cambio causado por la contaminación (DelValls *et al.*, 1998). Tampoco pueden evidenciar los complejos fenómenos de interacciones entre los componentes

abióticos y bióticos del ecosistema sujeto a impacto ambiental. Por lo tanto, para lograr una correcta evaluación del ambiente estudiado se requiere la utilización de métodos multivariados que consideren los factores abióticos y bióticos del sistema (DelValls *et al.*, 1998). Sin embargo, en estas costas han sido escasos los estudios realizados hasta el momento, y estuvieron enfocados en analizar la distribución de las especies de macroinvertebrados en sitios específicos de estas playas, localizados a lo largo de una transecta o en sitios puntuales ubicados en los distintos niveles del intermareal (Barón, 1995; Escofet, 1983; Ferrando, 2007; Lizarralde & Cazzaniga, 2009; Ferrando *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen al conocimiento sobre estos ambientes, ya que brindan una caracterización detallada de los sedimentos en cuanto a sus condiciones ambientales y composición faunística, considerando la extensión completa de dos playas arenosas localizadas dentro del Golfo Nuevo.

Tabla 1. Rango de variables ambientales y lista de los taxa de macroinvertebrados registrados en las playas Mimosa (PM) y Cerro Avanzado (CA). MO: porcentaje de materia orgánica, GR: granulometría (μm), PCA: profundidad de la capa anóxica (cm), DM: densidad media (ind m^{-2}), DE: desviación estándar, FO: frecuencia de ocurrencia de cada taxón.

Taxa	MO		GR		PCA		D.M. \pm D.S.		F.O.	
	PM	CA	PM	CA	PM	CA	PM	CA	PM	CA
Glyceridae	0,46 - 0,48	0,45 - 0,96	150,20 - 157,30	147,40 - 165,00	3,40 - 5,70	8,00 - 11,00	2,81 \pm 9,00	5,10 \pm 9,23	0,10	0,25
Opheliidae	0,46 - 0,98	0,46 - 0,59	148,30 - 157,30	153,70 - 165,50	2,00 - 11,50	8,00 - 14,00	153,41 \pm 358,35	22,11 \pm 45,60	0,55	0,25
Polynoidae	0,63 - 0,98	0,86 - 1,00	143,40 - 159,20	147,40 - 159,90	1,50 - 8,50	8,00 - 11,00	4,93 \pm 10,43	5,10 \pm 9,23	0,21	0,25
Maldanidae	0,51 - 0,98	0,50 - 0,96	143,40 - 159,20	147,40 - 159,10	1,50 - 11,50	5,50 - 11,00	210,42 \pm 288,21	51,02 \pm 115,94	0,83	0,33
Onuphidae	0,61 - 0,98	0,50 - 0,86	143,40 - 159,20	157,10 - 163,00	1,50 - 8,50	9,00 - 14,00	9,15 \pm 24,75	5,10 \pm 9,23	0,21	0,25
Paraonidae	0,68	0,59 - 0,61	152,40	150,20 - 163,00	5,00	5,50 - 14,00	2,81 \pm 15,16	3,40 \pm 7,94	0,03	0,17
Scalibregmidae	0,65		152,00		2,00		0,70 \pm 3,79		0,03	
Nereididae	0,61 - 1,17		146,70 - 164,00		5,00 - 11,50		42,22 \pm 188,07		0,10	
Spionidae	0,64 - 1,58		148,30 - 164,00		2,50 - 7,50		94,30 \pm 206,36		0,28	
Idoteidae		0,86		157,10		7,50		5,10 \pm 9,23		0,08
Lyssianasidae	0,82 - 0,89		146,70 - 154,30		5,50 - 11,50		2,74 \pm 7,75		0,10	
Varunidae	1,59		164,00		6,00		2,81 \pm 15,16		0,03	
Tanaidae	0,91 - 1,59		151,70 - 164,00		2,50 - 6,00		123,86 \pm 663,07		0,07	
Cylindroleberididae	0,62 - 0,89		149,90 - 153,00		3,00 - 5,50		2,11 \pm 6,33		0,10	
Atelecyclidae	0,63		150,20		3,00		0,70 \pm 3,79		0,03	
Phoxocephalidae	0,66 - 0,89	0,57 - 0,96	149,90 - 156,50	147,40 - 161,80	5,50	6,00 - 8,50	3,52 \pm 15,49	6,80 \pm 10,05	0,41	0,33
Corofoiidae	1,59		164,00		6,00		0,70 \pm 3,79		0,03	
Oediceridae	0,64 - 0,91	0,56 - 0,96	150,20 - 159,20	147,40 - 161,80	2,00 - 5,50	5,50 - 8,50	7,34 \pm 13,79	3,40 \pm 7,94	0,17	0,17
Inachoididae		0,56		153,70		8,50		1,70 \pm 5,89		0,08
Majidae		0,36		153,70		8,50		1,70 \pm 5,89		0,08
Nassariidae	0,46 - 1,17	0,86 y 1,00	149,90 - 157,30	141,50 - 157,90	2,00 - 8,50	6,50 - 11,00	10,56 \pm 24,16	5,10 \pm 9,23	0,52	0,25
Tellinidae	0,46 - 0,99	0,50 y 1,00	146,70 - 159,20	141,50 - 164,80	1,50 - 11,50	6,50 - 11,00	100,63 \pm 262,77	482,99 \pm 788,45	0,31	0,50
Veneridae		0,56		153,70		8,50		1,70 \pm 5,89		0,08
Actiniidae	0,64 - 0,79	0,5 - 0,61	146,70 - 159,20	150,20 - 159,10	3,50 - 5,50	5,50 - 9,00	6,33 \pm 12,32	3,40 \pm 7,94	0,24	0,17
Lineidae	0,57 - 1,59	0,50	146,70 - 164,00	164,80	3,50 - 11,50	8,00	4,93 \pm 12,97	3,40 \pm 11,78	0,21	0,08

A pesar que los porcentajes de materia orgánica registrados en este trabajo fueron inferiores a los valores típicamente encontrados en sitios impactados (López-Jamar, 1981; Ferrando & Méndez, 2011), PM presentó una mayor concentración de materia orgánica y menor profundidad de la capa anóxica que CA, probablemente como resultado de su cercanía a Puerto Madryn. Estudios previos han demostrado que el enriquecimiento orgánico en los sedimentos favorece un intenso crecimiento bacteriano que consume el oxígeno disuelto en el agua intersticial, contribuyendo notablemente a la formación de la capa anóxica en zonas más cercanas a la superficie (Lalli & Timothy, 1997).

Considerando la caracterización ambiental dentro de cada playa, se observó que tanto en la región sureste de PM como en la región norte de CA predominaron los sedimentos más finos, los mayores valores de materia orgánica y las menores profundidades de la capa anóxica registrados en este estudio. Esto evidencia que dichas regiones son zonas de acumulación, lo cual se ve reflejado en la cantidad de algas que arriban a

estas playas desde el submareal y se depositan sobre ellas (Raffo, *com. pers.*). Estas arribaciones son un fenómeno frecuente en el intermareal del Golfo Nuevo y constituyen una de las principales fuentes de aporte de nutrientes de origen natural sobre estos ambientes (Piriz *et al.*, 2003).

Diversos estudios han demostrado que la granulometría es una de las variables ambientales de mayor influencia sobre los patrones de abundancia de las especies macrobentónicas (Muniz & Pires, 2000; Probert *et al.*, 2001; Hernández-Arana *et al.*, 2003; Rodríguez-Villanueva *et al.*, 2003; Dauvin *et al.*, 2004; Díaz-Castañeda & Harris, 2004; Defeo *et al.*, 2005; McLachlan & Dorvlo, 2005; McLachlan & Brown, 2010). La velocidad del flujo de agua sobre el sustrato a consecuencia de la energía de las olas determina el tipo de sedimento y disponibilidad de alimento, condicionando la composición de la comunidad bentónica (McLachlan & Dorvlo, 2005; McLachlan & Brown, 2010). Por lo tanto, las comunidades que habitan en áreas con flujos de agua intensos estarán dominadas por organismos filtradores, mientras que en las áreas donde

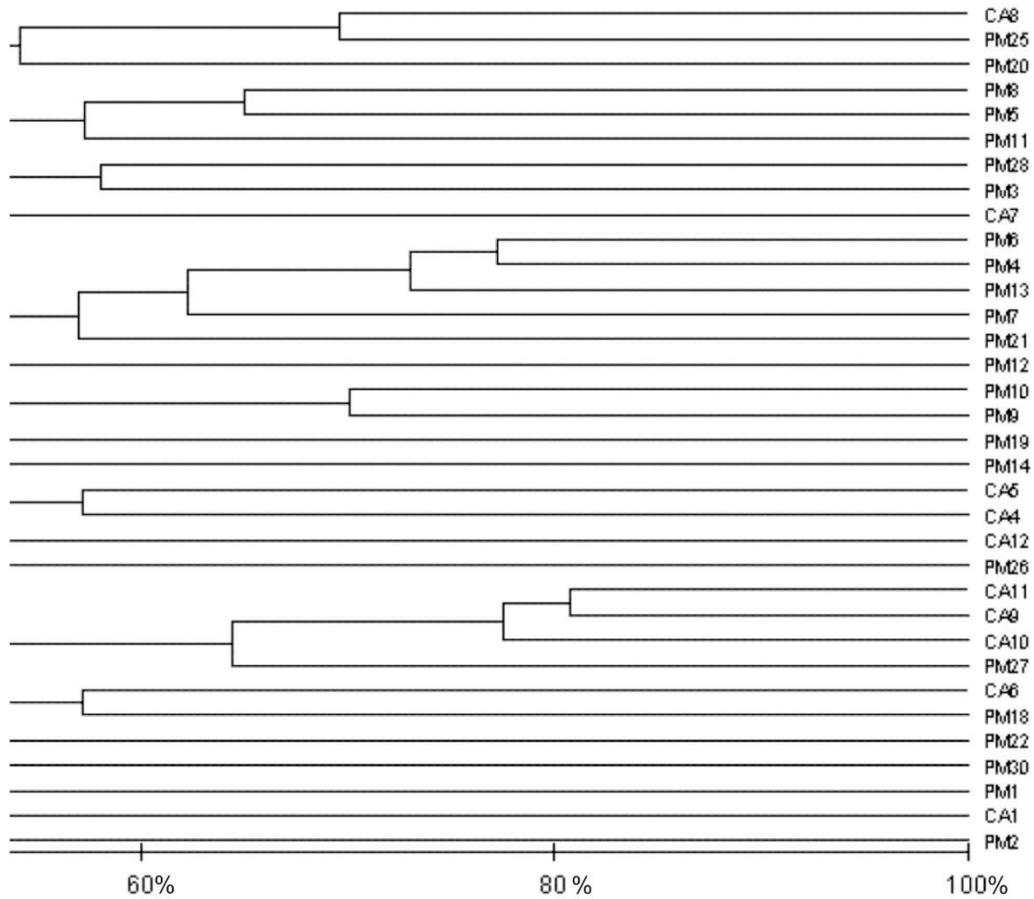


Figura 6. Análisis de conglomerados con los datos de densidad de las diferentes familias registradas en los sitios de muestreo de las playas Mimosa (PM) y Cerro Avanzado (CA). En el eje horizontal se indica el porcentaje de similitud.

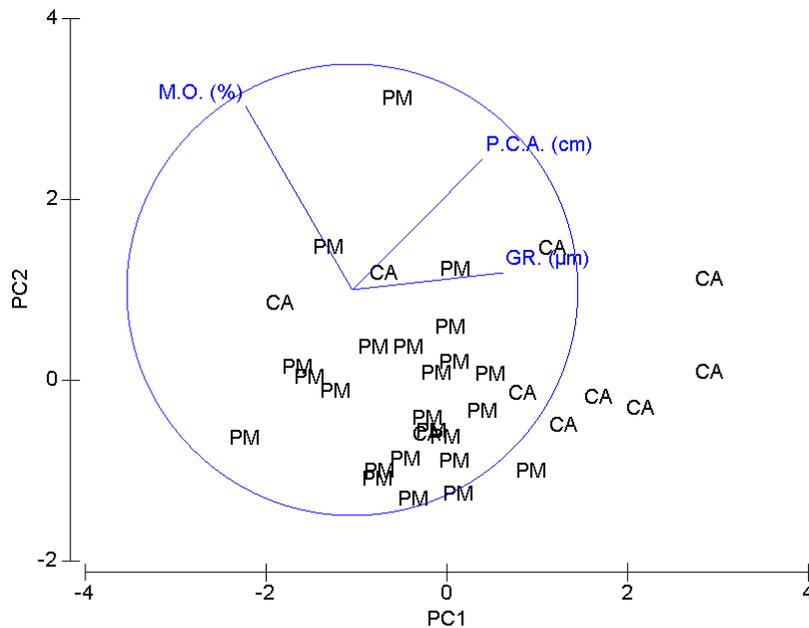


Figura 7. Biplot del Análisis de Componentes Principales con las variables ambientales registradas y las estaciones de muestreo correspondientes a ambas playas. PCA: profundidad de la capa anóxica, MO: porcentaje de materia orgánica, GR: granulometría, CA: Cerro Avanzado, PM: Playa Mimosa.

Tabla 2. Correlación entre la densidad de los taxa más abundantes registrados en ambas playas y las diferentes variables ambientales medidas en este estudio. PCA: profundidad de la capa anóxica (cm), MO: porcentaje de materia orgánica, GR: granulometría (μm), *diferencias significativas ($P < 0,05$); **diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

Familia	PCA	MO	GR
Tellinidae	0,22	0,26	-0,31*
Maldanidae	-0,35*	0,29	-0,51**
Opheliidae	-0,07	-0,1	-0,1

el flujo de agua es débil, predominarán los organismos detritívoros o alimentadores de depósito (McLachlan & Dorvlo, 2005; McLachlan & Brown, 2010). Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que las familias Tellinidae, Maldanidae y Opheliidae fueron las más abundantes en ambas playas y estuvieron fundamentalmente asociadas a sedimentos finos. Como era de esperarse, la estrategia de alimentación de estas familias corresponde a alimentadores de depósito y por lo tanto, son organismos que se alimentan de partículas depositadas sobre el sedimento (Holme, 1950, 1961; Fauchald & Jumars, 1979; Gambi & Giangrande, 1985; Bremec & Giberto, 2006).

Además de los factores ambientales, las interacciones biológicas como la depredación (Holland *et al.*, 1980) y la competencia intra e interespecífica (Woodin, 1974; Levin, 1981; Beukema & Flach, 1995; McLachlan & Brown, 2010), también son condicionantes de la distribución de especies en el intermareal arenoso. En el presente estudio, se observó una alta similitud entre los sitios de ambas playas cuando se consideraron sólo las variables ambientales (tamaño de grano, profundidad de la capa anóxica y porcentaje de materia orgánica). Contrariamente, los sitios mostraron escasa similitud respecto a la densidad de los taxa presentes. En consecuencia, en los ambientes estudiados, las interacciones biológicas podrían estar influenciando en mayor medida que las condiciones ambientales, la estructura de las comunidades macrobentónicas. Este patrón es esperable en intermareales disipativos donde los individuos no están sometidos al estrés producido por la energía del oleaje (McLachlan *et al.*, 1993, 1985; Defeo *et al.*, 2001, 2005).

Los valores de riqueza de especies y de diversidad esperables en intermareales disipativos se encuentran entre los más altos, donde la menor energía del oleaje permite la coexistencia de un mayor número de especies (McLachlan *et al.*, 1993, 1985; Defeo & McLachlan, 2005). Los valores determinados en el presente trabajo fueron similares a los observados en

diferentes intermareales arenosos con características similares (Defeo *et al.*, 2005; McLachlan & Dorvlo, 2005; McLachlan & Brown, 2010). A su vez, en el intermareal de PM se registró un alto número de familias que no estuvieron presentes en CA y la biodiversidad en esta playa fue significativamente mayor. Si bien ambas playas presentan condiciones ambientales similares, PM es aproximadamente cuatro veces más extensa que CA, lo que posibilita el establecimiento de un mayor número de taxa con diferentes requerimientos nutricionales y reproductivos (Begon *et al.*, 2006).

Si bien el efecto de las actividades que se desarrollan en los ecosistemas costeros del Golfo Nuevo aún es incipiente, la información obtenida en este trabajo constituye una referencia para futuros estudios de monitoreo e impacto ambiental de estas costas. Este tipo de estudios se podrían realizar como parte de un plan de manejo integrado de los ambientes costeros de este golfo, cuya aplicación permitiría el desarrollo de diferentes actividades turísticas, industriales y urbanas resguardando su integridad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Humedales utilizados por Aves Playeras Migratorias, al Laboratorio de Oceanografía Química y Contaminación de Aguas y al Laboratorio de Peces y Mariscos de Interés Comercial, pertenecientes al Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR-CONICET), por el acceso al equipamiento para procesar las muestras de sedimentos. Asimismo, agradecemos a E. Gómez Simes por su ayuda en la identificación de los crustáceos y a M. Carrasco por su contribución en el análisis de los datos espaciales.

REFERENCIAS

- Angeloni, P.E. 2003. Impacto del uso recreativo sobre la fauna macro bentónica de las playas arenosas de la bahía de La Paz. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Marinos, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, 95 pp.
- Bale, A.J. & A.J. Kenny. 2005. Sediment analysis and seabed characterization. En: A. Eleftheriou & A.D. McIntyre (eds.). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 43-86.
- Barón, P. 1995. Anatomía y morfología de la almeja *Tellina petitiiana* D'Orbigny (Pelecypoda. Tellinidae). Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn, pp. 195.
- Barón, P.J. & N.F. Ciocco. 1997. Anatomía de la almeja *Tellina petitiiana* (d'Orbigny, 1846). I. Organización

- general, partes duras, manto, sifones, pie y branquias (Bivalvia, Tellinidae). *Rev. Biol. Mar.*, 32: 95-10.
- Barón, P.J. & N.F. Ciocco. 1998. Anatomía de la almeja *Tellina petitiana* (d'Orbigny, 1846). III. Sistema nervioso y gónada. (Bivalvia, Tellinidae). *Rev. Biol. Mar.*, 33: 139-154.
- Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford, 752 pp.
- Beukema, J.J. & E.C. Flach. 1995. Factors controlling the upper and lower limits of the intertidal distribution of two *Corophium* species in the Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 125: 117-126.
- Bigatti, M., A. Primost, M. Cledón, A. Averbuj, N. Theobald, W. Gerwinski, W. Arntz, E. Morriconi & P.E. Penchaszadeh. 2009. Biomonitoring of TBT contamination and imposex incidence along 4700 km of Argentinean shoreline (SW Atlantic: from 38°S to 54°S). *Mar. Poll. Bull.*, 58: 695-701.
- Blott, S.J. 2008. GRADISTAT V6.0. Excel Spreadsheet.
- Bremec, C. & D. Giberto. 2006. Polychaete assemblages in the Argentinean Biogeographical Province, between 34° and 38°S. *Sci. Mar.*, 70(S3): 249-258.
- Burger, J. 1991. Foraging behavior and the effect of human disturbance on the piping plover (*Charadrius melodus*). *J. Coast. Res.*, 7: 39-52.
- Ciocco, N.F. & P.J. Barón. 1998. Anatomía de la almeja *Tellina petitiana* d'Orbigny, 1846. II. Sistema digestivo, corazón, riñones, cavidad y glándulas pericárdicas (Bivalvia, Tellinidae). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 33(1): 73-87.
- Commendatore, M.G. & J.L. Esteves. 2007. An assessment of oil pollution in the coastal zone of Patagonia, Argentina. *Environ. Manage.*, 40: 814-821.
- Conover, W.J. 1999. *Practical nonparametric statistics*. John Wiley & Sons, Nueva York, 584 pp.
- Dauvin, J.C., E. Thiébaud, J.L.G. Gesteira, K. Ghertso & F. Gentil. 2004. Spatial structure of a subtidal macrobenthic community in the Bay of Veys (western Bay of Seine, English Channel). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 307(2): 217-235.
- Davenport, J. & J.L. Davenport. 2006. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 67: 280-292.
- Defeo, O. & A. McLachlan. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 295: 1-20.
- Defeo, O., J. Gomez & D. Lecari. 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: to mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 212: 159-170.
- Defeo, O., D. Lercari & J. Gomez. 2005. The role of morphodynamics in structuring sandy beach populations and communities: what should be expected? *J. Coastal Res.*, 35: 352-362.
- Defeo, O., A. McLachlan, D.S. Schoeman, T.A. Schallacher & J. Dugan. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 81: 1-12.
- DelValls, T.A., M. Conradi, E. García-Adiego, J.M. Forja & A. Gómez-Parra. 1998. Analysis of macrobenthic community structure in relation to different environmental sources of contamination in two littoral ecosystems from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Hydrobiologia*, 385: 59-70.
- Díaz-Castañeda, V. & L.H. Harris. 2004. Biodiversity and structure of the Polychaete fauna from soft bottoms of Bahía Todos Santos, Baja California, Mexico. *Deep-Sea Res. II*, 51(6): 827-847.
- Escofet, A. 1983. Community ecology of a sandy beach from Patagonia (Argentina, South America). Tesis Master of Sciences, Washington University, Washington, 122 pp.
- Escofet, A., J.M. Orensanz, S.R. Olivier & V. Scarabino. 1978. Biocenología bentónica del golfo San Matías (Río Negro, Argentina): metodología, experiencias y resultados del estudio ecológico de un gran espacio geográfico en América Latina. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. Univ. Nac. Autón. Mex.*, 5: 59-82.
- Escofet, A., N. Gianuca, S. Maytía & V. Scarabino. 1979. Playas arenosas del Atlántico sudoccidental entre los 29° y 43°LS: consideraciones generales y esquema biocenológico. *Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur, Mar del Plata*, pp. 245-258.
- Fauchald, K. & P.A. Jumars. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 17: 193-284.
- Ferrando, A. 2007. Estudio de las comunidades macrobentónicas en áreas intermareales, Golfo Nuevo, Chubut y su relación con las características del sedimento. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn, 41 pp.
- Ferrando, A. & N. Méndez. 2011. Effects of organic pollution in the distribution of annelid communities in the coastal lagoon "Estero de Urías" (Mexico). *Sci. Mar.*, 75: 351-358.
- Ferrando, A., N. Méndez, J.L. Esteves & R. Elías. 2010. Intertidal macrozoobenthos in sandy beaches of Bahía Nueva (Patagonia, Argentina) and its use as bioindicators of environmental impact. *Sci. Mar.*, 74(2): 345-352.

- Gambi, M.C. & A. Giangrande. 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia*, 11: 223-240.
- Hernández-Arana, H.A., A.A. Rowden, M.J. Attrill, R.M. Warwick & G. Gold-Bouchot. 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 58(4): 825-841.
- Holland, A.F., N.K. Mountford, M.H. Hiegel, K.R. Kaumeyer & J.A. Mihursky. 1980. Influence of predation on infaunal abundance in upper Chesapeake Bay, USA. *Mar. Biol.*, 57: 221-235.
- Holme, N.A. 1950. Population-dispersion in *Telina tenuis* Da Costa. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 29(2): 267-280.
- Holme, N.A. 1961. Notes on the mode of life of the Tellinidae (Lamellibranchia). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 41: 699-703.
- Lalli, M.C. & R. Timothy. 1997. Biological oceanography an introduction. University of British Columbia, Vancouver, 320 pp.
- Levin, L.A. 1981. Dispersion, feeding behavior and competition in two spionid polychaetes. *J. Mar. Res.*, 39: 99-117.
- Lizarralde, Z.I. 2002. Distribución y abundancia *Tellina petitiana* (Bivalvia, Tellinidae) en Cerro Avanzado, Chubut, Argentina. *Physis*, 60: 7-14.
- Lizarralde, Z.I. & N.J. Cazzaniga. 2009. Population dynamics and production of *Tellina petitiana* (Bivalvia) on a sandy beach of Patagonia, Argentina. *Thalassas*, 25(1): 45-57.
- López-Jamar, E. 1981. Spatial distribution of the infaunal benthic communities of the Ria de Muros, North-West Spain. *Mar. Biol.*, 63: 29-37.
- Massara-Paletto, V. 2003. Hidrocarburos en sedimentos y organismos marinos de diferente nivel trófico. Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn, 96 pp.
- McLachlan, A. 1989. Water filtration by dissipative beaches. *Limnol Oceanogr.*, 34(4): 774-780.
- McLachlan, A. & A.C. Brown. 2010. The ecology of sandy shores. Academic Press, Nueva York, pp. 392.
- McLachlan, A. & A. Dorvlo. 2005. Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *J. Coastal Res.*, 21(4): 674-687.
- McLachlan, A., E. Jaramillo, T.E. Donn & F. Wessels. 1993. Sand beach macrofauna communities: a geographical comparison. *J. Coastal Res.*, 15: 27-38.
- McLachlan, A., E. Jaramillo, O. Defeo, J.E. Dugan & A. Ruyck. 1985. Adaptations of bivalves to different beach types. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 187: 147-160.
- Muniz, P. & A.M.S. Pires. 2000. Polychaete associations in a subtropical environment (São Sebastião Channel, Brazil): a structural analysis. *Mar. Ecol.*, 21(2): 145-160.
- Nordstrom, K.F. 2008. Beach and dune restoration. Cambridge University Press, Cambridge, 187 pp.
- Pearson, G.R. & M. Powell. 2001. Measuring the cost of retreat. *Coast. Manage.*, 29(2): 91-103.
- Piriz, M.L., M.C. Eyra & C.M. Rostango. 2003. Changes in biomass and botanical composition of beach-coast seaweeds in a disturbed costal from Argentine Patagonia. *J. Appl. Phycol.*, 15: 67-74.
- Shannon, C.E. & W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communications. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.
- Probert, P.K., G.B. Read, S.L. Grove & A.A. Rowden. 2001. Macrobenthic polychaete assemblages of the continental shelf and upper slope off the west coast of the South Island, N. Z. *J. Mar. Freshwater Res.*, 35(5): 971-984.
- Rodríguez-Villanueva, V., R. Martínez-Lara & V.M. Zamora. 2003. Polychaete community structure of the northwestern coast of Mexico: patterns of abundance and distribution. *Hydrobiologia*, 496: 385-398.
- Sibson, R. 1981. A brief description of natural neighbor interpolation. In: V. Barnett. (ed.). *Interpreting multivariate data*. Wiley, Chichester, pp. 21-36.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 2002. *Introducción a la bioestadística*. Editorial Reverté, Madrid, 380 pp.
- Vázquez, N.N. 2004. Biodiversidad costero marina en la Patagonia: características, conservación e importancia. Informe Técnico Fundación Patagonia Natural, Puerto Madryn, 60 pp.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 4: 377-392.
- Whitmarsh, D., J. Northen & S. Jaffry. 1999. Recreational benefits of coastal protection: a case study. *Mar. Policy*, 23(4): 453-464.
- Woodin, S.A. 1974. Polychaete abundance patterns in a marine soft-sediment environment: the importance of biological interactions. *Ecol. Monogr.*, 44: 171-187.
- Yorio, P. 2009. Marine protected areas, spatial scales, and governance: implications for the conservation of breeding seabirds. *Conserv. Lett.*, 2(4): 171-178.