

2020, Volumen 5, Número 2: 510-518



Dossier

“Geoquímica y perspectiva ambiental de sistemas exógenos”

Editores invitados: Eleonora Carol & Carolina Tanjal

Caracterización físico-química y biológica de sedimentos marino costeros, sujetos o no a actividades antropogénicas (Golfo Nuevo, Patagonia argentina)

Agustina Ferrando^{1,2,3,5} & Julieta Sturla Lompre^{2,4,5}

¹Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología. Instituto de Diversidad y Evolución Austral, Argentina. ferrando@cenpat-conicet.gov.ar

²Laboratorio de Oceanografía Química y Contaminación de Aguas. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Argentina. julieta.sturla.l@gmail.com

³Facultad Regional Chubut, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

⁴Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Argentina

⁵Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina



Caracterización físico-química y biológica de sedimentos marino costeros, sujetos o no a actividades antropogénicas (Golfo Nuevo, Patagonia argentina)

Agustina Ferrando^{1,2,3,5} & Julieta Sturla Lompré^{2,4,5}

¹Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología. Instituto de Diversidad y Evolución Austral, Argentina. ferrando@cenpat-conicet.gov.ar

²Laboratorio de Oceanografía Química y Contaminación de Aguas. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Argentina. julieta.sturla.l@gmail.com

³Facultad Regional Chubut, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

⁴Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Argentina

⁵Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

RESUMEN. El impacto causado por las embarcaciones en los puertos es un problema a nivel mundial debido al tráfico marítimo y el vertido de aguas residuales con un alto contenido orgánico. El objetivo de este trabajo fue caracterizar un sitio afectado crónicamente por actividades portuarias (Muelle Luis Piedrabuena-MLP) y otro sin signos de impacto antrópico (Cerro Avanzado-CA). Para ello, se colectaron muestras de sedimento ($n=3$) con un *corer* (diámetro: 11 cm, altura: 15 cm) y se realizó la determinación de parámetros físico-químicos *in situ* en el agua adyacente. Las columnas sedimentarias fueron fraccionadas en tres secciones (0-2 cm; 2-4 cm y 4-10 cm). Los resultados granulométricos indicaron un predominio de la fracción limo fino-medio en MLP y de arena muy fina en CA. A su vez, se registraron mayores porcentajes de humedad y materia orgánica en MLP cerca de la superficie ($46,7\pm 4,1\%$ y $2,8\pm 0,2\%$ versus $27,0\pm 1,0\%$ y $1,2\pm 0,3\%$ en profundidad, respectivamente), mientras que en CA la distribución de estos parámetros fue homogénea ($28,5\pm 1,2\%$ y $1,5\pm 0,1\%$, respectivamente). Con respecto a los análisis biológicos, la clase Polychaeta fue la más abundante en ambos sitios, seguido de Anfiboda en MLP y Bivalvia en CA. A su vez, la mayor abundancia de organismos fue registrada en los primeros 2 cm de la columna sedimentaria en ambos sitios. Los resultados constituyen una línea de base que podrá ser utilizada en estudios ecotoxicológicos y de monitoreo en Patagonia o en otros ambientes con características ecológicas similares.

Palabras clave: *Indicadores, Contaminación, Actividad portuaria, Polychaeta*

ABSTRACT. Physico-chemical and biological characterization of coastal marine sediments, affected or not by anthropogenic activities (Golfo Nuevo, Patagonia Argentina). The impact caused in harbors by maritime traffic and residual discharges with high organic matter content is a worldwide problem. This study aimed to characterize a site chronically affected by harbor activities (Luis Piedrabuena harbor-LPH) and another without anthropogenic impact signs (Cerro Avanzado-CA). For this purpose, we collected sediment samples ($n=3$) using PVC cores (diameter: 11 cm, high: 15 cm) and measured physico-chemical water parameters *in situ*. The sediment columns were sliced into three layers (0-2 cm; 2-4 cm and 4-10 cm depth). Granulometry showed



a dominance of the silt fraction in LPH and of very fine sand in CA. Moreover, the highest percentual values of humidity and organic matter were recorded in LPH near the surface ($46.7 \pm 4.1\%$ and $2.8 \pm 0.2\%$ versus $27.0 \pm 1.0\%$ and $1.2 \pm 0.3\%$ in depth, respectively), whereas in CA its distribution in depth was homogenous ($28.5 \pm 1.2\%$ and $1.5 \pm 0.1\%$, respectively). Regarding the biological parameters, members of class Polychaeta were the most abundant at both sites followed by Amphipoda at LPH and Bivalvia at CA. In addition, greatest abundance was recorded in the first two centimeters of the sedimentary column at both sites. These results constitute a baseline that may be used in ecotoxicological and monitoring studies in Patagonia or other environments with similar ecological characteristics.

Key words: *Indicators, Pollution, Harbor activity, Polychaeta*

RESUMO. Caracterización físico-química e biológica de sedimentos marinhos costeiros, sujeitos ou não a atividades antropogénicas (Golfo Nuevo, Patagônia Argentina). O impacto causado pelos navios nos portos é um problema a nível mundial devido ao tráfego marítimo e à descarga de águas residuais com alto conteúdo orgânico. O objetivo deste trabalho foi caracterizar uma localidade afetada cronicamente pelas atividades portuárias (Cais Luis Piedrabuena-MLP) e outro sem sinais de impacto antrópico (Cerro Avanzado-CA). Para isso, amostras de sedimento ($n = 3$) foram coletadas com um *corer* (diâmetro: 11 cm, altura: 15 cm) e foi realizada a determinação de parâmetros físico-químicos *in situ* na água adjacente. As colunas sedimentares foram divididas em três seções (0-2 cm; 2-4 cm e 4-10 cm). Os resultados granulométricos indicaram uma predominância da fração de limo fino-médio no MLP e de areia muito fina no CA. Por sua vez, maiores porcentagens de umidade e matéria orgânica foram registradas no MLP próximo à superfície ($46,7 \pm 4,1\%$ e $2,8 \pm 0,2\%$ versus $27,0 \pm 1,0\%$ e $1,2 \pm 0,3\%$ em profundidade, respectivamente), enquanto no CA a distribuição desses parâmetros foi homogênea ($28,5 \pm 1,2\%$ e $1,5 \pm 0,1\%$, respectivamente). Em relação às análises biológicas, a classe Polychaeta foi a mais abundante nos dois locais, seguida por Anfípoda no MLP e Bivalvia no CA. Por sua vez, a maior abundância de organismos foi registrada nos primeiros 2 cm da coluna sedimentar em ambas as localidades. Os resultados constituem uma linha de base que poderá ser utilizada em estudos ecotoxicológicos e de monitoramento na Patagônia, ou em outros ambientes com características ecológicas semelhantes.

Palavras-chave: *Indicadores, Contaminação, Atividade portuária, Polychaeta*

Introducción

La contaminación marina puede ser crónica o aguda dependiendo si el aporte de contaminantes es continuo en el tiempo o si ocurre en un único evento, asociado en general a una descarga accidental de una cantidad elevada del contaminante. En ambos casos, se producen efectos en el hábitat y la biota (Gonzalez, 2014). Entre los contaminantes que el hombre introduce en el ecosistema marino a través del desarrollo de diversas actividades, se destacan los hidrocarburos, metales pesados, nutrientes minerales, microorganismos, residuos sólidos biodegradables, radiactivos y térmicos, la materia orgánica y otros compuestos como plaguicidas y bifenilos policlorados (Esteves & Arhex, 2009).

En puertos de la costa patagónica, se han reportado hidrocarburos alifáticos totales (TAH) en concentraciones máximas de $\sim 750 \mu\text{g/g}$ en Rawson e inferiores a $15 \mu\text{g/g}$ en Puerto Madryn (Commendatore & Esteves, 2007). Asimismo, las concentraciones de componentes policíclicos (HAP) registradas en Puerto Madryn fueron de $2,5-7,7 \mu\text{g/g}$ (Massara Paletto *et al.*, 2008). Otros elementos tóxicos como Pb, Hg y Cd se encontraron dentro de los rangos considerados de referencia, a niveles que sugieren una contaminación baja a moderada (Duarte *et al.*, 2012). Por otro lado, si bien en el año 2008 se produjo la prohibición mundial del uso de pinturas "antifouling" a base de tributilestano (TBT) (IMO, 2002), Delucchi *et al.* (2011) informaron a lo largo de la costa argentina, niveles que van desde no detectables hasta 350 ng (Sn)/g en sedimentos, con una alta incidencia de imposex en los principales puertos pesqueros de la Patagonia (Commendatore *et al.*, 2015). La

contaminación crónica de este tipo de compuestos produce efectos sub-letales en la biota que pueden ocasionar importantes desequilibrios a un nivel mayor al de organismo en la escala jerárquica biológica (Primost *et al.*, 2017; 2016; 2015), llegando a afectar a las poblaciones, comunidades y al ecosistema (Averbuj *et al.*, 2018). Los organismos bentónicos en particular, cumplen un rol fundamental en el equilibrio natural del ecosistema (Michaud *et al.*, 2006; Gilbert *et al.*, 2003) y constituyen eslabones estratégicos en la trama trófica. Muchos de estos organismos son bioturbadores (*i.e.*, provocan la movilización de partículas y la introducción de oxígeno a los sedimentos), por lo que, a través de su actividad, favorecen la biodegradación de los compuestos orgánicos mediada por los microorganismos bentónicos (Arndt *et al.*, 2013). Tanto la actividad de bioturbación como la degradación de compuestos organometálicos como el TBT en la columna sedimentaria podrían ser diferentes en sitios con historia crónica de contaminación respecto a aquellos sin fuentes de este tipo de contaminante.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los sedimentos de un sitio afectado crónicamente por actividades portuarias (Muelle Luis Piedrabuena-MLP) respecto a otro sin signos de dicho impacto antrópico (Cerro Avanzado-CA) para obtener una línea de base que permitirá en el futuro desarrollar un experimento con diferentes concentraciones de TBT en condiciones *ex situ*.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El sector patagónico del Mar Argentino posee alrededor de 3000 km de costa, con un elevado valor en términos de biodiversidad global (Esteves & Arhex, 2009). Particularmente, el golfo Nuevo (GN) es parte del área Natural Protegida Península Valdés, declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por UNESCO en 1999. El GN es una cuenca elíptica con una superficie de 2440 km² y una profundidad máxima de 184 m que conecta con la plataforma continental a través de una estrecha boca de 17 km de ancho (Mouzo *et al.*, 1978). Las precipitaciones en el área son escasas (promedio anual de 180 mm), y no hay descargas directas de ríos. En el extremo occidental del GN, se encuentra la Bahía Nueva (42° 45' S y 65° 02' O), de morfología semiabierta, con un área superficial aproximada de 5,8 km² y un volumen de 1,1 km³. Los sitios seleccionados para este estudio fueron: Muelle Luis Piedrabuena (MLP) y Cerro Avanzado (CA) caracterizados por presentar o no historia previa de contaminación, respectivamente (Fig. 1). Ambos sitios se encuentran localizados en el margen sudoeste del GN y presentan una orientación similar respecto al punto cardinal (50°N). Particularmente, MLP está próximo a la ciudad de Puerto Madryn y se encuentra expuesto a la presencia de hidrocarburos (Commendatore *et al.*, 2015; 2012; 2000; Commendatore & Esteves, 2007) y compuestos de tributilestano (Del Brío *et al.*, 2016; Bigatti *et al.*, 2009) debido a la actividad portuaria mientras que CA se encuentra alejado (20 km) del mencionado centro urbano.

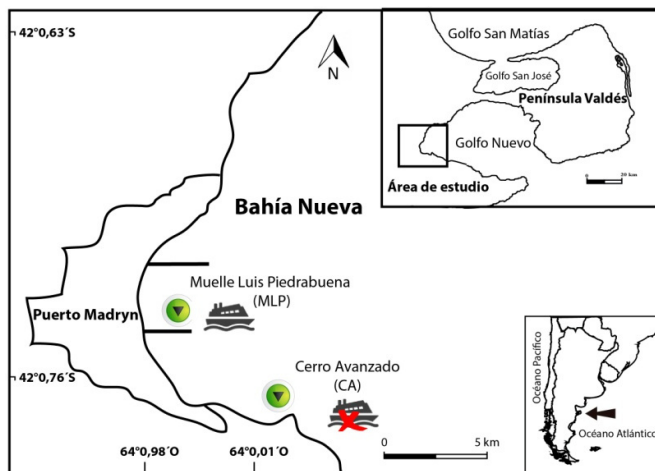


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el golfo Nuevo.

Muestreo

En noviembre de 2018, se colectaron muestras de sedimento ($n=3$) en los sitios MLP y CA utilizando un *corer* (diámetro: 11 cm, altura: 15 cm), y se realizó la medición de parámetros (temperatura, porcentaje y concentración de oxígeno disuelto, conductividad, concentración de sólidos totales disueltos, salinidad, pH, potencial REDOX y profundidad) *in situ* en el agua de mar con una sonda multiparámetro YSI Professional Plus 5560. Las columnas sedimentarias fueron trasladadas al laboratorio y allí fraccionadas en tres secciones (0-2 cm; 2-4 cm y 4-10 cm) para su caracterización física, química y biológica.

Análisis físicos

El análisis granulométrico se realizó utilizando un analizador de tamaño de partículas Mastersizer 2000. Las medidas se tomaron en el rango entre 0,01 y 10.000 μm , bajo las siguientes condiciones: índice de refracción de partículas 1,5, índice de absorción de partículas 0,9 e índice de refracción de agua 1,33. Cada muestra fue sonicada por 2 minutos para separar las partículas y se utilizó una velocidad de bombeo de 1500 rpm. Se obtuvieron las siguientes fracciones en base a la clasificación de Lopretto & Tell (1995): arcilla (0,316-2,188 μm), limo fino-medio (2,188-60,256 μm), limo grueso (60,256-91,201 μm), arena muy fina (91,201-181,970 μm), arena fina (181,970-363,078 μm), arena media (363,078-724,436 μm) y arena gruesa (724,436-1096,478 μm).

Análisis químicos

Para la determinación de los porcentajes humedad y materia orgánica en los sedimentos, las muestras se secaron en estufa a 105°C por 24 h (peso seco) y se calcinaron en mufla a 450°C por 4 h (peso calcinado), respectivamente.

Análisis biológicos

Para el análisis cuali y cuantitativo de las comunidades macrobentónicas, se realizó la fijación (formaldehído 5% teñido con colorante Rosa de Bengala), tamizado (500 μm) y preservación (alcohol 70%) de las muestras de sedimento. El conteo y la identificación de los organismos se realizaron mediante un microscopio estereoscópico utilizando material de referencia (Alonso de Pina, 2003; Blake & Ruff, 2007). Se registró el número de organismos completos o de partes anteriores encontradas en cada una de las muestras.

Análisis estadísticos

Para determinar si existieron diferencias significativas en los porcentajes de humedad y materia orgánica entre las tres secciones evaluadas en cada sitio se aplicó un análisis de la varianza ANOVA (niveles=3) (Statistica 7.0). A continuación, se aplicó el test de Tukey para determinar qué secciones presentaron los valores más altos (o más bajos) en dichos parámetros. Además, se analizó si hubo diferencias significativas entre sitios para cada sección utilizando una prueba t de Student. En todos los casos se utilizó como criterio de decisión el nivel de significancia $p=0,05$.

Resultados

Las mediciones de los parámetros fisico-químicos en el agua de mar indicaron una similitud entre los sitios de muestreo (Tabla 1). Las determinaciones en las muestras de sedimento indicaron mayores porcentajes de humedad y materia orgánica en los 2 primeros cm (superficie) en MLP (46,7 \pm 4,1% y 2,8 \pm 0,2% sección 0-2 cm versus 27,0 \pm 1,0% y 1,2 \pm 0,3% sección 2-10 cm de profundidad, respectivamente), mientras que en CA la distribución de estas variables fue homogénea en toda la columna sedimentaria (28,5 \pm 1,2% y 1,5 \pm 0,1%, respectivamente) (Figs. 2 y 3).

El análisis estadístico de las variables previamente mencionadas (humedad y materia orgánica) mostró que en MLP las diferencias entre las secciones de la columna sedimentaria fueron significativas ($p < 0,05$), siendo diferente la sección 0-2 cm respecto a las secciones 2-4 cm y 4-10 cm, sin diferencias entre estas dos últimas (Figs. 2 y 3). Las comparaciones de cada sección entre sitios indicaron diferencias significativas ($p < 0,05$) solo a nivel de la superficie del sedimento siendo los valores superiores en MLP (Figs. 2 y 3). El análisis granulométrico mostró un predominio de la fracción limo fino-medio y arena muy fina en MLP y CA, respectivamente (Fig. 4). Solo en MLP se hallaron fracciones de mayor tamaño como arena media y gruesa (Fig. 4).

Figura 2. Porcentajes de humedad registrados en los sedimentos provenientes del Muelle Luis Piedrabuena y Cerro Avanzado (valor promedio \pm desvío estándar). MLP: Muelle Luis Piedrabuena; CA: Cerro Avanzado. Diferentes letras denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres capas (0-2, 2-4 y 4-10 cm) para cada sitio por separado. Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sitios para cada capa por separado.

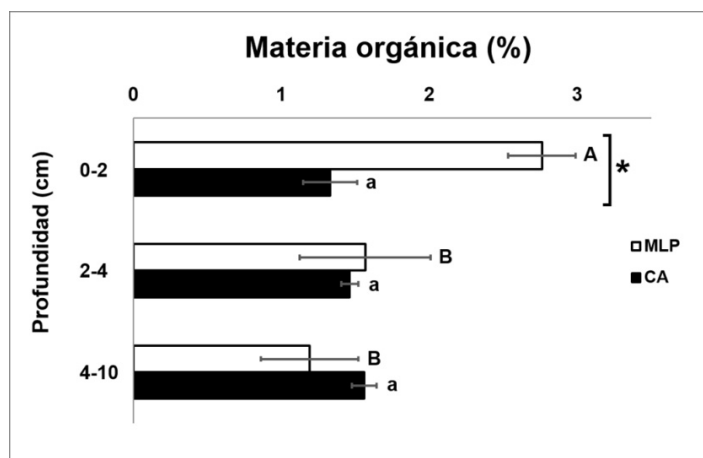
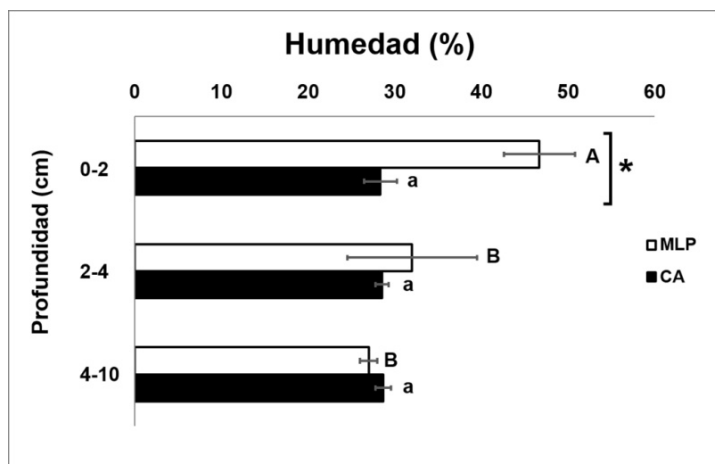
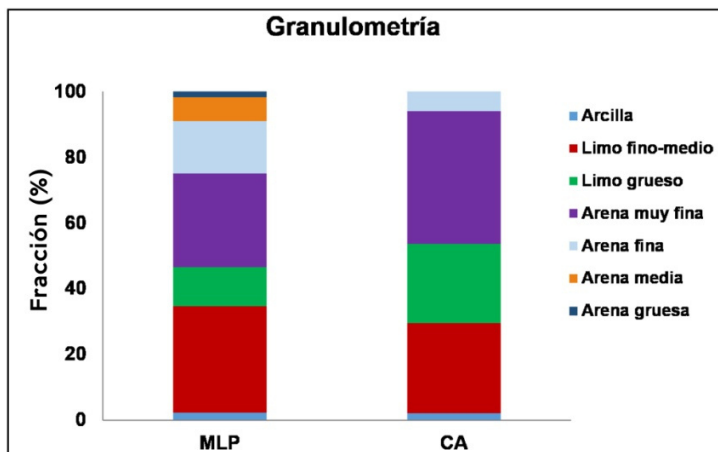


Figura 3. Porcentajes de materia orgánica registrados en los sedimentos provenientes del Muelle Luis Piedrabuena y Cerro Avanzado (valor promedio \pm desvío estándar). MLP: Muelle Luis Piedrabuena; CA: Cerro Avanzado. Diferentes letras denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres capas (0-2, 2-4 y 4-10 cm) para cada sitio por separado. Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sitios para cada capa por separado.

Figura 4. Análisis granulométrico de los sedimentos provenientes de Cerro Avanzado (CA) y el Muelle Luis Piedrabuena (MLP).



Los análisis cuali y cuantitativos de las comunidades macrobentónicas indicaron una ligera variación por *corer* en la abundancia de Polychaeta y Anfípoda en MLP. Además, la clase Polychaeta fue la más abundante en ambos sitios, seguido de Anfípoda en MLP y Bivalvia en CA (Tabla 2). Por último, la mayor abundancia de organismos fue registrada en los primeros 2 cm de la columna sedimentaria en ambos sitios (Tabla 2).

Tabla 1. Parámetros medidos en el agua de mar en los sitios de muestreo. MLP: Muelle Luis Piedrabuena; CA: Cerro Avanzado; T: Temperatura; DO: Porcentaje de Oxígeno Disuelto; O: Concentración de Oxígeno Disuelto; C: Conductividad; STD: Concentración de Sólidos Totales Disueltos; Sal: Salinidad; ORP: Potencial Redox; Prof: Profundidad.

Parámetro	MLP	CA
T (°C)	14,0	13,6
DO (%)	107,6	113,8
O (mg/L)	9,0	9,5
C (mS/cm)	40,9	40,6
STD (g/L)	33,8	33,8
Sal (0/00)	34,2	34,1
pH	8,2	8,2
ORP (mV)	131,5	138,2
Prof (m)	25,0	9,5

Tabla 2. Abundancia absoluta de organismos macrobentónicos registrada en los sitios de muestreo. Prof.: Profundidad; Abun. Total: Abundancia Total; MLP: Muelle Luis Piedrabuena; CA: Cerro Avanzado.

Réplica	Prof. (cm)	Bivalvia		Ostrácoda		Anfípoda		Polychaeta		Ophiuroidea		Copépoda		Nemertea		Abun. Total	
		MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA	MLP	CA
Corer 1	0-2	4	29	7		28	2	6	21			2				45	54
	2-4					1	1	2	18							3	19
	4-10								4								8
Corer 2	0-2	1	31	1		7		21	15	2						32	46
	2-4		2				2	5	14							5	18
	4-10		1				1	5	8							5	10
Corer 3	0-2	4	29	2		10	7	15	17			2		1		31	56
	2-4		1				1	17	8							17	10
	4-10		6					17	9							17	15
Abun. Total	9	103	10		46	14	88	114	2			4		1			

Discusión

La contaminación puede medirse a través de indicadores simples obtenidos de la columna de agua, los sedimentos o los organismos bentónicos. Sin embargo, está ampliamente demostrado que tales indicadores, considerados individualmente, no siempre son suficientes o confiables para detectar un cambio producido por la contaminación (González-Macias *et al.*, 2009; Brack *et al.*, 2016; Vethaak *et al.*, 2017). Tampoco pueden evidenciar los complejos fenómenos de interacciones entre los componentes abióticos y bióticos del ecosistema sujeto a impacto ambiental. En este estudio, se encontró una similitud entre los sitios en los parámetros físico-químicos medidos en el agua de mar debido posiblemente a la cercanía entre los mismos y el régimen de marea de la zona, el cual favorece la mezcla de agua en las profundidades analizadas. Por el contrario, los resultados en sedimentos indicaron diferencias entre los sitios. MLP mostró un predominio de la fracción limo fino-medio respecto de CA, lo cual podría deberse a que si bien ambos sitios se encuentran localizados en el interior del golfo Nuevo, el grado de exposición al oleaje de MLP es inferior al de CA, favoreciendo de este modo la deposición de partículas finas en las capas superficiales de la matriz sedimentaria. A su vez, dada la mayor relación superficie/volumen que presentan este tipo de partículas (Lamberson *et al.*, 1992), tiende a adherirse un mayor porcentaje de materia orgánica en las mismas, lo cual explicaría los mayores valores registrados en las

capas superficiales de la matriz de MLP en relación a las de CA. Además, en MLP se desarrollan actividades portuarias que incluyen el vertido de altas concentraciones de hidrocarburos provenientes de agua de lastre y residuos de sentina (Massara Paletto *et al.*, 2008).

Los organismos macrobentónicos presentan determinadas características que los colocan como efectivos indicadores de la calidad de los ambientes marinos (Muniz *et al.*, 2013a; Hutton *et al.*, 2015). En este trabajo, la clase Polychaeta fue la más abundante en ambos sitios seguida por Anfípoda en MLP y Bivalvia en CA. Particularmente, en ambos sitios se registró una mayor abundancia de organismos en la capa superficial de la matriz sedimentaria, lo cual podría estar asociado a la mayor disponibilidad de oxígeno que se encuentra en esta zona (Kristensen & Holmer, 2001; Venturini *et al.*, 2011; Muniz *et al.*, 2013a, b).

El presente trabajo demuestra que en condiciones naturales, la distribución de la macrofauna bentónica en profundidad es semejante entre sitios con y sin impacto antrópico. A su vez, se encontraron diferencias en la abundancia de organismos de los diferentes grupos según las condiciones físico-químicas medidas en los sedimentos. Estos resultados constituyen una línea de base para futuros ensayos ecotoxicológicos y de monitoreo en Patagonia o en otros ambientes con características ecológicas similares.

Conclusiones

Los sitios seleccionados para realizar los ensayos ecotoxicológicos con diferentes concentraciones de TBT en el laboratorio presentaron diferencias en los parámetros físico-químicos y biológicos determinados en los sedimentos. En particular, se registró un enriquecimiento orgánico en los primeros dos centímetros de la columna sedimentaria en MLP asociado a las actividades portuarias que se desarrollan en este sitio. Asimismo, si bien en ambos sitios, la clase más abundante fue Polychaeta, ésta fue seguida por la clase Anfípoda en MLP y Bivalvia en CA. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a generar estrategias de conservación de la zona costera del golfo Nuevo.

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo agradecen el financiamiento brindado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través del proyecto PICT 2016-1463. Asimismo, agradecen el asesoramiento técnico brindado por Marta Commendatore y Elvio Monteros durante el desarrollo del proyecto.

Referencias bibliográficas

- Averbuj, A., Primost, M.A., Giulianelli, S. & Bigatti, G. (2018) "Acute toxicity of tributyltin to encapsulated embryos of a marine gastropod", *Molluscan Research* 38, pp. 29-33.
- Alonso de Pina, G.M. (2003) "A new species of Phoxocephalidae and some records of sand - burrowing Amphipoda (Crustacea) from Argentina", *Journal of Natural History* 37, pp. 1029-1057.
- Arndt, S., Jørgensen, B.B., LaRowe, D.E., Middelburg, J.J., Pancost, R.D. & Regnier, P. (2013) "Quantifying the degradation of organic matter in marine sediments: A review and synthesis", *Earth-science reviews* 123, pp. 53-86.
- Bigatti, G., Primost, M.A., Cledón, M., Averbuj, A., Theobald, N., Gerwinski, W., Arntz, W., Morriconi, E. & Penchaszadeh, P.E. (2009) "Biomonitoring of TBT contamination and imposex incidence along 4700km of Argentinean shoreline (SW Atlantic: From 38S to 54S)", *Marine Pollution Bulletin* 58(5), pp. 695-701.
- Blake, J.A. & Ruff, R.E. (2007) "Polychaeta". En: Carlton J. (ed.) *Light and Smith Manual: Intertidal Invertebrates from Central California to Oregon*, Berkeley, University of California Press, pp. 309-410.
- Brack, W., Ait-Aissa, S., Burgess, R.M., Busch, W., Creusot, N., Di Paolo, C., Escher, B.I., Mark Hewitt, L., Hilscherova, K., Hollender, J., Hollert, H., Jonker, W., Kool, J., Lamoree, M., Muschket, M., Neumann, S., Rostkowski, P., Ruttkies, C., Schollee, J., Schymanski, E.L., Schulze, T., Seiler,

- T.B., Tindall, A.J., De Aragão Umbuzeiro, G., Vrana, B. & Krauss, M. (2016) "Effect-directed analysis supporting monitoring of aquatic environments - An in-depth overview", *Science of the Total Environment* 544, pp. 1073-1118.
- Commendatore, M.G. & Esteves, J.L. (2007) "An assessment of oil pollution in the coastal zone of patagonia, Argentina", *Environmental Management* 40, pp. 814-821.
- Commendatore, M.G., Esteves, J.L. & Colombo, J.C. (2000) "Hydrocarbons in Coastal Sediments of Patagonia, Argentina: Levels and Probable Sources", *Marine Pollution Bulletin* 40, pp. 989-998.
- Commendatore, M.G., Nievas, M.L., Amin, O. & Esteves, J.L. (2012) "Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in coastal sediments from the Ushuaia Bay (Tierra del Fuego, Patagonia, Argentina)", *Marine Environmental Research* 74, pp. 20-31.
- Commendatore, M.G., Franco, M.A., Gomes Costa, P., Castro, I.B., Fillmann, G., Bigatti, G., Esteves, J.L. & Nievas, M.L. (2015) "Butyltins, polyaromatic hydrocarbons, organochlorine pesticides, and polychlorinated biphenyls in sediments and bivalve mollusks in a mid-latitude environment from the Patagonian coastal zone", *Environmental Toxicology and Chemistry* 34, pp. 2750-2763.
- Del Brío, F., Commendatore, M., Castro, I.B., Costa, P.G., Fillmann, G. & Bigatti, G. (2016) "Distribution and bioaccumulation of butyltins in the edible gastropod *Odontocymbiola magellanica*", *Marine Biology Research* 12(6), pp. 608-620.
- Delucchi, F., Narvarte, M.A., Amin, O., Tombesi, N.B., Freije, H. & Marcovecchio, J. (2011) "Organotin compounds in sediments of three coastal environments from the Patagonian shore, Argentina", *International Journal of Environment and Waste Management* 8, pp. 3-17.
- Duarte, C.A., Giarratano, E. & Gil, M.N. (2012) "Trace metal content in sediments and autochthonous intertidal organisms from two adjacent bays near Ushuaia, Beagle Channel (Argentina)", *Marine Environmental Research* 79, pp. 55-62.
- Esteves, J.L. & Arhex, I. (2009) *Análisis de indicadores de contaminación en la zona costera patagónica*, 1a ed, Puerto Madryn, Fundación Patagonia Natural, pp. 327.
- Gilbert, F., Hulth, S. & Aller, R.C. (2003) "The influence of macrofaunal burrow spacing and diffusive scaling on sedimentary nitrification and denitrification: an experimental and model approach", *Journal of Marine Research* 61, pp. 101-125.
- Gonzalez, E. (2014) *Estudio de las comunidades macrobentónicas de una matriz sedimentaria prístina y su perturbación por contaminación con petróleo*, Tesis de Licenciatura inédita, Puerto Madryn, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, pp. 51.
- González-Macías, C., Schifter, I., Lluich-Cota, D.B., Méndez-Rodríguez, L. & Hernández-Vázquez, S. (2009) "Assessment of benthic changes during 20 years of monitoring the Mexican Salina Cruz Bay", *Environmental Monitoring and Assessment* 149, pp. 113-132.
- Hutton, M., Venturini, N., García-Rodríguez, F., Brugnoli, E. & Muniz, P. (2015) "Assessing the ecological quality status of a temperate urban estuary by means of benthic biotic indices", *Marine Pollution Bulletin* 91, pp. 441-453.
- IMO (International Maritime Organization) (2002) International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships. www.imo.org.
- Kristensen, E. & Holmer, M. (2001) "Decomposition of plant materials in marine sediment exposed to different electron acceptors (O_2 , NO_3^- and SO_4^{2-}), with emphasis on substrate origin, degradation kinetics, and the role of bioturbation", *Geochimica and Cosmochimica Acta* 65, pp. 419-433.
- Lamberson, J.O., DeWitt, T.H. & Swartz, R.C. (1992) "Assesment of sediment toxicity to marine benthos". En: Burton, G.A. (Ed.), *Sediment toxicity assessment*, Chelsea, Lewis Publishers Inc., pp. 183-211.
- Lopretto, E.C. & Tell, G. (1995) *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su uso*, Tomos II y III. La Plata, Argentina, Ediciones Sur, pp. 1401.
- Massara Paletto, V., Commendatore, M.G. & Esteves, J.L. (2008) "Hydrocarbon levels in sediments and bivalve mollusks from Bahía Nueva (Patagonia, Argentina): An assessment of probable origin and bioaccumulation factors", *Marine Pollution Bulletin* 56, pp. 2100-2105.
- Michaud, E., Desrosiers, G., Mermillod-Blondin, F., Sundby, B. & Stora, G. (2006) "The functional group approach to bioturbation: II. The effects of the *Macoma balthica* community on fluxes of nutrients and dissolved organic carbon across the sediment-water interface", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 337, pp. 178-189.
- Mouzo, F.G., Garza, M.L., Izquierdo, J.F. & Zibecchi, R.O. (1978) "Rasgos de la geología del golfo Nuevo (Chubut)", *Acta Oceanológica* 2(1), pp. 69-91.
- Muniz, P., da Cunha Lana, P., Venturini, N., Elias, R., Vallarino, E., Bremec C., de Castro Martins, C. & Sandrini Neto, L. (2013a) *Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos*, Montevideo, Universidad de la República, pp. 131.
- Muniz, P., Pires-Vanin, A.M.S. & Venturini, N. (2013b) "Vertical distribution patterns of macrofauna in a subtropical nearshore coastal area affected by urban sewage", *Marine Ecology* 34, pp. 233-250.
- Primost, M., Averbuj, A. & Bigatti, G. (2015) "Variability of imposex development and reproductive alterations in the Patagonian gastropod *Buccinanops globulosus* inhabiting a polluted harbour area", *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Nueva Serie* 17, pp. 167-171.
- Primost, M., Bigatti, G. & Marquez, F. (2016) "Shell shape as indicator of pollution in marine gastropods affected by imposex", *Marine and Freshwater Research* 67, pp. 1948-1954.
- Primost, M., Sabatini, S.E., Di Salvatore, P., Ríos De Molina, M.C., Bigatti, G. (2017) "Oxidative stress indicators in populations of the gastropod *Buccinanops globulosus* affected by imposex", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97, pp. 35-42.

- Venturini, N., Pires-Vanin, A.M.S., Salhi, M., Bessonart, M. & Muniz, P. (2011) "Polychaete response to fresh food supply at organically enriched coastal sites: Repercussion on bioturbation potential and trophic structure", *Journal of Marine Systems* 88(4), pp. 526-541.
- Vethaak, A.D., Davies, I.M., Thain, J.E., Gubbins, M.J., Martínez-Gómez, C., Robinson, C.D., Moffat, C.F., Burgeot, T., Maes, T., Wosniok, W., Giltrap, M., Lang, T. & Hylland, K. (2017) "Integrated indicator framework and methodology for monitoring and assessment of hazardous substances and their effects in the marine environment", *Marine Environmental Research* 124, pp. 11-20.