

Monitoreo de contaminantes y abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (Año 2022)

Silvia R. Peressutti y Pablo A. Zorzoli

Dirección de Pesquerías Pelágicas y Ambiente Marino
Gabinete de Genética Molecular y Microbiología

Citar como:

Peressutti SR, Zorzoli PA. 2024. Monitoreo de contaminantes y abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (Año 2022). Inf ASES INIDEP N.º 014/24, 12 pp.



Monitoreo de contaminantes y abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (Año 2022)

Silvia R. Peressutti¹, Pablo A. Zorzoli²

¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

² Servicio de Hidrografía Naval, Armada de la República Argentina

Resumen

En el marco del Plan de Monitoreo de Contaminación, desarrollado por la CTMFM en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU), el presente estudio muestra los resultados del análisis de diversos contaminantes en muestras de sedimentos, obtenidas durante dos campañas de investigación (MA0922 y MA1322). Además, se analizó la abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH), utilizadas como biomarcadores para estimar la potencialidad de la biorremediación natural en este ambiente.

Durante este trabajo, fueron detectados metales pesados (plomo, cobre, cadmio y cromo) en la mayoría de los sitios analizados, como así también se cuantificaron los contaminantes orgánicos atrazina e hidrocarburos totales en algunas estaciones. En la campaña MA0922 el 80% de las determinaciones de cobre sobrepasaron el nivel guía para protección de la biota del CCME (*Canadian Council of Ministers of the Environment*) para las ISQG (Directrices Provisionales sobre la Calidad de Sedimentos), mientras que solo el 5% lo hicieron para plomo y cromo en dichas directrices. El resto de las determinaciones estuvieron por debajo de los niveles guía del CCME y los niveles de acción recomendados para la RGMD (Recomendaciones para la Gestión del Material de Dragado en los puertos españoles). En la campaña MA1322, el 73% de las determinaciones de cobre sobrepasaron el nivel guía del CCME para las ISQG, y sólo el 9% lo hicieron para cromo en dichas directrices. Los demás contaminantes estuvieron por debajo de los niveles guía del CCME y los niveles de acción recomendados para la RGMD.

Estos hallazgos muestran la importancia del monitoreo periódico en la ZCPAU, en el marco del Plan de Monitoreo de Contaminantes (CTMFM), así como la medición de otros compuestos tóxicos, con el objeto de conocer el grado de contaminación de este ambiente estuarial-marino. Además, las comparaciones de recuentos de BDH con valores de contaminación, permite establecer asociaciones entre marcadores biológicos de polución y presencia de contaminantes en la ZCPAU.

Palabras Claves

Contaminantes; Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya; Bacterias degradadoras de hidrocarburos

Introducción

La Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) representa un ambiente muy productivo, que sostiene pesquerías artesanales y costeras tanto en Argentina como en Uruguay (Acha et al. 2008). La vasta zona industrial y urbana desarrollada en el territorio costero produce un significativo impacto sobre las aguas costeras estuariales y marinas. Así, la ZCPAU se ve afectada por un aporte crónico de contaminantes originados por derrames accidentales, desechos de refinerías costeras, efluentes pluviales, tráfico de embarcaciones y actividades portuarias, con un potencial impacto negativo sobre estos ecosistemas (Venturini et al. 2014). La presencia de contaminantes en los sedimentos muestra la dominancia de hidrocarburos originados de fuentes petrogénicas antrópico y pirogénico (Colombo et al. 2004). Además, se han detectado metales pesados y plaguicidas en sedimentos obtenidos en el estuario del Río de la Plata y en el Frente Marítimo (Carsen et al. 2004). La contaminación crónica en



ambientes costeros es también evidente en la biota, a diferentes niveles de organización biológica. (Ernst et al. 2018).

Los contaminantes tienden a concentrarse en los sedimentos de la zona donde fueron descargados, transformándolos en sumideros de compuestos tóxicos. El *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) recomienda niveles guía de los diferentes contaminantes en sedimentos para la protección de la vida acuática (CCME, 2001), diferenciando entre los niveles de contaminación que causan efectos crónicos, de los que generan efectos agudos. Una herramienta para la remediación de este tipo de sumideros es el dragado de sedimentos y su posterior reubicación, por lo que es necesario tener en cuenta las Recomendaciones para la Gestión del Material de Dragado en los Puertos Españoles (RGMD) (CEDEX, 1994), para evaluar la posible disposición del mismo.

Por otro lado, los procesos de descontaminación de los ecosistemas marinos dependen primariamente de las comunidades microbianas presentes en el ambiente (Leahy y Colwell 1990) y, por lo tanto, es particularmente importante analizar las bacterias autóctonas, con capacidad de degradar hidrocarburos.

Con el objetivo de continuar evaluando el impacto producido por estos contaminantes en la ZCPAU, en 2023 se aprobó el Programa Binacional de Monitoreo Ambiental desde la CTMFM para el quinquenio 2023-2028. Como antecedente para este Programa, el presente estudio muestra los resultados del análisis de diversos contaminantes como metales pesados, hidrocarburos totales, PCBs y plaguicidas en muestras de sedimentos obtenidas durante dos campañas de investigación (MA0922 y MA1322). Además, se analizó la abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH), utilizados como marcadores para estimar la potencialidad de la biorremediación natural en este ambiente.

Materiales y métodos

Muestreo

El muestreo se realizó en el marco de las campañas de investigación a bordo del buque *BIP Mar Argentino* (Figuras 1 y 2).

Las muestras fueron colectadas mediante un extractor tipo Snapper (EPA, 2001). La extracción de muestras para metales pesados se llevó a cabo con una espátula de PVC realizando enjuagues de la misma con agua del sitio de muestreo. Una vez extraído el sedimento se lo colectó en una bolsa de polipropileno, se lo rotuló y conservó en refrigeración (4 ± 2 °C) hasta su medición en laboratorio tercerizado. Posteriormente, se efectuó un segundo lance de Snapper para la extracción de muestras destinadas a compuestos orgánicos, las cuales se obtuvieron con una espátula de acero inoxidable, enjuagada también con agua del sitio de muestreo. Una vez extraídas las muestras de sedimento, se las colectó en papel de aluminio previamente muflado a 400 °C utilizado como envase primario, y luego fueron alojadas en una bolsa de polipropileno, rotuladas y conservadas en freezer (-18 ± 2 °C) hasta su medición en laboratorio tercerizado.

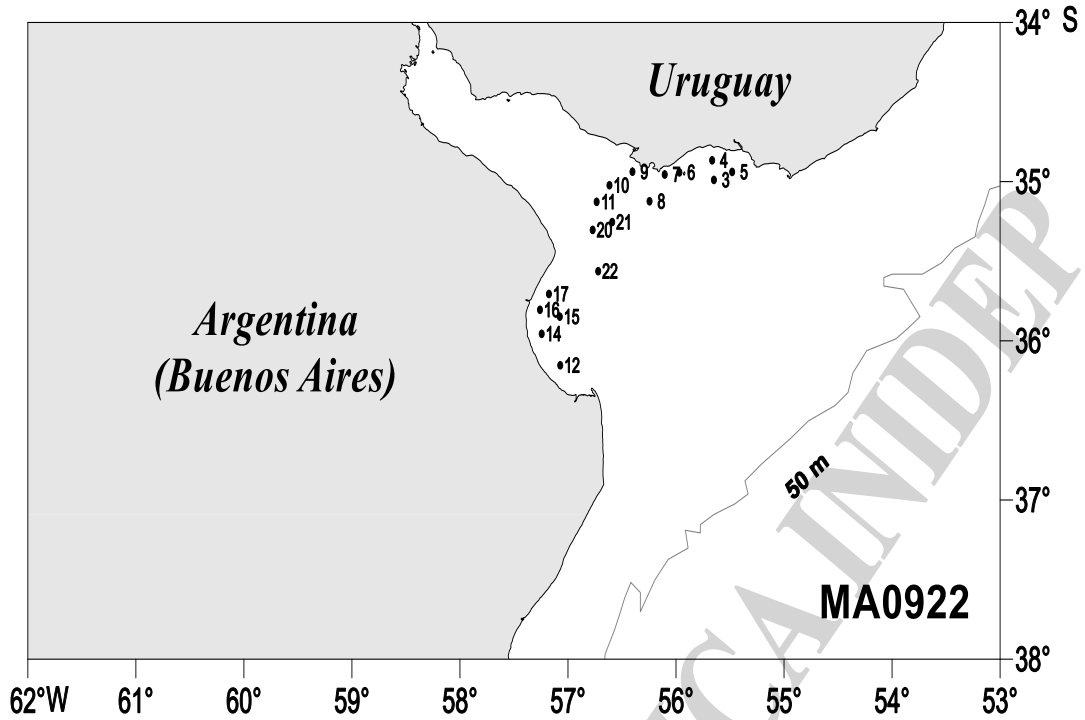


Figura 1. Mapa de localización de sitios de muestreo en la campaña MA0922.

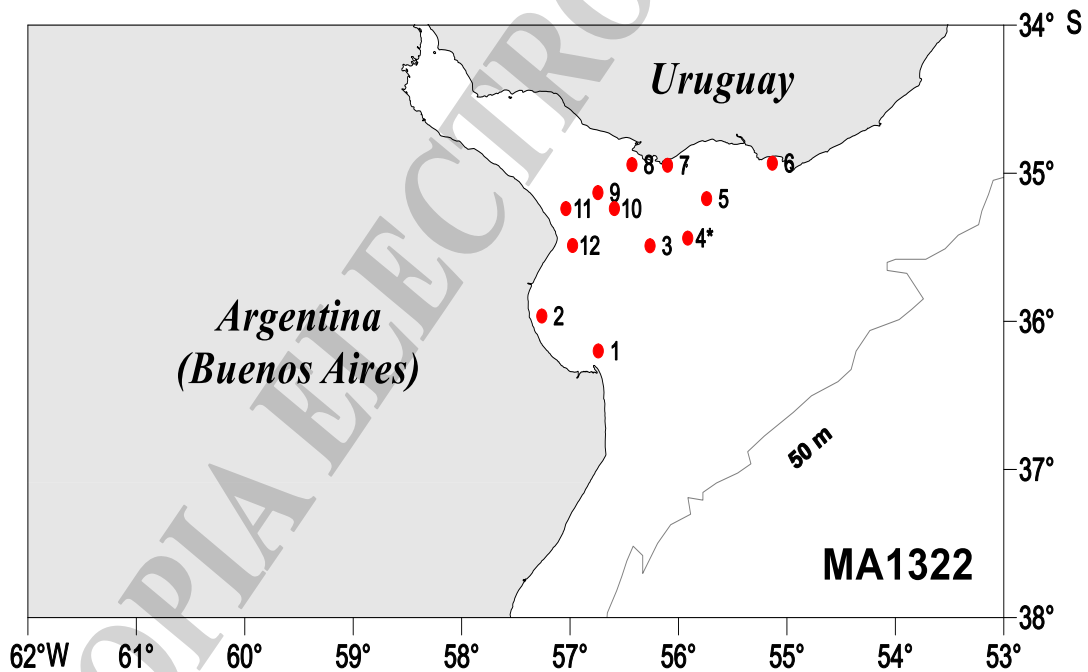


Figura 2. Mapa de localización de sitios de muestreo en la campaña MA1322.



Análisis de contaminantes

A partir de los sedimentos extraídos se realizaron los análisis de contaminantes (Tabla 1)

Tabla 1. Parámetros determinados

Parámetro	Método	Unidad	Límite de cuantificación
Cromo (Cr)	EPA 3151 A- 6020 (ICP-MS)	mg/Kg	2,50
Cadmio (Cd)	EPA 3151 A- 6020 (ICP-MS)	mg/Kg	0,05
Cobre (Cu)	EPA 3151 A- 6020 (ICP-MS)	mg/Kg	2,50
Plomo (Pb)	EPA 3151 A- 6020 (ICP-MS)	mg/Kg	2,50
Mercurio (Hg)	EPA 418.1	mg/Kg	0,10
Hidrocarburos totales (HC _{tot})	EPA SW 846 M 3540 C / EPA SW 846 M 8015 B GC-FID	mg/Kg	5,00
PCBs totales (PCBs)	ASTM D 4059:2000	µg/Kg	0,20
Atrazina (ATZ)	Método Interno ALT09129-LC MS	mg/Kg	0,0002
Glifosato	Método Interno ALT09118	µg/Kg	0,01
AMPA	Método Interno ALT09118		0,01
Pesticidas totales (PS _{tot})*	EPA SW 846 M 8081 B	µg/Kg	0,20

* Σ 23 congéneres (Endrin Cetona, Metoxiclor, α -BHC, β -BHC, Lindano, δ -BHC, Aldrin, Dieldrin, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán sulfato, Endrin, Heptaclor, Heptaclor epoxi, Hexaclorobenceno, CIS Nonaclor, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, 4,4'-DDD, α -Clordano, γ -Clordano, TRANS Nonaclor, Mirex).

Para metales pesados se utilizó un Espectrómetro de masa con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), Perkin Elmer Nexion 2000C.

En cuanto a los contaminantes orgánicos, la atrazina, el glifosato y sus derivados (AMPA) fueron determinados con un Cromatógrafo líquido de alta performance (HPLC-MSMS) y con espectrómetro de masas de triple cuadrupolo Xevo TQ-S micro. Para la detección de plaguicidas organoclorados se usó un Cromatógrafo de gases con detector de masas equipado (GC-MS), (HP 7890 Autosampler Headspace para GC-MS, Perkin Elmer Turbomatrix 40). Finalmente, los PCBs e hidrocarburos totales se cuantificaron mediante un Cromatógrafo de gases con detector ECD-FID (GC-ECD – FID), (HP 6890).

Los resultados obtenidos se cotejaron con los niveles guía de sedimentos para la protección de la biota en ambientes marinos del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (CCME, 2001) y con las Recomendaciones para la Gestión del Material de Dragado en los Puertos Españoles (RGMD) (CEDEX, 1994) (Tabla 2), para ver la calidad del sedimento de la zona y sus posibles efectos sobre la biota.



Tabla 2. Valores guía para cada normativa

Parámetro	CCME		RGMD (dragado en puertos)			
	ISQG/T EL*1	PE L* 2	Nivel acción A	Nivel acción B	Nivel acción C	Umbral peligrosidad
Cr	52,3	160	140	340	1000	1000
Cd	0,7	4,2	1,2	2,4	9,6	72
Cu	18,7	108	70	168	675	2500
Pb	30,2	112	80	218	600	1000
Hg	0,13	0,7	0,35	0,71	2,84	17
Hctot	-	-	-	-	-	2500
PCBs	-	-	50	180	540	4000

*1 ISQG/TEL: Pautas provisionales de calidad de sedimentos marinos (ISQG) / niveles de efecto umbral (TEL), tomando como referencia sedimentos no contaminados.

*2 PEL: Nivel de efecto probable.

Análisis microbiológicos

Para estudios microbiológicos se extrajeron aproximadamente 100 g de muestras de sedimento que fueron almacenadas en bolsas de polietileno y refrigeradas a 4 ± 2 °C hasta su procesamiento en el laboratorio. Para la cuantificación de bacterias degradadoras de hidrocarburos se utilizó el método de recuento en placa (Peressutti 2021).

Resultados y Discusión

Análisis de contaminantes

Los resultados de las determinaciones analíticas de los contaminantes son mostrados en las Tablas 3 y 4.



Tablas 3. Valores de contaminantes detectados en la Campaña MA0922

Estación de muestreo	134	135	136	137	138	139	140	141	142
Latitud (S)	-34,989	-34,866	-34,939	-34,9421	-34,955	-35,124	-34,94	-35,02	-35,13
Longitud (W)	-55,649	-55,665	-55,48	-55,9684	-56,105	-56,245	-56,4	-56,62	-56,73
Plomo mg/kg	22,3	16,4	19,6	20,9	23,8	19,9	22,5	17,8	12,4
Cobre mg/kg	32,6	24,2	27,1	30,7	34,3	26,7	41,6	23,9	16,8
Cadmio mg/kg	0,112	< 0,05	0,067	0,054	0,079	0,079	<2,50	<0,05	<0,05
Cromo mg/kg	41,70	30,90	37,00	40,80	44,90	35,00	43,30	34,10	24,80
Mercurio mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Atrazina mg/kg	<0,0002	<0,0002	0,0135	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0092	<0,0002	<0,0002
Glifosato mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
AMPA mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCBs totales mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
HC totales mg/kg	<5,00	<5,00	181	<5,00	<5,00	<5,00	514	<5,00	<5,00
Endrin Cetona mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Metoxiclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
β -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -BHC (Lindano) mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
δ -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Aldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Dieldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán I mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
EndosulfánII mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán sulfato mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor epoxi mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Hexaclobenceno mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
cis-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDE mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDT mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDD mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
trans-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mirex mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Plaguicidas tot mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002



Tablas 3 (Continuación). Valores de contaminantes detectados en la Campaña MA0922

Estación de muestreo	143	145	146	147	148	151	152	153
Plomo mg/kg	11,6	19,5	21,1	22,5	18,5	22,4	24,2	21,4
Cobre mg/kg	14,8	26,1	28,2	28,2	22,5	30,1	33,8	28,8
Cadmio mg/kg	<0,05	0,084	0,08	0,094	0,06	0,054	0,095	0,067
Cromo mg/kg	22,00	37,40	35,50	43,60	34,30	45,00	42,90	40,60
Mercurio mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Atrazina mg/kg	<0,0002	0,0054	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Glifosato mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
AMPA mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCBs totales mg/kg	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
HC totales mg/kg	<5,00	180	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Endrin Cetona mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Metoxiclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
β -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -BHC (Lindano) mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
δ -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Aldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Dieldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán I mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
EndosulfánII mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán sulfato mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor epoxi mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Hexaclorobenceno mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
cis-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDE mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDT mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDD mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
trans-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mirex mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Plaguicidas tot mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Valores por encima del Límite de cuantificación



Tabla 4. Valores de contaminantes detectados en la Campaña MA1322

Estación	283	288	297	300	302	307	308	311	312	315	318
Latitud (S)	-36,2012	-35,9624	-35,4888	-35,1706	-35,9323	-34,9443	-34,9413	-35,1319	-35,2395	-35,2372	-35,4851
Longitud (W)	-56,7393	-57,2611	-56,2631	-55,7388	-56,3383	-56,0997	-56,4283	-56,7444	-56,5946	-57,0374	-56,9752
Plomo mg/kg	13,3	22,1	7,63	18,2	9,8	22,9	21	21,5	23,8	24,3	28,5
Cobre mg/kg	17,3	25,7	9,37	23,5	13,3	33,4	30,7	28,3	31,6	29,1	33,6
Cadmio mg/kg	0,054	0,074	<0,05	0,066	<0,05	0,064	<0,05	0,075	0,099	0,074	0,116
Cromo mg/kg	28,20	42,50	15,40	34,00	18,70	45,40	43,30	43,10	41,70	45,60	54,70
Mercurio mg/kg	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Atrazina mg/kg	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Glifosato mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
AMPA mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCBs totales mg/kg	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
HC totales mg/kg	328	265	152	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	60	<5,00
Endrin Cetona mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Metoxiclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
β -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -BHC (Lindano) mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
δ -BHC mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Aldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Dieldrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán I mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán II mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endosulfán sulfato mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Endrin mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Heptaclor epoxi mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Hexacrobenceno mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
cis-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDE mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDT mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
4,4'-DDD mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
α -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
γ -Clordano mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
trans-Nonaclor mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mirex mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Plaguicidas totales mg/kg	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Valores por encima del Límite de cuantificación



Los resultados de los análisis de metales pesados mostraron valores de plomo cuantificables en todos los sitios de muestreo, con un rango de 7,03 a 44,00 mg/kg y un promedio de 19,90, en la campaña MA0922; mientras que el rango de valores de este metal varió entre 7,63 y 28,50 mg/kg y el promedio fue de 19,4 durante la campaña MA1322. Los valores de cobre también fueron cuantificables para todos los sitios de muestreo. En la campaña MA0922 los mismos variaron entre 4,72 y 57,8 mg/kg, con un promedio de 27,1; y en la MA1322 el promedio fue de 25,1 mg/kg y el rango de valores se ubicó entre 9,37 y 33,6. El cadmio presentó un 75% de valores cuantificables en los sitios de muestreo analizados durante la campaña MA0922, un rango de valores de <0,05 a 0,142 mg/kg y un promedio de 0,08. En la campaña MA1322 el 73% de las determinaciones fueron cuantificables, con un promedio de 0,078 mg/kg y el rango de valores se ubicó entre <0,05 y 0,116. Finalmente, los valores de cromo en la campaña MA0922 variaron de 7,71 a 73,6 mg/kg y el promedio fue de 36,44; mientras que en la campaña MA 1322 el rango de valores se ubicó entre 15,4 y 54,7 mg/kg, con un promedio de 37,5. Los valores fueron cuantificables para todos los sitios de muestreo en ambas campañas.

Con respecto a los contaminantes orgánicos los valores cuantificables de atrazina alcanzaron solo un 20% durante la campaña MA0922, con un rango de valores de <0,0002 a 0,0135 mg/kg y un promedio de 0,0075. Es destacable, que esta campaña fue la única que mostró valores por encima del límite de cuantificación. A su vez, los valores cuantificables de hidrocarburos totales en la campaña MA0922 abarcaron un 10% de los sitios de muestreo analizados, siendo el rango de valores encontrados entre <5,00 y 514 mg/kg y el promedio de 348. Por otro lado, los valores cuantificables de estos contaminantes en la campaña MA1322 correspondieron a un 36% de los muestreos, variando entre <5,00 y 328 mg/kg, con un promedio de 201.

Por otro lado, el mercurio total, el glifosato y sus derivados (AMPA), los PCBs totales y los 23 congéneres de plaguicidas (Endrin Cetona, Metoxiclor, α -BHC, β -BHC, γ -BHC (Lindano), δ -BHC, Aldrin, Dieldrin, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán sulfato, Endrin, Heptaclor, Heptaclor epoxi, Hexaclorobenceno, cis-Nonaclor, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, 4,4'-DDD, α -Clordano, γ -Clordano, trans-Nonaclor y Mirex), no fueron detectados en ninguna de las muestras estudiadas durante ambas campañas.

Finalmente, se compararon los resultados de los contaminantes detectados en este estudio, con el nivel guía para protección de la biota del CCME (*Canadian Council of Ministers of the Environment*) para las ISQG (directrices provisionales sobre la calidad de sedimentos), y los niveles de acción recomendados para la RGMD (Recomendaciones para la Gestión del Material de Dragado en los puertos españoles). Durante la campaña MA0922, el 80% de las determinaciones de cobre sobrepasaron el nivel guía del CCME - ISQG, mientras que solo el 5% lo hicieron para plomo y cromo en dichas directrices. El resto de las determinaciones estuvieron por debajo de los niveles guía del CCME y los niveles de acción recomendados para la RGMD (Recomendaciones para la Gestión del Material de Dragado en los puertos españoles).

En la campaña MA1322, el 73% de las determinaciones de cobre sobrepasaron el nivel guía del CCME para las ISQG, y sólo el 9% lo hicieron para cromo en dichas directrices. Los demás parámetros estuvieron por debajo de los niveles guía del CCME y los niveles de acción recomendados para la RGMD.

Abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos

Los valores de abundancia de BDH variaron entre $3,00 \times 10^2$ y $3,00 \times 10^5$ UFC ml⁻¹ (Tabla 5) en concordancia con valores reportados anteriormente (Peressutti 2021). Los recuentos más elevados fueron observados en los sitios de muestreo donde se detectaron hidrocarburos totales, demostrando que estos microorganismos pueden considerarse como indicadores de contaminación.



Estos estudios serán complementados con análisis de genes catabólicos, utilizados como biomarcadores funcionales para determinar el potencial de degradación de HC en el ambiente marino.

Tabla 5. Recuento de bacterias degradadoras de hidrocarburos

MA0922		MA1322	
Estación de muestreo	UFC g ⁻¹	Estación de muestreo	UFC g ⁻¹
134	5,60 x 10 ³	283	4,05 x 10 ⁵
135	7,00 x 10 ³	288	3,06 x 10 ⁵
136	3,00 x 10 ⁵	297	5,00 x 10 ⁵
137	3,00 x 10 ²	300	3,05 x 10 ⁴
138	5,00 x 10 ³	302	4,30 x 10 ³
139	3,00 x 10 ³	307	5,00 x 10 ³
140	4,05 x 10 ⁵	308	3,00 x 10 ³
141	1,05 x 10 ⁴	311	2,05 x 10 ⁴
142	1,10 x 10 ⁴	312	1,00 x 10 ⁵
143	1,00 x 10 ⁴	315	5,00 x 10 ⁵
145	5,50 x 10 ⁵	318	1,05 x 10 ⁴
146	9,00 x 10 ⁴		
147	8,00 x 10 ³		
148	6,00 x 10 ³		
151	3,50 x 10 ³		
152	4,20 x 10 ³		
153	2,20 x 10 ³		
154	1,00 x 10 ³		
157	5,10 x 10 ³		
159	2,00 x 10 ³		

Conclusiones

Durante el presente trabajo, fueron detectados metales pesados (plomo, cobre, cadmio y cromo) en la mayoría de los sitios analizados, como así también se cuantificaron los contaminantes orgánicos atrazina e hidrocarburos totales en algunas estaciones. Estos hallazgos muestran la importancia del monitoreo periódico en la ZCPAU, en el marco del Plan de Monitoreo de Contaminantes (CTMFM), así como la medición de otros compuestos tóxicos, con el objeto de conocer el grado de contaminación de este ambiente estuarial-marino.

Además, las comparaciones de recuentos de BDH y presencia de genes catabólicos (datos no mostrados) con valores de contaminación, permite establecer asociaciones entre marcadores biológicos de polución y presencia de contaminantes en la ZCPAU.



Bibliografía

- Acha EM, Mianzan H, Guerrero R, Carreto J, Giberto D, Montoya N, Carignan M. 2008. An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. *Cont Shel Res.* 28: 1579-1588.
- Carsen AE, Perdomo A, Arriola M. 2004. Contaminación de aguas, sedimentos y biota. Informe Técnico Proyecto-FREPLATA.
- CCME. 2001. Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQGs) provide science-based goals for the quality of aquatic and terrestrial ecosystems, Summary table. Canadian Council of Ministers of the Environment. <https://ccme.ca/en/summary-table>.
- CEDEX. 1994. Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid: 45 p.
- Colombo JC, Barreda A, Bilos C, Cappelletti N, Demichelis S, Lombardi P, Migoya MC, Skorupka CN, Suarez G. 2004. Oil spill in the Río de la Plata estuary, Argentina: 1. Biogeochemical assessment of waters, sediments, soils and biota. *Environ Pollut.* 134: 277-289.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2001. Methods for collection, storage, and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses technical manual (EPA 823-B-01-002).
- Ernst F, Alonso B, Colazzo M, Pareja L, Cesio V, Pereira A, Márquez A, Errico E, Segura AM, Heinzen H, Pérez-Parada A. 2018. Occurrence of pesticide residues in fish from south American rainfed agroecosystems *Sci Total Environ.* (631-632): 169-179.
- Leahy JG, Colwell RR. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiol Rev.* 54: 305-315.
- Peressutti S. Biodegradación de hidrocarburos en la estación EPEA (38° 28' S – 57° 41' O)". *Inf. Invest. INIDEP* N° 032/2021.
- VenturinI N, Bicego MC, Taniguchi S, Sasaki ST, García-Rodríguez F, Brugnoli E, Muniz P. 2014. A multi-molecular marker assessment of organic pollution in shore sediments from the Río de la Plata estuary, SW Atlantic. *Mar Pollut Bull.* 91: 461-475.