

Trabajo Original

Ecotoxicología

## **Evaluación preliminar de hidrocarburos de petróleo en arena de playas recreacionales, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.**

**Lucero N.M.<sup>1\*</sup>, Saicha A.V<sup>1</sup>., Espinosa M.B.<sup>1</sup>, Pérsico M.M<sup>1</sup>. Patat M.L.<sup>2</sup> Escobar E.E<sup>1</sup>**

1. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mar del Plata. Calle Buque Pesquero Dorrego 281, Puerto. Mar del Plata (7600), Argentina. [mlucero@mdp.utn.edu.ar](mailto:mlucero@mdp.utn.edu.ar) ; [labdocencia@mdp.utn.edu.ar](mailto:labdocencia@mdp.utn.edu.ar) ; [ambiental@mdp.utn.edu.ar](mailto:ambiental@mdp.utn.edu.ar) ; [mmpersico@mdp.utn.edu.ar](mailto:mmpersico@mdp.utn.edu.ar)
2. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Funes 3350. Mar del Plata (7600), Argentina. [mlpatat@mdp.edu.ar](mailto:mlpatat@mdp.edu.ar)

Correspondencia:\* [mlucero@mdp.utn.edu.ar](mailto:mlucero@mdp.utn.edu.ar)

## Resumen

Se evaluó presencia, concentración y estacionalidad de hidrocarburos totales de petróleo (HTP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), y derivados (fracción naftas y diesel) en tres playas de la ciudad balnearia de Mar del Plata, localizadas en diferentes zonas de uso de suelos y afectadas por escorrentías pluviales en su franja emergida, De marzo de 2016 a noviembre de 2017, posterior a una lluvia, se colectó sedimento seco dentro del área de incidencia de la descarga. Se registraron los valores de temperatura ambiente y la lluvia en los meses en lo que se llevaron a cabo dichos muestreos. En más del 50% de arena analizada se identificaron HTP y sus derivados, no comprobándose diferencias significativas entre las tres playas ( $p=0.005$ ), distribución y estacionalidad de los mismos, a excepción de la fracción ligera o nafta ( $p < 0.05$ ). En arena superficial de la playa Sur, se identificaron PAHs en junio de 2017, en concentraciones inferiores a los criterios de referencia internacionales. En junio y agosto de 2017, valores de HTP superaron recomendados. Los contaminantes evidenciaron correlación negativa con las temperaturas medias ( $p<0.05$ ), y asociación positiva respecto a la lluvia caída ( $p < 0.05$ ). El predominio de la fracción diésel en los tres sectores litorales, señala a las emisiones vehiculares como fuente principal, y algunas actividades fabriles como contribuyentes a la arena seca de la playa Sur. Las escorrentías pluviales en la arena de playas recreacionales, deben considerarse un potencial factor de riesgo sanitario para sus usuarios. Se sugiere intensificar su monitoreo e incorporar metodología para identificar otros compuestos presentes en este cuerpo receptor.

**Palabras clave:** hidrocarburos de petróleo, escorrentías, arena, playas, usos de suelo

**Abstract****Preliminary evaluation of petroleum hydrocarbons in recreational sand beaches, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.**

Presence, concentration and seasonality of petroleum hydrocarbons (TPH), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), and derived products (gasoline and diesel fractions), were evaluated in three beaches located in different areas of land uses and affected by storm water runoff in its wet sands, in Mar del Plata seaside resort. From March 2016 to November 2017, after a rainfall occurred, sediments were collected, within the incidence area of the discharge. Fallen rain and environmental temperature values were recorded during this study. HTP and derived products were identified in more than 50% of analyzed samples. No significant differences were found between these beaches ( $p = 0.005$ ), neither in vertical distribution, nor in seasonality of the pollutants, except the light fraction or gasoline ( $p < 0.05$ ). PAHs concentration values lower than recommended limits were identified in surface sand of Southern beach. In June and August of 2017, HTP values were higher than normative international criteria. Pollutants showed negative correlation when they were comparing with a temperatures media ( $p < 0.05$ ), and degree positive association with the rainfall record media ( $p < 0.05$ ). In all littoral sectors, predominance of DRO fraction would point to vehicle emissions as the main source, as also some manufacturing activities could contribute to contaminate dry sands of South beach. It is considered than rainfall discharges points at recreational beaches as a potential health risk factor for its visitants. It's suggested to intensify its monitoring and incorporate methodology to identification other organic compounds in this receptor body.

**Key words:** Petroleum hydrocarbons, storm water runoff, sand beaches, land uses.

## Introducción

Los asentamientos localizados en áreas costeras, presentan los problemas ambientales comunes a cualquier centro urbano, pero al mismo tiempo manifiestan otros, como por ejemplo la presencia de contaminantes en el litoral, resultado del vertido de aguas residuales.<sup>1</sup> La escorrentía superficial es una de las fuentes principales de aporte de contaminantes a las playas <sup>2</sup>, convirtiendo a la franja de arena de estos sectores, en un depósito pasivo de poluentes, por lo cual el riesgo sanitario no solo estaría asociado a las descargas pluviales, sino también a su cuerpo receptor. <sup>3</sup>

La diversidad de contaminantes que se pueden identificar en los efluentes pluviales es amplia, e incluyen sólidos suspendidos, agentes patógenos, metales pesados, hidrocarburos de petróleo, y residuos sólidos, entre otros.<sup>4 2</sup> Las fuentes principales de provisión de hidrocarburos y derivados del petróleo a estas descargas son: la deposición de los gases de escape, originados a partir del proceso de combustión vehicular, el asfalto, la abrasión de neumáticos, y aceites lubricantes.<sup>5</sup> Su grado de concentración en las escorrentías, está estrechamente relacionada a la limpieza del espacio del que se recoge el agua de lluvia caída, la distribución e intensidad de las precipitaciones, la estacionalidad y el uso del suelo al que se destinó a ese espacio. <sup>6 7</sup>

La evaluación de la contaminación en los sectores de playa, permiten determinar el grado de impacto y los riesgos asociados. Sin embargo, gran parte de la bibliografía solo considera para su estudio las aguas adyacentes a la franja costera. Incluir la arena de la franja emergida, no solo contribuiría al conocimiento de los niveles y dinámica de los contaminantes presentes, sino también, a la evaluación de sus efectos en la salud pública. <sup>8</sup>

De la revisión de estudios de calidad ambiental en playas de Latinoamérica, la mayoría de los parámetros refieren a la calidad del agua de mar, mientras que el número de parámetros sobre la arena son insuficientes, aun cuando los usuarios permanecen más tiempo en ella que en el agua. <sup>9</sup>

En Argentina, son inexistentes los antecedentes de estudios que enfocan su atención a la presencia de hidrocarburos de petróleo o sus derivados en la arena de sectores del litoral marino, como consecuencia de vuelcos pluviales en sus proximidades. Las investigaciones, en general, se han limitado a la caracterización de los sedimentos del intermareal o los pertenecientes al submareal, de sectores costeros en cercanías a puertos, puntos de descarga de petróleo u otras actividades industriales relacionadas a estos contaminantes orgánicos.<sup>10 11 12</sup>

En el Municipio de General Pueyrredón, cuya ciudad cabecera es Mar del Plata, a excepción de la Ordenanza 22957/16 que hace referencia a los residuos sólidos, no hay normativa alguna que contemple otros contaminantes presentes en estos efluentes, menos aún marco regulatorio respecto a las características sanitarias que debería tener la arena de zonas costeras recreacionales. Dicha situación obligaría al uso de normativas internacionales para comparar los resultados de las investigaciones que se pudieran llevar a cabo sobre estos ecosistemas.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar, de forma preliminar, hidrocarburos y compuestos derivados del petróleo, en la arena de tres playas recreativas afectadas por aguas de escorrentía y localizadas en zonas con distintos usos de suelo en la ciudad de Mar del Plata, (Buenos Aires, Argentina).

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

La ciudad balnearia de Mar del Plata, cabecera del Partido de General Pueyrredón, se encuentra situada sobre el Océano Atlántico, en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Con una población estable de 700.000 habitantes aproximadamente, recibe la visita de alrededor de 8.000.000 de turistas al año, lo que la convierte en uno de los principales centros turísticos del país principalmente durante el verano (fig.1) siendo esta actividad, una de las fuentes más importantes en relación a su economía.

El núcleo urbano dispone de una red pluvial colectora dividida en ocho cuencas principales con diferentes áreas de cobertura y numerosos desagües menores que permiten el drenaje urbano en eventos de precipitación. Al igual que en otras ciudades situadas en el litoral marino bonaerense, la franja emergida costera, así como las primeras 12 millas de mar adyacente, se encuentran bajo jurisdicción provincial. Sin embargo, esta autoridad, ha delegado algunas responsabilidades a los municipios costeros, entre las que se incluye la preservación de estos espacios naturales. En Mar del Plata, el trazado, ampliación, control y mantenimiento de dicha red de pluviales es responsabilidad de OSSE (Obras Sanitarias Sociedad de Estado).

### **Descripción de las playas seleccionadas**

Dentro del ejido urbano y de norte a sur, los sectores costeros seleccionados para la toma de muestras fueron los siguientes:

Playa **N**, 37°58'09.0"S 57°32'30.8"W. En el centro de un espaldón de ocho metros de altura, que separa a esta playa de la vía pública, irrumpe el punto de descarga de un sistema de drenaje, que encauza las escorrentías provenientes de áreas residenciales localizadas sobre la cuenca hídrica de mayor extensión dentro de la ciudad, denominada "Constitución". Sus vertidos se eliminan directamente a la franja de arena, en mitad del sector. Su gestión es responsabilidad del Municipio.

El segundo sector, o playa **C**, localizado en el centro del núcleo urbano (37°59'19.7"S, 57°32'39.1"W) recibe el agua de lluvia colectada de la Cuenca "La Perla", en cuyo suelo la actividad predominante es la habitacional. El tramo final del sistema pluvial, es un conducto encamisado que recorre de forma paralela al espigón de hormigón, que delimita al sector objeto de estudio de su playa vecina, para descargar las aguas en mitad de la franja emergida. La gestión de este sector es público-privado.

La tercer playa **S** (38 ° 01' 02"S, 57 ° 38' 00"W) de gestión pública, presenta un entorno constituido tanto por la actividad habitacional como industrial, donde convergen actividades de distinta naturaleza, como plantas de manufacturación pesquera, astilleros, extracción de arena y áreas recreacionales. Esta zona se encuentra asentada sobre la

cuenca del Pluvial Puerto, las escurrientías recogidas de estos sectores son transportadas a la franja emergida de esta playa a través de un pluvial encamisado que las elimina directamente en la arena. Ver Fig. 1.

## **Metodología**

De marzo de 2016 a noviembre de 2017, 48 horas posteriores a ocurrida una precipitación mayor a 15mm, en cada una de las playas se colectaron muestras de sedimentos de superficie y a 20 cm de profundidad, dentro del área de influencia del punto de descarga pluvial en la franja emergida. En el Laboratorio de Medio Ambiente de Fares Taie, Instituto de Análisis, se procedió a la identificación y cuantificación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y compuestos derivados, a partir de la caracterización de HTP: fracción ligera (nafta) y media (diésel). Los análisis se realizaron según normas EPA SW 846 M 8015 C -GC/FID. Las concentraciones de HTP obtenidas se compararon con los valores guía establecidos en la normativa holandesa (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) y los valores de PAH respecto a la ley nacional N° 24051. Para las fracciones ligeras y media no se encontró normativa que incluyera valores de referencia para suelos destinados a uso recreativo.

Los datos de temperaturas medias (°C) y el promedio de las precipitaciones acumuladas (mm) mensuales fueron obtenidos del sitio web perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, en particular, los registros correspondientes a la estación meteorológica 876920 (SAZM) ubicada en el aeródromo de la ciudad de Mar del Plata.

## **Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico consistió en dos análisis: univariado y bivariado. En el análisis univariado se calcularon las medidas estadísticas descriptivas de cada variable, se realizaron gráficos y se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk, el cual arrojó valores p menores al nivel de significación (5%) por lo que se concluyó que ninguna de las variables presenta distribución normal. La segunda etapa del análisis fue la del

análisis bivariado. Se aplicó el test de Mann Whitney y el de Kruskal Wallis dependiendo del número de niveles de las variables categóricas de interés. Se midió el grado de asociación entre las tres variables observadas en las playas y para testear igualdad de varianzas, se utilizó el test de Levene; este test es el más robusto cuando el requisito de normalidad de la variable no se cumple. Todo el análisis se efectuó con el programa R Project for Statistical Computing, versión 3.5.1.

## Resultados y Discusión

Fueron analizadas un total de 66 muestras de arena provenientes de la superficie y profundidad de la franja emergida de las playas seleccionadas para este estudio. En el 56% de las mismas se identificaron hidrocarburos de petróleo, variando su concentración en un amplio rango (2,55 a 1.522 mg/kg). No se observaron diferencias significativas en la distribución vertical de los contaminantes en cada una de las playas ( $p < 0.05$ ), como tampoco diferencias en sus concentraciones al analizar los tres sectores en conjunto ( $p=0.005$ ), aunque en la playa localizada al sur del núcleo urbano, los valores obtenidos registraron una mayor variación respecto a su mediana (Fig.2). En las muestras de sedimentos de junio y agosto de 2017 de este mismo sector, se identificaron concentraciones de HTP superiores a los recomendados por la norma holandesa y en sus sedimentos superficiales, naftaleno y fenantreno, dentro del grupo de los PAHs, aunque en concentraciones menores a los utilizados como referencia, En cuanto a la distribución temporal, a excepción de las medianas de la fracción correspondiente a las naftas, ( $p < 0.05$ ) que resultaron afectadas por la estacionalidad, prevaleciendo sus valores de concentración más altos en los meses del verano, la fracción diésel y los HTP no registraron estacionalidad alguna. En cuanto al análisis comparativo entre los productos derivados, los valores de concentración de la fracción diésel fueron superiores a los de la fracción naftas, en los sedimentos de franja emergida de las tres playas. Ver Fig.2



Los parámetros ambientales seleccionados, incidieron en la presencia de estos contaminantes, comprobándose un tipo de correlación negativa entre sus valores de concentración y las temperaturas medias de los meses en los que hubo jornadas de muestreo ( $p < 0.05$ ). Los valores de lluvia acumulados, por el contrario evidenciaron una asociación positiva ( $p < 0.05$ ). A mayor abundancia de lluvia, se registraron valores de concentración más altos en la arena (Fig.3). Estudios similares<sup>13 14</sup> coinciden en cuanto a la incidencia del volumen de agua caída sobre la carga de poluentes presentes tanto en los drenajes urbanos como en su cuerpo receptor. En relación a la temperatura, la prevalencia de concentraciones elevadas de HTP durante el invierno, estaría dada por las modificaciones de las características físicas y químicas de los hidrocarburos ante las bajas temperaturas, que aumentan su viscosidad reduciendo tanto la evaporación, como la disponibilidad en los sedimentos para su biodegradación.<sup>15 16</sup>

Ver Fig.3

El predominio de concentraciones inferiores a los valores guía de referencia, no indicaría riesgo alguno para los usuarios de estas playas durante los meses estivales, pero sí podría serlo a largo plazo.<sup>17</sup> La identificación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la playa Sur, obligaría a intensificar los muestreos, teniendo en cuenta las propiedades carcinogénicas y mutagénicas del grupo.<sup>18</sup> La inclusión de otros métodos que identifiquen hidrocarburos no caracterizados en este estudio, como también prolongar el periodo de relevamiento para determinar un posible patrón de distribución, contribuirían a una mejor comprensión de su dinámica de estos contaminantes en la arena de estas playas.

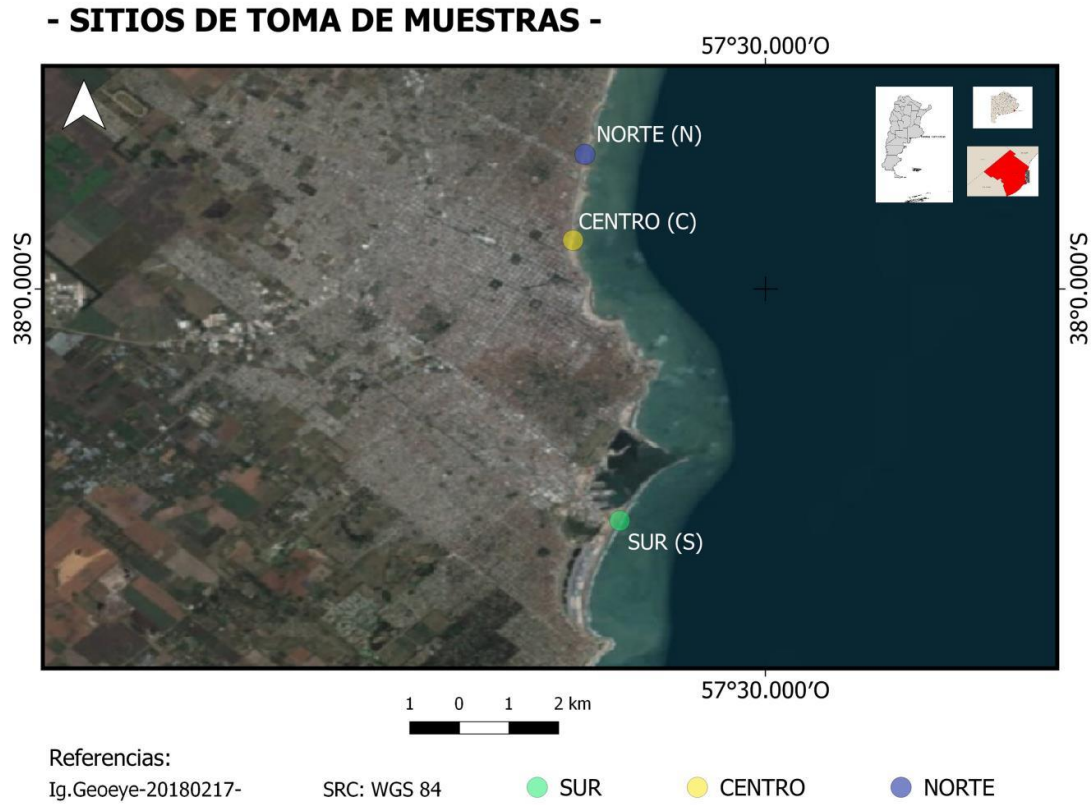
La presencia de valores de concentración significativos de HTP y la identificación de PAHs solo en la playa localizada al sur del núcleo urbano, dentro del área en el que coexisten la actividad habitacional con la industrial, señalaría a las acciones incluidas en esta última como fuente importante en la contribución de estos contaminantes a las escorrentías pluviales y posteriormente a su cuerpo receptor. En áreas urbanas la zona industrial siempre presenta valores superiores de hidrocarburos que en aquellas cuyo uso del suelo

es residencial.<sup>19 20</sup> En los dos sectores costeros restantes, aunque las cuencas en la que se localizan, difieren en cuanto a extensión, los resultados obtenidos no señalan diferencias entre ambos. El predominio de la fracción diésel en todos los sedimentos analizados, señalaría al tráfico vehicular como una fuente de contribución importante a todos los sectores. Distintos estudios consideran al transporte urbano, un factor de incidencia importante en la presencia de estos contaminantes en los vertidos.<sup>21</sup>

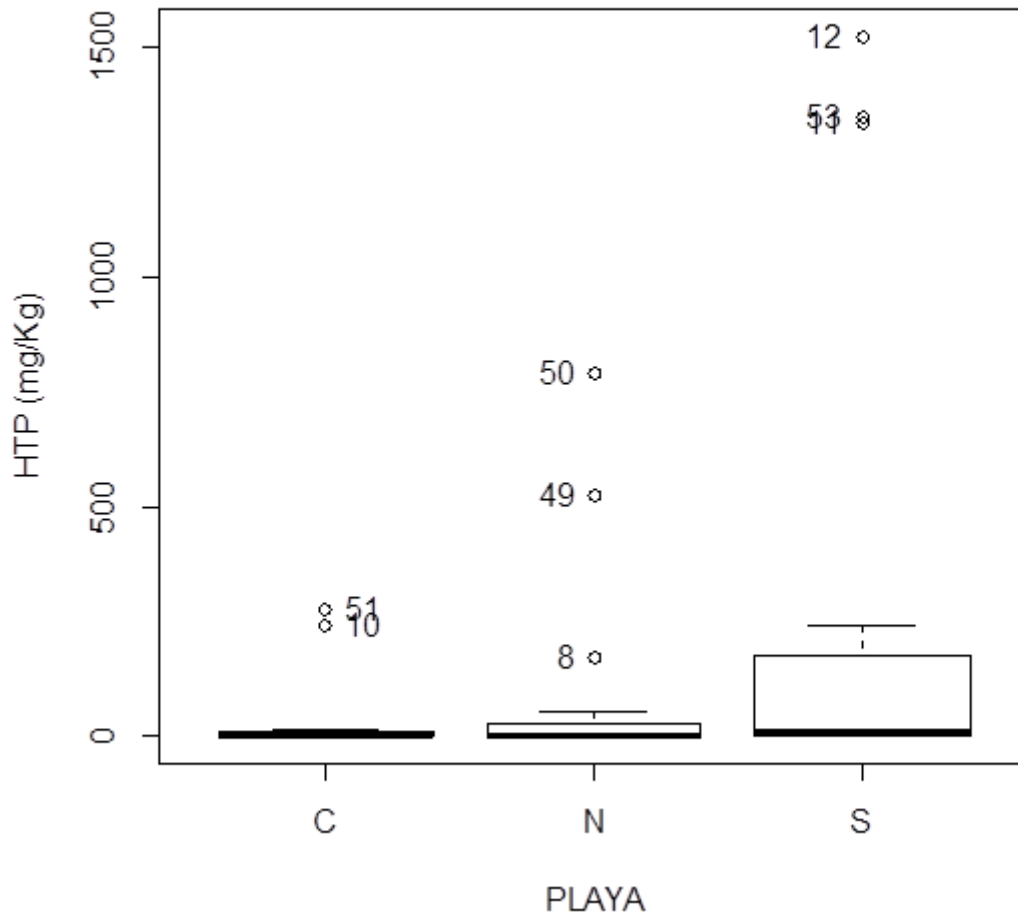
Los resultados de este estudio, aunque preliminares, sumados a aquellos obtenidos del análisis microbiológico en los sedimentos de estos mismos sectores,<sup>22</sup> señalan un potencial riesgo sanitario en la eliminación de las escorrentías pluviales, directamente en la arena de las playas, en particular aquellas que se destinan al uso recreativo. Esta situación, está contemplada en la Ley Provincial 3965/1958 que considera de importancia la preservación de los cuerpos receptores naturales, entre ellos, el litoral marino, prohibiendo cualquier tipo de descarga de efluentes en los mismos.<sup>23</sup> También en la reforma de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires (1994) cuando en sus artículos se promueven acciones que eviten la contaminación del aire, el agua y el suelo y asegurar políticas de conservación y recuperación de la calidad de estos recursos.<sup>23</sup>

El incumplimiento de estas normativas, evidencia la falta de vocación política y responsabilidad sobre los riesgos sanitarios asociados a los vertidos, especialmente en suelos de uso recreativo.

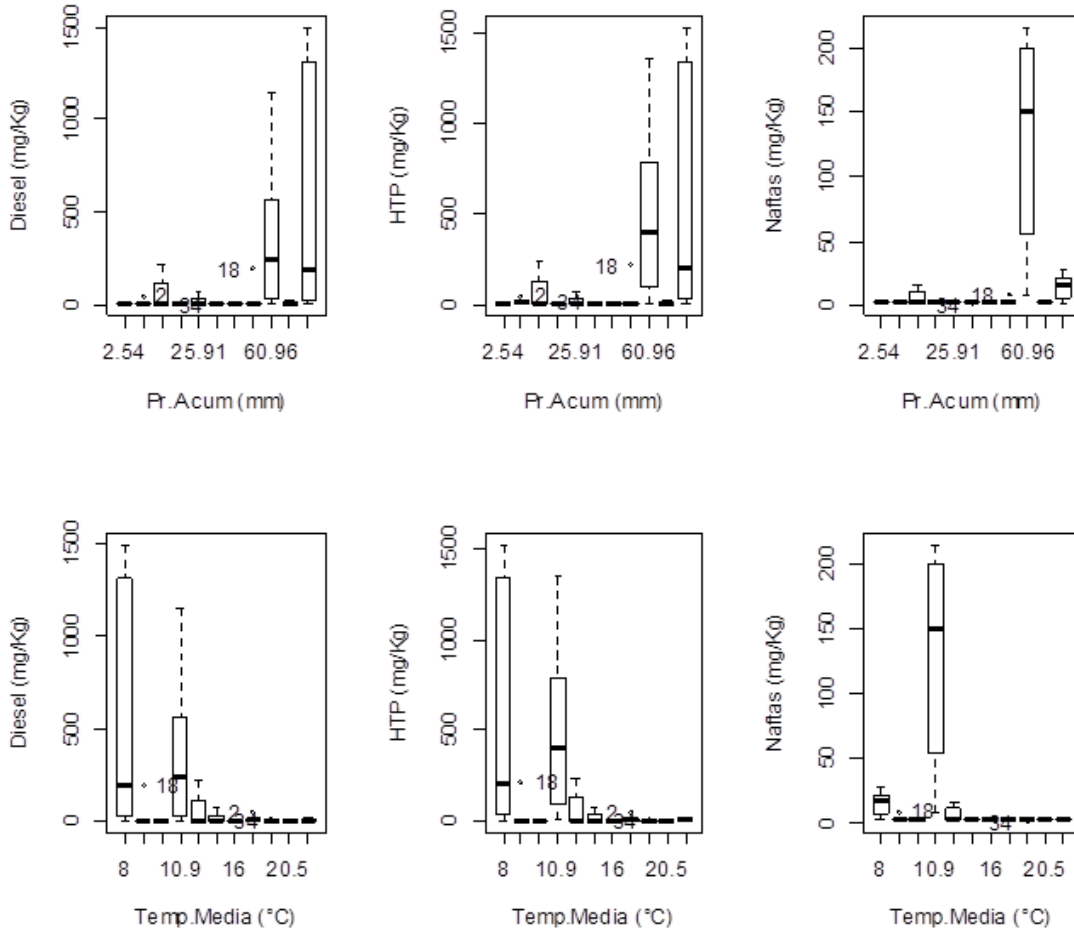
**Fig.1: Ubicación de la ciudad balnearia de mar del plata en la provincia de buenos aires, y localización de las playas seleccionadas para este estudio: norte (n); centro y (c) sur (s), dentro de su ejido urbano.**



**Fig.2: Concentración relativa ( $\pm$  ds) de HTP presentes en la arena de las playas localizada al norte (n), centro (c), y sur (s) del núcleo urbano de la ciudad de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina).**



**Fig.3: Variación de las medianas (mg/kg) de los hidrocarburos de petróleo (HTP) y sus derivados (diesel y naftas) en comparación a las medias de temperatura y precipitación pluvial acumulada (mm) durante los meses en que se colectaron los sedimentos secos en cada playa.**



---

## **Bibliografía**

- 1.** ORTIZ LOZANO, L; GRANADOS BARBA, A; SOLÍS WEISS, V & GARCÍA SALGADO, MA (2005) Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal Zone. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 48, N° 2, p. 161-176.
- 2.** DI GIACOMO, PM, WASHBURN, L, HOLT, B, & JONES, BH (2004) Coastal pollution hazards in southern California observed by SAR imagery: stormwater plumes, wastewater plumes, and natural hydrocarbon seeps. *Marine Pollution Bulletin*, 49(11-12), 1013-1024.
- 3.** PITT R, FIELD R, LALOR M & BROWN M (1995) Urban stormwater toxic pollutants: assessment, sources, and treatability. *Water Environment Research*. 67(3), 260-75
- 4.** FANSHAWE, T, & EVERARD, M (2001) The impacts of marine litter. *Marine Pollution Monitoring Management Group, Report of the Marine Litter Task Team (MaLiTT) May*.
- 5.** TAKADA, H, ONDA, T, HARADA, M, & OGURA, N (1991) Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in street dust from the Tokyo Metropolitan area. *Science of the Total Environment*, 107, 45-69.
- 6.** PARK M & STENSTROM M.K (2008) Comparison of pollutant loading estimation using different land uses and stormwater characteristics in Ballona Creek watershed. *Water Science and Technology* 57: 1349-1354.
- 7.** WANG, S, HE, Q, AI, H, WANG, Z, & ZHANG, Q (2013) Pollutant concentrations and pollution loads in stormwater runoff from different land uses in Chongqing. *Journal of Environmental Sciences*, 25(3), 502-510.
- 8.** GALGANI, F, ELLERBRAKE, K, FRIES, E, & GOREUX, C (2011) Marine pollution: Let us not forget beach sand. *Environmental Sciences Europe*, 23(1), 40.
- 9.** SALTAREN, CB, POMARICO, CIP, & CERVANTES, O (2014) Estudios de calidad ambiental de playas en Latinoamérica: revisión de los principales parámetros y metodologías utilizadas. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 5(2).

10. COMMENDATORE, MG & ESTEVES, JL (2004) Natural and anthropogenic hydrocarbons in sediments from the Chubut River (Patagonia, Argentina). *Marine Pollution Bulletin*, 48(9-10), 910-918.
11. COMMENDATORE, MG & ESTEVES, JL (2007) An assessment of oil pollution in the coastal zone of Patagonia, Argentina. *Environmental management*, 40(5), 814-821.
12. COMMENDATORE, MG, NIEVAS, M L, AMIN, O, & ESTEVES, JL (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, 20-31.
13. PAUL, JH; ROSE, JB; JIANG, S; ZHOU, X, COCHRAN, C KELLOGG, JB KANG, D GRIFFIN, S FARRAH, & J LUKASIK. (1997) Evidence for groundwater and surface marine water contamination by waste disposal wells in the Florida Keys. *Water Research* 31:1448-1454. R
14. SCHIFF, KC, MORTON, J, & WEISBERG, SB (2003) Retrospective evaluation of shoreline water quality along Santa Monica Bay beaches. *Marine Environmental Research*, 56(1-2), 245-253.
15. MULLIGAN, CN & YONG, RN (2004) Natural attenuation of contaminated soils. *Environment International*. 30: 587-601.
16. AISLABIE, JACKIE; SAUL, DAVID J; FOGHT & JULIA M (2006) Bioremediation of hydrocarbon-contaminated polar soils. *Extremophiles*. vol 10, no 3, p. 171-179.
17. QUEVENCO, R (2011) Sustainable Growth of Coastal Waters: A profile of the history and levels of coastal pollution in the Caribbean emerges. *IAEA Bull* 53-1, 32-37.
18. USEPA (2000) Toxic Release Inventory Public Data Release. Washington, D.C.: Office of Environmental Information, United States Environmental Protection Agency; <http://www.epa.gov/triinter/tridata/index.htm>.
19. ELLIS, JB, & CHATFIELD, PR (2006) Diffuse urban oil pollution in the UK. *Urban Water Journal*, 3(3), 165-173.

- 20.** PENG, C, WANG, M, & CHEN, W (2016) Spatial Analysis of PAHs in Soils along an Urban-Suburban-Rural Gradient: scale effect, distribution patterns, diffusion and influencing factors. Scientific reports, 6, 37185
- 21.** BROWN JN & PEAKE BM (2006) Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. Sci Total Environ.2006; 15; 359(1-3):145-55.
- 22.** PÉRSICO, MM, SAICHA, AV, LUCERO, NM, ESPINOSA, MV, & PATAT, M L (2016) Efecto de las escorrentías urbanas en la calidad sanitaria de una playa recreativa (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina).
- 23.** ROMERO C & PASTORINO L (2014) El control de la contaminación del agua por vertidos industriales en la provincia de Buenos Aires. Congreso Internacional de Códigos y Desafíos para Enfrentar la Crisis del Agua. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43375>

**Recibido: 12/02/19**

**Aceptado: 14/02/2019**

Disponible en Retel / n°57 [Enero 19 - ] URL:

<https://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=995>