

Trabajo Original

Toxicología Ambiental

## **Efecto de las escorrentías urbanas en la calidad sanitaria de una playa recreativa (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina)**

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

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mar del Plata. Calle Buque Pesquero Dorrego 281, Puerto. Mar del Plata (7600), Argentina. [mmpersico@mdp.utn.edu.ar](mailto:mmpersico@mdp.utn.edu.ar) ; [labdocencia@mdp.utn.edu.ar](mailto:labdocencia@mdp.utn.edu.ar); [mlucero@mdp.utn.edu.ar](mailto:mlucero@mdp.utn.edu.ar); [ambiental@mdp.utn.edu.ar](mailto:ambiental@mdp.utn.edu.ar)

<sup>2</sup> 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:\* [mmpersico@mdp.utn.edu.ar](mailto:mmpersico@mdp.utn.edu.ar)

---

## Resumen

Se evaluó la presencia de indicadores bacterianos de contaminación fecal, de hidrocarburos de petróleo y huevos de nematodos parásitos, en la arena de una playa recreativa sujeta a descargas de un drenaje pluvial. Desde enero de 2015 a abril de 2017 se colectaron muestras en los meses donde ocurrieron lluvias significativas. Se registró contaminación por Coliformes totales, *E. coli* y Enterococos, superando valores guía internacionales (enero de 2015, marzo de 2016 y abril de 2017). La mayor contribución de hidrocarburos totales se obtuvo en julio de 2015 y junio de 2016, siendo significativa la fracción DRO (diesel), aunque por debajo del valor guía establecido. No se identificaron huevos de *Toxocara spp.* en el período analizado. Sólo los contaminantes orgánicos evidenciaron correlación negativa respecto a las temperaturas medias ( $p < 0.05$ ), no así con las precipitaciones. Se recomienda que en la determinación de la calidad sanitaria de playas con drenaje pluvial, se incorporen éstos y otros indicadores que permitan caracterizar a la franja emergida, y no sólo los que determinen la aptitud recreacional del agua de mar.

**Palabras Clave:** escorrentías, playas, contaminación microbiológica, contaminación química

---

**Abstract**

**Effect of urban stormwater in the sanitary quality of a recreational beach (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina)**

Presence of bacterial indicators of faecal contamination, petroleum hydrocarbons and eggs of parasitic nematodes, was evaluated in the recreational sands beach subject to water runoff. From January 2015 to April 2017, samples were collected in the months in which significant rainfall occurred. Contamination was registered by total coliforms, *E. coli* and Enterococci, surpassing international guide values (January 2015, March 2016 and April 2017). The largest contribution of total hydrocarbons was obtained in July 2015 and June 2016, with the DRO (diesel) fraction being significant, although below the established guide value. No eggs of *Toxocara spp.* were identified in the period analyzed. Only organic pollutants showed a negative correlation with average temperatures ( $p < 0.05$ ), not with precipitation. It is recommended that in the determination of the sanitary quality of beaches with pluvial drainage, these and other indicators should be incorporated to characterize the emerged zone, and not only those that determine the seawater recreational.

**Key words:** water runoff, beaches, microbiological contamination, chemical contamination

## Introducción

La escorrentía urbana se define como cualquier descarga proveniente de un sistema de drenaje pluvial. La misma contiene agua de lluvia que deriva del lavado de suelos, áreas verdes, edificios, calles y estacionamientos; además, puede contener vertidos de otras fuentes como las aguas negras y aguas grises, producto de conexiones ilícitas al sistema de alcantarillado.<sup>1</sup>

Los contaminantes presentes en aguas de drenaje pluvial son muy variados; incluyen sólidos suspendidos, metales pesados, hidrocarburos, contaminantes orgánicos, residuos sólidos y microorganismos patógenos,<sup>2 3</sup> por lo cual el riesgo sanitario podría estar asociado no solo a las descargas pluviales sino también al cuerpo receptor de las mismas.<sup>4</sup>

La arena de las playas actúa como un depósito pasivo de poluentes, acumulando bacterias fecales provenientes de distintas fuentes, entre las que se incluyen los sistemas de drenaje pluvial.<sup>5 6</sup> La arena húmeda y los sedimentos de playas recreacionales deberían ser incluidos en los estudios epidemiológicos y microbiológicos, que sólo relacionan la calidad de sus aguas con el efecto sobre la salud humana.<sup>7</sup>

Al presente existen abundantes antecedentes de estudios que determinan la presencia de coliformes en la arena de sectores litorales debido a vuelcos pluviales; ésto, quizás, porque la contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario;<sup>8</sup> pero son casi inexistentes las publicaciones sobre la presencia de hidrocarburos de petróleo, como tampoco investigaciones sobre estadios de organismos parásitos en aguas de descarga pluvial o en sus cuerpos receptores. De la revisión de estudios de calidad ambiental en playas de Latinoamérica,<sup>9</sup> se observa que la mayoría de los parámetros refieren a la calidad del agua de mar, mientras que el número de parámetros sobre la arena son insuficientes, aún cuando los usuarios permanecen más tiempo en la playa que en el agua.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad sanitaria de arenas de una playa recreativa, sujeta a escorrentías, de la ciudad de Mar del Plata, (Buenos Aires,

Argentina), a partir de la identificación de indicadores bacterianos de contaminación fecal, de compuestos derivados del petróleo y de huevos de nematodos parásitos del género *Toxocara*.

## Material y Métodos

### Descripción del área de estudio

La playa seleccionada para este estudio es un sector costero recreativo, de gestión pública, ubicado en la zona norte del núcleo urbano de la ciudad de Mar del Plata, 37°58'09.0"S 57°32'30.8"W (Figura 1). El espaldón de esa playa, que la separa de la vía pública, es un acantilado de ocho metros de altura conformado por limos arenosos entoscados (Fig.1).

En el centro de este espaldón irrumpe el punto de descarga de un sistema de drenaje, que incide sobre la franja emergida de la playa (Fig. 2). El mismo pertenece a la cuenca "La Perla", una de las ocho con las que cuenta la ciudad; la misma encauza la esorrentía urbana proveniente de los sectores norte, centro y oeste de la misma.

### Metodología

La recolección se realizó desde enero de 2015 hasta abril de 2017, en jornadas posteriores a lluvias con registros mayores a 15mm, siempre en el área de incidencia de descarga del pluvial, en superficie (S) y a 20 cm de profundidad (P), 48 horas después de producida la misma. Como control se seleccionó una playa cercana, sin drenaje (37°59'14.1"S 57°32'37.5"W).

Las determinaciones microbiológicas realizadas fueron las siguientes: Coliformes totales (CT), *Escherichia coli* (EC) y Enterococos (ENT), UFC/g, a través de la técnica de membrana filtrante, según USDA Soil Survey Laboratory Methods Manual,1996; los análisis parasitológicos (Nº huevos *Toxocara spp./4g*) se realizaron mediante el método de concentración por flotación de Willis; los de Hidrocarburos totales (HTP), naftas

(fracción GRO) y diésel (fracción DRO), mg/kg, a través de cromatografía gaseosa según normas EPA SW 846 M 8015 C -GC/FID.

Los resultados obtenidos fueron comparados con valores guía internacionales. Para Hidrocarburos totales se utilizó la norma holandesa para suelos, la cual establece como valor máximo permisible 300 mg/kg (RIVM *Netherlands National Institute for Public Health and Environment*). Para Coliformes totales, la norma portuguesa establece 100 UFC/g y para Enterococos 20 UFC/g (*Portuguese Guideline for Microbiological Quality of Sand*). Los datos de temperaturas medias (°C) y precipitaciones medias (mm) mensuales fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, correspondientes a la estación meteorológica 876920 (SAZM) ubicada en el aeródromo de la ciudad de Mar del Plata.

### **Tratamiento estadístico**

Se aplicaron los siguientes tests no paramétricos: Coeficiente de Spearman para determinar la asociación lineal entre pares de variables continuas, para comparar las variables de interés de acuerdo a la playa (Control y playa de estudio) o al nivel de profundidad (superficie y 20 cm de profundidad), se aplicó el test de Mann-Whitney. En todos los test se utilizó un nivel de significación del 5%.<sup>10</sup> Se aplicó un valor de 5 UFC/g a los datos obtenidos de las determinaciones microbiológicas < 10 (CT, EC y ENT) y un valor de 3 mg/kg a los de hidrocarburos < 5 (HTP, fracción GRO y fracción DRO).

### **Resultados**

Dentro del período de estudio, se analizaron un total de diez relevamientos. La dependencia de los muestreos a la ocurrencia de lluvias, dificultó la colecta de arena en algunos meses. Al contrastar estadísticamente los valores de las medianas de las muestras de arena de la playa control (sin pluvial) con las obtenidas en la playa objeto de estudio (con pluvial), se registraron diferencias significativas entre las concentraciones microbiológicas, pero no entre las de hidrocarburos. Respecto a la profundidad de la toma de muestras en la playa con pluvial, no se registraron diferencias significativas

entre las concentraciones microbiológicas determinadas tanto en la arena superficial como a una profundidad de 20 cm. Con respecto a los hidrocarburos de petróleo, las muestras de profundidad evidenciaron mayor concentración de HTP, fracciones DRO y GRO que aquellas de arena a nivel superficial ( $p < 0.05$ ).

### **Análisis microbiológicos**

Los valores de concentración más elevados de CT y EC se registraron en los monitoreos de enero de 2015, marzo de 2016 y abril de 2017 (Fig.3), superando los valores guía según la norma portuguesa. Por otra parte, no se observó correlación entre las temperaturas medias mensuales y los valores medios de precipitación respecto a la abundancia de bacterias. La ausencia de datos en distintos meses dentro del período que abarcó este estudio no permitieron establecer la existencia de algún patrón de distribución a lo largo del año. Ver Figura 3.

En coincidencia con la abundancia de CT y EC, los valores de concentración más significativos de ENT se registraron en los monitoreos de enero de 2015, marzo de 2016 y abril de 2017 (Fig.3), los cuales superaron los valores guía. La presencia de EC y ENT constituye un riesgo sanitario, ya que ocurre en temporada alta, cuando aumenta el número de usuarios que disfrutan de la playa. Ver Figura 4

### **Hidrocarburos de Petróleo**

La mayor contribución de HTP se obtuvo en las muestras de invierno, siendo la fracción DRO la de mayor valor respecto a la fracción GRO. La prevalencia de concentraciones elevadas de diésel en invierno, podría indicar una disminución de la evaporación de estos compuestos, ante las bajas temperaturas, o por una lenta degradación del mismo por parte de los microorganismos. En cuanto a la búsqueda de algún tipo de patrón en la dinámica temporal, se evidenció correlación negativa entre los valores de HTP y las temperaturas medias mensuales ( $p < 0.05$ ). Las concentraciones más altas (julio 2015 y junio 2016) (Fig. 5) no superaron, sin embargo, los valores guía sugeridos por la norma holandesa. Ver figura 5

La presencia de valores similares entre la playa control y el sector costero objeto de estudio, señalaron otros aportes de contaminación orgánica, quedando la descarga del pluvial como un elemento menor en cuanto a su transporte y posterior incidencia en la arena.

Con respecto a la identificación de huevos de nematodos parásitos del género *Toxocara*, no se observó su presencia en todas las muestras analizadas.

## **Discusión**

La identificación de bacterias en la arena podría atribuirse al aporte del drenaje de una amplia zona residencial, en la que unidades habitacionales no conectadas al sistema de saneamiento de la ciudad, aportarían "aguas negras" a las escorrentías. Las áreas urbanas con alta densidad poblacional en comparación a otros usos del suelo, son la fuente principal de microorganismos en las aguas de descarga,<sup>11</sup> aunque otro aporte serían las heces de animales domésticos depositadas en la vía pública.<sup>12</sup> La sobrevida en la arena, incluso en mayor concentración que en el agua de mar adyacente,<sup>13</sup> respondería a distintos factores: menor salinidad, disponibilidad de nutrientes y protección a la radiación ultravioleta.<sup>14</sup>

Estudios relacionados con el análisis de las aguas de descarga,<sup>15 16</sup> ubican al transporte vehicular como una de las fuentes más importantes de hidrocarburos en las escorrentías urbanas. La atmósfera podría considerarse otro aporte posible; más aún si el espaldón de ambas playas limita con la misma vía de transporte, la cual posee un tráfico vehicular intenso.

En distintas playas recreacionales de Mar del Plata, se halló un porcentaje importante de muestras de materia fecal parasitadas; no así en las muestras de arena circundantes a las heces, que arrojaron resultados negativos.<sup>17</sup> En el caso de este sector costero, los pluviales no serían, entonces, un vehículo de transporte para estos contaminantes biológicos a pesar que la prevalencia de los huevos es alta en los suelos de parques públicos de Mar del Plata.<sup>18</sup> Un estudio llevado a cabo en una playa de Venezuela,<sup>19</sup>

señala a las lluvias como responsable de la disminución de las formas parasitarias. Desde el punto de vista sanitario este resultado es beneficioso ya que solamente sería posible la contaminación a partir del contacto directo con heces parasitadas.

La identificación y cuantificación de bacterias y derivados del petróleo dentro del periodo de estudio, señalaría la importancia de incorporar la franja emergida de las playas en los análisis que definen la calidad sanitaria de las playas recreacionales. Implementar éstas y otras mediciones fisicoquímicas y biológicas específicas, serían herramientas útiles en la caracterización de la arena de las playas de esta ciudad, principalmente para aquellas afectadas por las escorrentías urbanas.

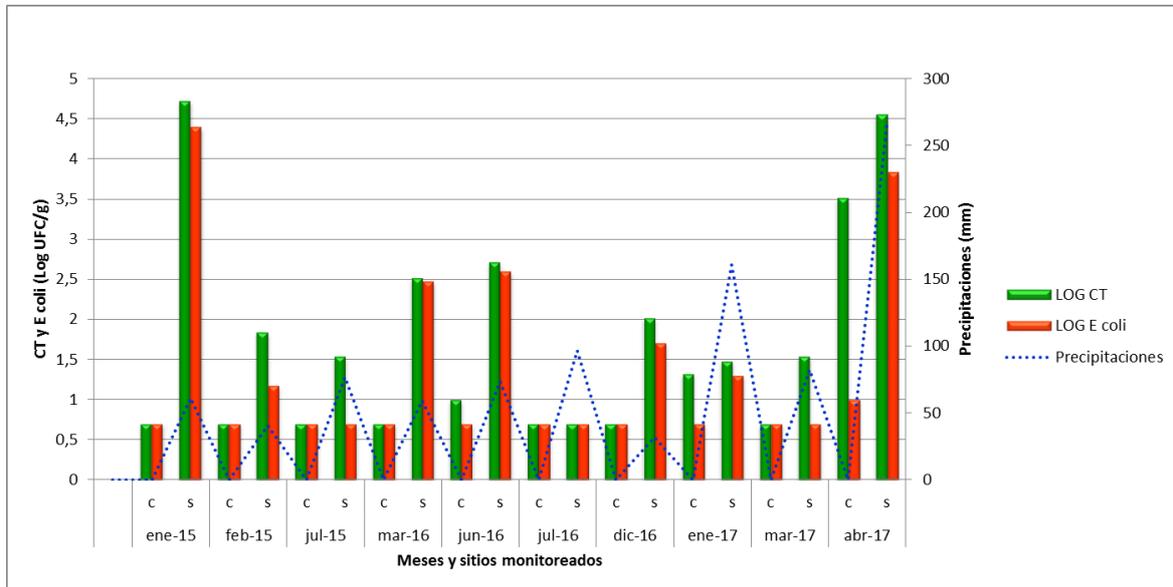
**Figura 1.** Sector del punto de descarga del drenaje pluvial en el acantilado, espaldón de la playa objeto de estudio.



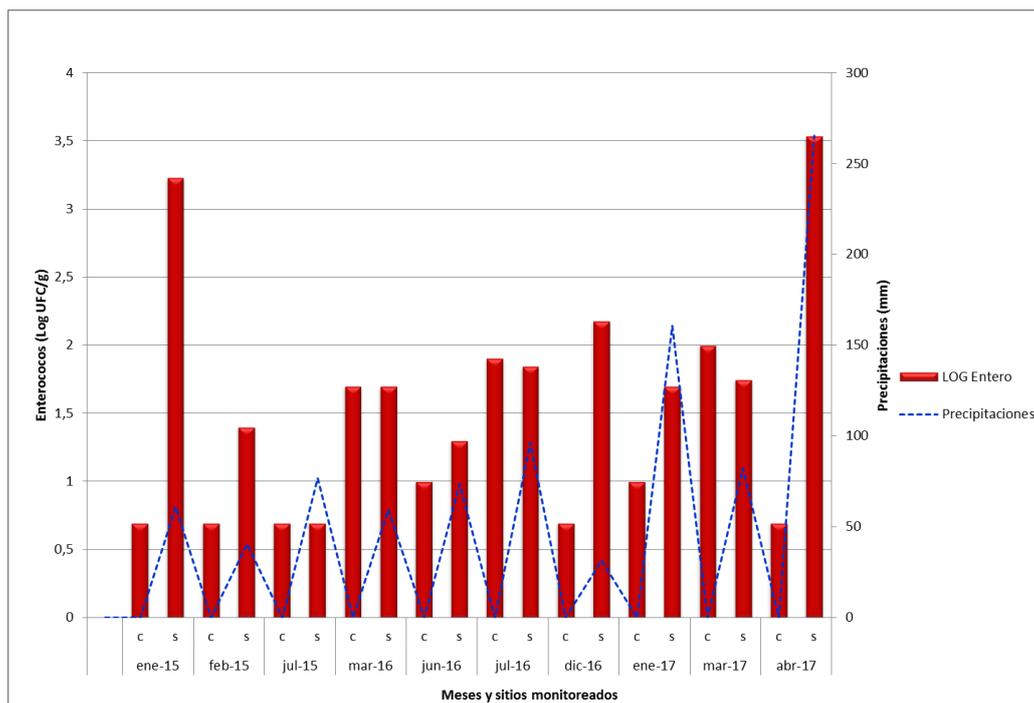
**Figura 2.** Incidencia de la descarga pluvial sobre la zona emergida del sector costero recreacional.



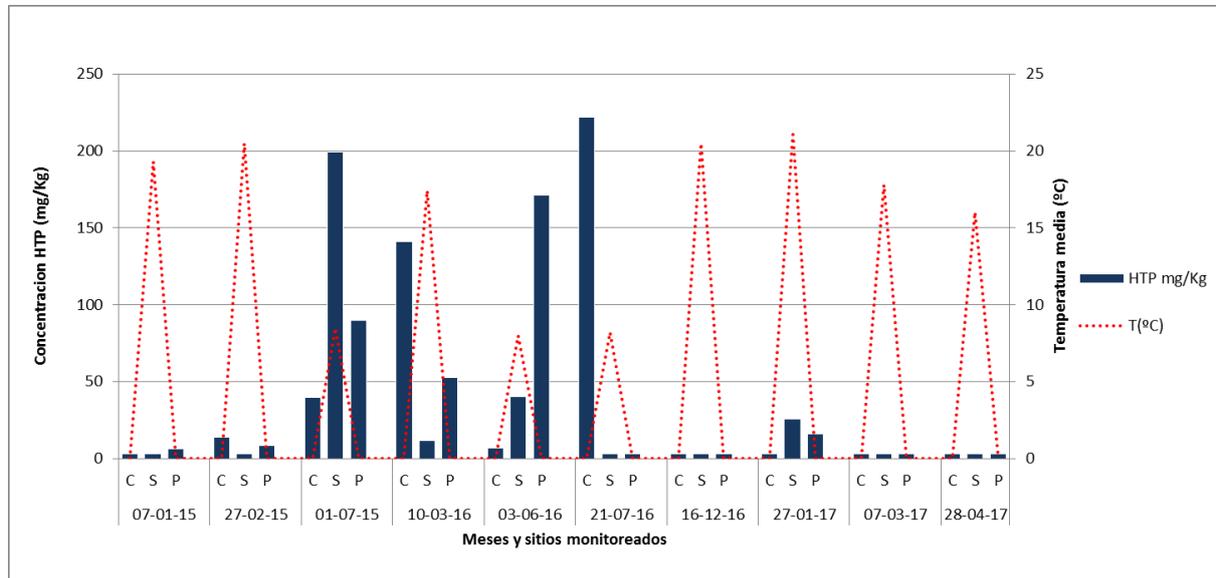
**Figura 3.** Concentraciones mensuales de Coliformes totales (CT) y *Escherichia coli* (E coli), logaritmo natural UFC/g, de muestras de arena a nivel superficial en el sitio Control (C) y en la playa seleccionada (S), y su relación con la precipitación media mensual (mm). 1-2015/ 4-2017.



**Figura 4.** Concentraciones mensuales de Enterococos (Log UFC/g) en arena superficial del sitio Control (C) y de la playa seleccionada (S), y su relación con la precipitación media mensual (mm). 1-2015/ 4-2017.



**Figura 5.** Concentración HTP (mg/kg) en arena de playa control (C), playa de estudio en superficie (S) y en profundidad (P), y su relación con la temperatura media mensual (°C). 1-2015/4-2017.



## Bibliografía

1. U.S.Environmental Protection Agency. EPAs BEACH Watch program: Swimming season. EPA 2002; 823 F-03-007.
2. Di Giacomo P.M., Washburn L., Holt B., Burton H., Jones B.H. Coastal pollution hazards in Southern California observed by SAR imagery: storm water plumes, wastewater plumes and natural hydrocarbon seeps. 2004. Marine Pollution Bulletin. 49: 1013-1024.
3. Fanshawe T., Everard M. The Impacts of Marine Litter, Marine Pollution Monitoring Management Group. 2002.(Report Number Malitt).
4. Pitt R., Field R., Lalor M, Brown M. Urban stormwater toxic pollutants: assessment, sources, and treatability. Water Environment Research. 1995; 67(3), 260-75.
5. Zanolli Sato M.I., Di Bari M., Condé Lamparelli C., Truzzi A.C., Cohelo M.C., Hachich E.M. Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of Sao Paulo, Brazil. Brazilian Journal of Microbiology.2005; 36: 321-326.
6. Skórczewsky P., Mudryk Z., Gackowska J., Perlinski P. Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic sea. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2012; 47: 503-512.
7. O.M.S./P.N.U.M.A. Microbiological quality of coastal recreational waters. 1994. Oficina Regional de la OMS para Europa, Copenhagen Anexo 1, p 5.
8. Zielinski S., Botero Saltarén C. Guía básica para certificación de playas turísticas. Santa Marta, Colombia: Editorial Gente Nueva.2012.
9. Botero Saltarén C., Pereira C., Cervantes O. Estudios de calidad ambiental de playas en Latinoamérica: revisión de los principales parámetros y metodologías utilizadas. Invest. Ambiental. 2012; 5 (2).
10. Linebach J.A., Tesch B.P., Kovacsiss L.M. Nonparametric Statistics for Applied Research. Springer Science and Business Media New York. 2014; p 408.
11. Park M, Stenstrom MK, 2008. Comparison of pollutant loading estimation using different land uses and stormwater characteristics in Ballona Creek watershed. Water Science and Technology 57: 1349-1354.
12. Selvakumar A, Borst M, 2006. Variation of microorganism concentrations in urban stormwater runoff with land use and seasons. J Water Health 4(1): 109-24.
13. Pucci GN, Acuña AJ, Pucci OH, 2013. Contaminación por enterobacterias y coliformes totales de la playa de Stella Maris (Comodoro Rivadavia, Argentina). Hig. Sanid. Ambient. 13(5): 1102-1107.
14. Hughes K.A. Influence of seasonal environmental variables on the distribution of presumptive fecal coliforms around an antarctic research station. Applied and Environmental Microbiology. 2003; 69: 4884-4891.

15. Brown J.N., Peake B.M. Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. *Sci Total Environ.* 2006; 15; 359(1-3):145-55.
16. Huston R., Chan Y.C., Gardner T., Shaw G., Chapman H. Characterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. *Water Research.* 2009; 43(6): 1630-1640.
17. Madrid V., Sardella N.H., Denegri G., Hollmann P. Contaminación de playas de la ciudad de Mar del Plata con parásitos de importancia sanitaria. En: *Fragilidad Costera.* Crowder P (Ed), Universidad Nacional de Mar del Plata, Editorial Martín, Argentina. 2005 21-35.
18. Andresiuk M.V., Denegri G.M., Sardella N.H., Hollman P.. Encuesta coproparasitológica canina realizado en plazas públicas de la ciudad de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. *Parasitología Latinoamericana.* 2003; 58: 17-22.
19. Guerrero de Abreu A.M., Quiñones M.V., Sequera E.J., Marin Franco, J.L. Parásitos patógenos en arena de playa y su relación con condiciones ambientales, en un balneario de Puerto Cabello, Venezuela, 2012-2013. *Bol Mal Salud Amb.* 2014; (54) 2:150-158.

**Recibido: 15/11/17**

**Aceptado: 21/11/17**