



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL MAR DEL PLATA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Título: Evaluación de contaminantes microbiológicos en playas urbanas afectadas por descarga pluvial, en Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Autores: Pérsico, M. M., Lucero, N. M., Patat, M. L., Saicha, A. V., Espinosa, M.

Año 2019

**Evaluación de contaminantes microbiológicos en playas urbanas afectadas por
descarga pluvial, en Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina**

**Evaluation of microbiological contaminants in urban beaches influenced by
storm water runoff, in Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina**

**María Marta Pérsico¹; Marcelo Lucero¹; María Laura Patat²; Ana Valeria Saicha¹ y
Mónica Espinosa¹**

¹Facultad Regional Mar del Plata, Universidad Tecnológica Nacional. Buque Pesquero
Dorrego 281 Puerto (7600) Mar del Plata, Argentina

²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Funes 3350 (7600) Mar del Plata, Argentina

E-mail: mmpersico@mdp.utn.edu.ar

Pérsico, M.M., Lucero, M., Patat, M.L., Saicha, A. V., Espinosa, M. (2019). Evaluación de contaminantes microbiológicos en playas urbanas afectadas por descarga pluvial, en Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 7(1), 79-79.

Recibido: 20 de mayo de 2019

Aceptado: 25 de junio de 2019

Publicado: 30 de junio de 2019

RESUMEN

De marzo 2016 a septiembre 2017 se evaluó la calidad microbiológica de la arena de tres playas recreacionales afectadas por descarga pluvial, localizadas en diferentes sectores del núcleo urbano de la ciudad de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. En las muestras de sedimentos colectadas se determinó la presencia de los indicadores de contaminación fecal: Coliformes totales, *Escherichia coli*, y *Enterococcus spp.*, (UFC/g), y se analizó la presencia de huevos del nematode parásito *Toxocara spp.* (N°/4 g). Se registraron la temperatura media mensual (T_{media} , °C) y las precipitaciones acumuladas ocurridas previas a cada muestreo (Pp acumuladas, mm). Los valores de UFC/g obtenidos fueron comparados respecto a valores guía con el fin de determinar su estado sanitario. La carga bacteriana total entre las playas del sector norte, centro y sur de la ciudad no registró diferencias significativas, como tampoco su distribución vertical en cada una de ellas ($p > 0,05$). El recuento de colonias de Coliformes totales y *E. coli* resultó superior en 2017 respecto a 2016 ($p < 0,05$), registrándose una elevada correlación positiva entre ambos indicadores ($p < 0,05$). Desde el punto de vista sanitario, un número elevado de muestras de sedimentos superaron los valores máximos admisibles (VMA), según la normativa internacional tomada como referencia. La temperatura media mensual y las precipitaciones diarias acumuladas estuvieron asociadas a las medianas de las concentraciones de *Coliformes totales*, *E. coli* y *Enterococcus spp.* incidiendo en su distribución temporal, dentro del periodo de estudio. No se hallaron huevos de *Toxocara spp.* en los sedimentos analizados. Las descargas pluviales en la franja emergida de las tres playas de estudio constituyeron un factor importante de contaminación microbiológica en los sedimentos analizados, a pesar de su localización en diferentes cuencas hidrográficas de desagüe urbano. La presencia constante de *E. coli* señalaría, en particular, contaminación fecal en la arena cercana a la descarga pluvial de las playas urbanas evaluadas.

Palabras clave: Playas urbanas, calidad sanitaria, drenaje pluvial, Ecotoxicología, usos del suelo.

ABSTRACT

From March 2016 to September 2017, microbiological quality of sand from three recreational beaches was evaluated, influenced by water runoff located in different urban areas, north (N), center (C) and south (S), of Mar del Plata sea side resort (Buenos Aires, Argentina). In sediment samples, through the filtering membrane technique, presence of fecal contamination indicators was determined: Total coliforms, *Escherichia coli*, and *Enterococcus* spp., (CFU/g). Presence of parasitic nematode eggs *Toxocara* spp (N°/4g) was analyzed by W's flotation concentration method. Both monthly average temperature (Temperatures, °C) and accumulated rainfall values which occurred previous to every sampling collection we rerecorded (accumulated Pp, mm). CFU values obtained were compared with guide values in order to determine their sanitary quality. There were no significant differences, about total bacterial load or their vertical distribution ($p > 0.05$) between N, C and S beaches. Density values of Total coliforms and *E. coli* C colonies were higher in 2017 than in 2016 ($p < 0.05$). A positive correlation was observed between those both indicators ($p < 0.05$). From a sanitary point of view, an elevated number of sediment samples exceeded the maximum admissible values (VMA), according to international regulations taken as reference. Temperature and rainfall values were associated with Total coliforms, *E. coli* and *Enterococcus* spp. average values, affecting their temporal distribution within the evaluated time. No eggs of *Toxocara* spp. were identified in any of the sediments analyzed. Urban runoff is an important factor of microbiological contamination in emerged sand from the beaches studied, in spite of its location in different urban areas. We would be demonstrated fecal contamination by constant presence of *E. coli* in every monitoring of sediments near to drainage of all analyzed littoral sectors.

Key words: urban beaches, sanitary quality, storm water runoff, Ecotoxicology, land uses.

INTRODUCCIÓN

Las playas representan un ambiente natural sumamente valorado para la recreación de las personas; las constituidas por arena, particularmente, son las más concurridas. En ellas pueden desarrollarse otro tipo de actividades antrópicas como la extracción de arena, eliminación o decapitación de dunas y la introducción de vías de drenaje artificiales en la franja emergida (Barragán Muñoz, 2003), constituyendo parte de los

procesos erosivos costeros producidos por el hombre que no escapan a la situación del litoral del Partido de General Pueyrredón (Veneziano y García, 2014).

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 (EPA, 2003).

Los contaminantes presentes en estas aguas son muy variados e incluyen microorganismos patógenos (Di Giácomo et al., 2004), por lo cual el riesgo sanitario podría estar asociado no sólo a estas descargas, sino también a su cuerpo receptor (Pitt et al., 1995).

La variación de la concentración de estos organismos está directamente relacionada con la densidad de viviendas, población, desarrollo, impermeabilización y densidad de animales en un área determinada. En los sedimentos las comunidades de microorganismos pueden prosperar, dependiendo de factores físicos como la disponibilidad de agua y protección contra la insolación, factores biológicos como la competencia, depredación y formación de *biofilm* y químicos como la disponibilidad de nutrientes (Alkan et al., 1995). Aunque se ha comprobado que pueden sobrevivir incluso en mayor concentración respecto al agua de mar adyacente (Skorczewski et al., 2012), a excepción de una guía portuguesa diseñada por Brandao et al. (2007), no se tiene conocimiento de legislaciones que establezcan criterios sanitarios de referencia para los sedimentos de playa. Así, los indicadores de contaminación microbiológica recomendados que se emplean son, generalmente, los mismos que se utilizan para evaluar la calidad de las aguas marinas recreacionales de contacto primario: Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus* spp.

En un estudio preliminar en arena de una playa recreacional localizada en la zona norte de la ciudad, afectada por descarga pluvial, se determinaron concentraciones de *E. coli* y *Enterococcus* spp. superiores a las admisibles (Pérsico et al., 2017). A partir de los resultados obtenidos ya la importancia sanitaria que revisten para el área de estudio, se continuó y amplió el monitoreo en ese y otros sectores del núcleo urbano de Mar del Plata.

En cuanto al análisis de los sedimentos desde el punto de vista parasitológico y en un estudio realizado sobre el litoral marino de esta ciudad, en el cual la recurrencia de

parásitos se relacionó con la población de perros visitantes a estos sectores, sólo se identificaron parásitos en la materia fecal (Sardella et al., 2008). En un trabajo de evaluación similar, pero en deposiciones caninas y felinas colectadas de areneros de varias plazas de esta ciudad, se determinó una elevada concentración de parásitos y entre ellos huevos de *Toxocara* spp.; se propuso que los mismos podrían diseminarse por diferentes factores como lluvia y viento, alcanzando así otros ambientes (Lechner et al., 2005).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad microbiológica y sanitaria de la arena de tres playas recreacionales afectadas por descargas pluviales, localizadas en diferentes sectores de la ciudad balnearia de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina), mediante el empleo de indicadores microbiológicos Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. y por la presencia de huevos del nemato de *Toxocara* spp.

Área de estudio

La ciudad de Mar del Plata se localiza en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, en la República Argentina (Figura 1). Posee 39,2 km de litoral atlántico, es cabecera del municipio de General Pueyrredón y el principal centro balneario. Su población supera los 618.989 habitantes relevados (INDEC, 2010) y durante el verano la afluencia de turistas incrementa esa cifra al menos en un 50% y en un 20-25 % el resto del año. La ciudad tiene un clima templado con influencia oceánica, con una temperatura media en invierno de 12 a 14 °C y en verano de 23 a 27 °C.

Su infraestructura pluvial y cloacal funcionan en forma independiente; el servicio pluvial cubre el 80 % de la zona urbana, cuyo trazado y ampliación está a cargo de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires y su control y mantenimiento es responsabilidad de Obras Sanitarias Sociedad de Estado, OSSE (Guridi y Vivar, 2013). Existe en la ciudad una red colectora; Guridi y Vivar (Op. Cit.) afirman que se halla dividida en ocho cuencas principales de diferentes áreas de cobertura y con numerosos desagües menores que permiten el drenaje urbano en tiempo seco y en eventos de precipitación. Los conductos pluviales descargan en distintos puntos del sector costero (OSSE, 2019), siendo sus cuerpos receptores el agua de mar de las adyacencias o la franja emergida de playas destinadas a diversas actividades recreacionales.

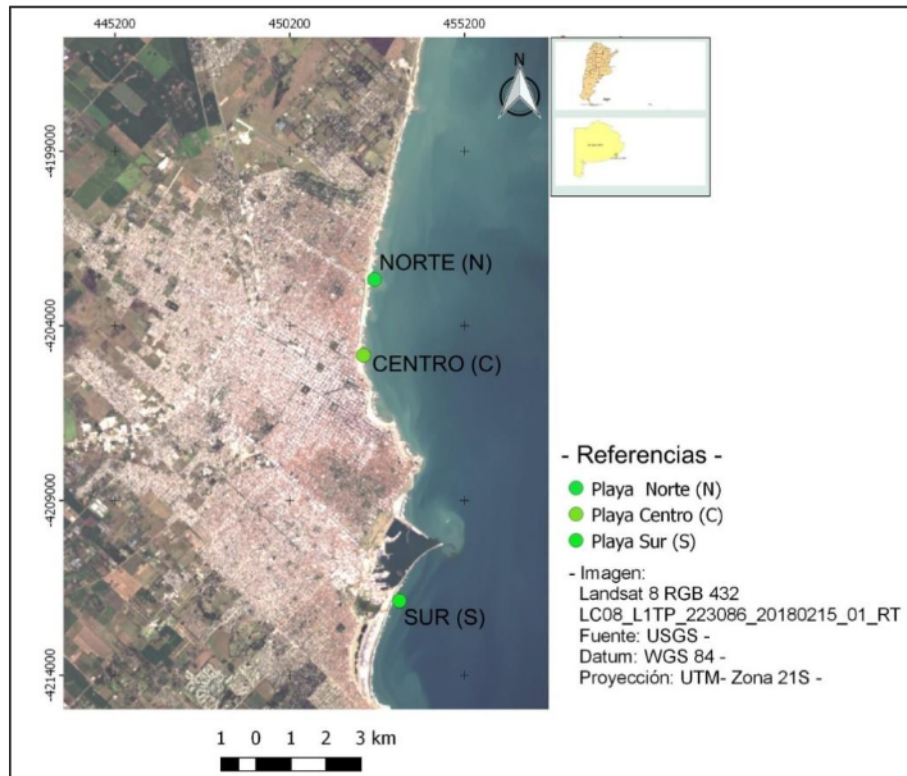


Figura1. Imagen satelital del núcleo urbano de la ciudad de Mar del Plata con la ubicación de las playas de estudio (N), (C) y (S).

Las playas con descarga pluvial seleccionadas para el presente trabajo fueron las siguientes: en el sector norte, N, ($37^{\circ}58'09.0''S$ $57^{\circ}32'30.8''W$); sector centro, C, ($37^{\circ}59'19.7''S$ $57^{\circ}32'39.1''W$) y sector sur, S, ($38^{\circ}03'11.7''S$ $57^{\circ}32'06.4''W$), las tres dentro del núcleo urbano de Mar del Plata (Fig. 1). El sector N, de gestión pública, posee en su espaldón el punto de descarga de las aguas pluviales provenientes de áreas residenciales localizadas sobre la cuenca hídrica de mayor extensión dentro de la ciudad, denominada Constitución. Su cuerpo receptor es la franja de arena emergente. La Playa C recibe el agua de lluvia colectada de la Cuenca La Perla, siendo el uso de su superficie predominantemente habitacional. La playa es amplia y en verano hay balnearios establecidos. El tramo final del sistema pluvial es un conducto encamisado que recorre de forma paralela al espigón de hormigón, descargando el agua en la franja emergida. La gestión de este sector es público-privado. Ubicada al sur del núcleo urbano, el sector S recibe las aguas pluviales recogidas de un área con uso de suelo tanto habitacional como industrial, sobre la

cuenca del pluvial Puerto; las mismas corren por un conducto encamisado que las elimina directamente en la arena.



Figura 2. Playas de estudio N, C y S (izquierda) y zonas de descarga pluvial (derecha), en el núcleo urbano de Mar del Plata (fotos propias).

METODOLOGÍA

De marzo 2016 a septiembre 2017 se realizaron ocho muestreos en cada una de las playas seleccionadas para este estudio; se tomaron *pools* de muestras de arena bordeando el área de descarga pluvial y en dos niveles verticales: superficie (s) y a veinte centímetros de profundidad (p), luego de un episodio de lluvia intensa. Se recolectaron en total 44 muestras de arena, un kilo por cada muestra, que fueron dispuestas en bolsas estériles debidamente identificadas, acondicionadas y refrigeradas a una temperatura de entre 4° y 8°C para su traslado inmediato al

laboratorio, donde se procesaron dentro de las 24 horas posteriores a su recolección. La concentración de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. se midió en Unidades Formadoras de Colonias por gramo de sedimento (UFC/g) a través de la técnica de membrana filtrante, MF, según USDA Soil Survey Laboratory Methods Manual (1996). Para la cuantificación se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-7} . Para Coliformes totales se utilizó el medio Agar Tergitol 7 para MF; la incubación se realizó en estufa de cultivo a $35-37^{\circ}\text{C}$ por un período de 24 ± 2 horas. Para *E. coli* se utilizó el medio Triptófano y la incubación se realizó a $44,5^{\circ}\text{C}$ por un período de 24 ± 2 horas. Las colonias de *Enterococcus* spp. fueron cuantificadas en el medio Slanetz-Bartley TTC M-Enterococcus Agar para MF a $35-37^{\circ}\text{C}$ y por un período de 48 ± 2 horas. El análisis parasitológico se llevó a cabo a través de la determinación del número de huevos de *Toxocara* spp./4 g de sedimento, mediante el método de concentración por flotación de Willis (Cassenote et al., 2011), utilizando una solución acuosa sobresaturada de cloruro de sodio, aplicando un tiempo de 30 minutos de reposo para la flotación de los huevos, y la posterior observación al microscopio óptico.

Como posibles factores de incidencia en el número de colonias de bacterias se registraron los datos de temperatura media mensual (T_{media} , $^{\circ}\text{C}$) correspondientes a cada muestreo y las precipitaciones acumuladas (P_{p} acumuladas, mm) hasta cuatro días previos de agua caída a la fecha de cada colecta de arena. Las fechas de muestreo y parámetros ambientales se observan en la Tabla I. Se utilizaron los registros de la Estación Meteorológica 87692, SAZM, Aeródromo Mar del Plata (Servicio Meteorológico Nacional, 2016-2017). El tratamiento estadístico consistió en un análisis univariado y luego un análisis bivariado. En el análisis univariado se calcularon las medidas estadísticas descriptivas, se realizaron los gráficos correspondientes y se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilk a cada variable. Los valores de p resultaron menores al nivel de significación (5%), por lo que se concluyó que ninguna de las variables tuvo distribución normal. En el análisis bivariado se estudió la relación de las variables Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. respecto a Playa (N, C y S), nivel (s y p), año (2016, 2017), T_{media} y P_{p} acumuladas. Se aplicó el test de Kruskal-Wallis y, cuando fue necesario, el correspondiente análisis de contrastes.

En esta etapa también se analizó la asociación de las variables continuas por medio de la matriz de correlaciones, utilizando el coeficiente de Spearman. Todos los análisis

estadísticos se efectuaron con el programa R Project for Statistical Computing, versión 3.5.1. Se aplicó un valor de 5 UFC/g a las determinaciones microbiológicas con concentraciones < 10 UFC/g, con el fin de adecuar los datos al análisis estadístico. Los valores microbiológicos en los gráficos fueron transformados a log₁₀, para poder observar con claridad los datos menores.

No se pudieron realizar los muestreos en Playa S, diciembre 2016 por razones logísticas y en Playa C en abril 2017 por estar tapada la descarga con arena debido al fuerte viento que imperó días previos a la fecha del muestreo; por ello para la confección completa de los gráficos se utilizaron los valores de las medianas de los indicadores microbiológicos.

Para estimar la calidad sanitaria de la franja emergida de cada una de las playas los recuentos de UFC/g resultantes fueron comparados con los valores admisibles incluidos en la Guía de Calidad Microbiológica para Arenas de Playas Litorales (Brandao et al., 2007), los cuales son: < 100 UFC/g para Coliformes totales; < 20 UFC/g para *E. coli*; < a 20 UFC/g para *Enterococcus* spp.

RESULTADOS

De un total de 44 muestras de arena, N= 38 resultaron con recuentos microbiológicos superiores a los valores guía tomados como referencia (Coliformes totales < 100, *E. coli* < 20 y *Enterococcus* spp < 20, UFC/g), para al menos uno de estos indicadores de contaminación fecal evaluados.

La comparación de la carga bacteriana total (que comprende la suma de los valores de concentración de todos los indicadores bacterianos) entre las playas N, C y S no resultó significativa, como tampoco su distribución vertical en cada una de ellas ($p > 0,05$). Los valores de concentración total de las colonias de Coliformes totales y *E. coli* resultaron superiores en 2017 respecto a 2016 ($p < 0,05$), no así los de *Enterococcus* spp. ($p > 0,05$).

Al analizar individualmente los indicadores microbiológicos, la abundancia de colonias de Coliformes totales en la arena colectada de las tres playas no tuvo diferencias significativas ($p > 0,05$). El recuento mínimo identificado fue <10 UFC/g en varias muestras de arena, en las tres playas en julio 2016, en tanto su máximo 360.000 UFC/g, determinado en Playa N en superficie, junio 2017 (Figura 3).

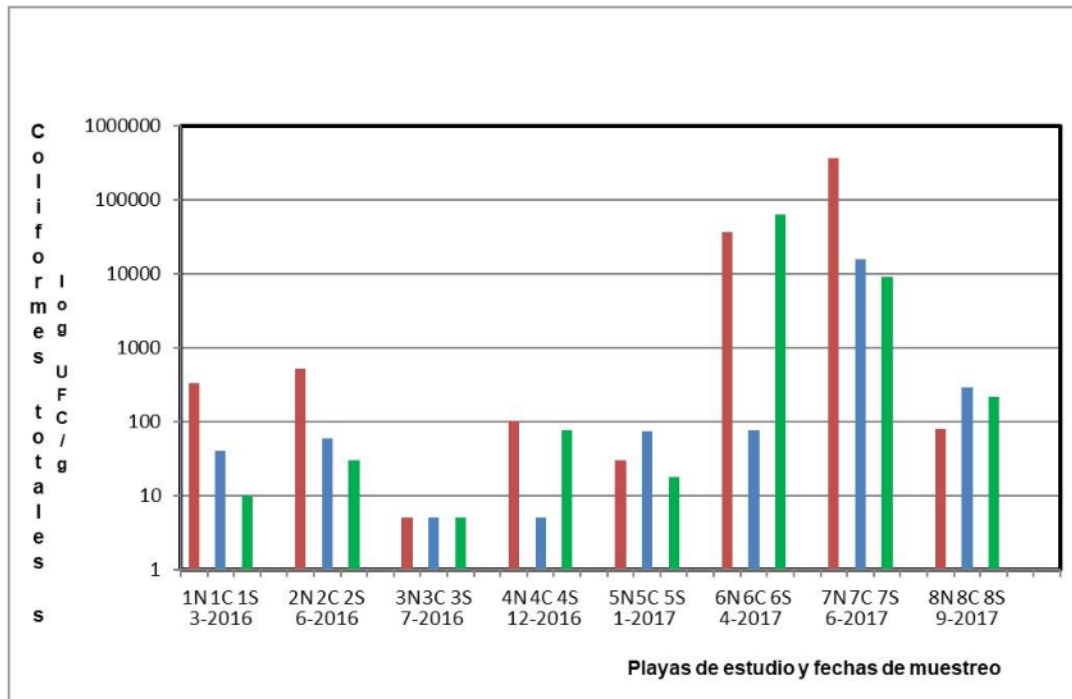


Figura 3. Concentración de Coliformes totales en superficie, s, (log UFC/g), en muestras de arena colectadas en los monitoreos (1-8) en Playa norte (N), centro (C) y sur (S) de Mar del Plata, periodo marzo 2016-septiembre 2017.

No se hallaron diferencias significativas con respecto a la abundancia de colonias de *E. coli* de acuerdo a la variable playa ($p > 0,05$). El valor máximo se registró en Playa N, 6.900 UFC/g en abril 2017, registrándose en este año los valores más elevados; la menor abundancia (< 10 UFC/g), se registró indistintamente en los tres ambientes analizados y principalmente en muestras del 2016 (Figura 4).

Respecto a *Enterococcus* spp. las medianas de N, C y S no evidenciaron asociación respecto al tipo de playa ($p > 0,05$). La abundancia máxima fue de 3.400 UFC/g en Playa N (4-2017); mientras que el valor mínimo (< 10 UFC/g) fue determinado en los sedimentos de las tres playas correspondientes a junio de 2017 (Figura 4).

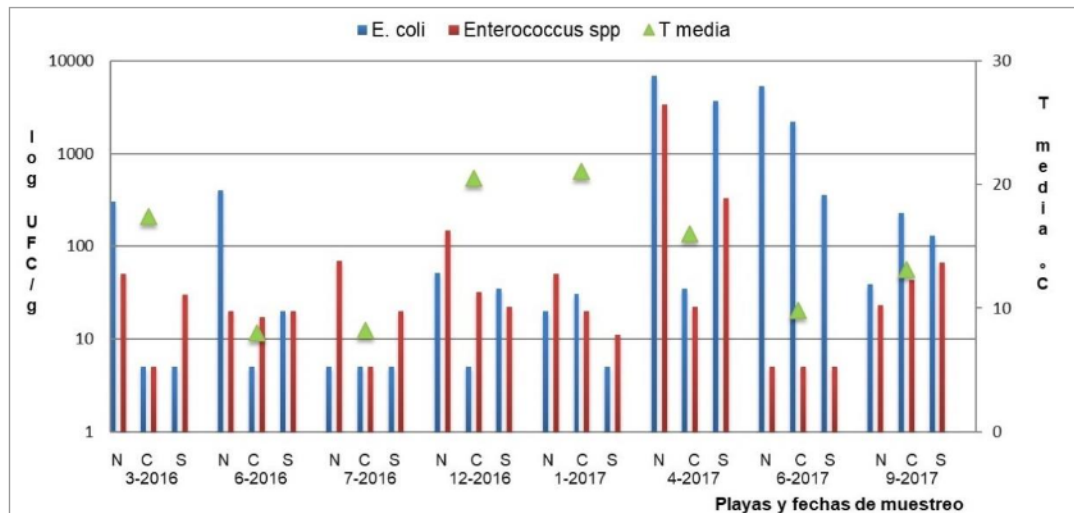


Figura 4. Concentración de *E. coli* y de *Enterococcus* spp. en arena superficial, logUFC/g, de las playas norte, N, centro, C y sur, S y la temperatura media mensual, T media °C, Mar del Plata, periodo marzo 2016-septiembre 2017.

Al analizar la matriz de correlación de los indicadores microbiológicos y las variables ambientales seleccionadas, sólo se registró una significativa correlación positiva entre Coliformes totales y *E. coli* en ambos niveles de muestreo ($r_s = 0,95088671$ nivel s; $r_s = 0,91806259$ nivel p).

Del análisis de la asociación entre los indicadores microbiológicos y los parámetros ambientales considerados en el presente estudio, (Coliformes totales vs Pp acumuladas, Coliformes totales vs T media; *E. coli* vs Pp acumuladas, *E. coli* vs T media; *Enterococcus* spp. vs Pp acumuladas, *Enterococcus* spp. vs T media), ambas variables incidieron en la distribución de los indicadores considerados ($p < 0,05$). En la Figura 5 se observa la distribución temporal de la abundancia de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. (UFC/g) en relación a cada variable ambiental, T media y Pp acumuladas. La mediana y la dispersión de Coliformes totales (UFC/g) fue mayor con Pp acumuladas de 45,96 mm, con valor máximo de 63.000 UFC/g (abril de 2017). A valores de lluvia caída más bajos, de 23,11 mm, la mediana fue menor así como la dispersión de concentraciones de colonias, correspondiente al muestreo de junio de 2017. Con respecto a la variación según la T media, la mediana y la dispersión de las concentraciones de bacterias fue mayor a valores mensuales promedio de 16 °C, abril 2017. Se observa un valor atípico que corresponde a 360.000 UFC/g.

En la distribución temporal de *E. coli* y Pp acumuladas se observa un aumento de la mediana hasta valores de lluvia caída de 45,96 mm, donde alcanza la mayor concentración; luego las medianas descienden a mayores valores de precipitaciones acumuladas. Con respecto al efecto de la temperatura se puede observar en los gráficos de cajas y bigotes que la concentración de *E. coli* fue mayor en períodos de muestreo con temperaturas de entre 9,8 y 17,4 °C, coincidiendo con precipitaciones acumuladas intermedias. Se observa una gran dispersión de valores de mayor concentración y algunos valores atípicos, como por ejemplo: 5.360 UFC/g. Con respecto a la variación temporal de *Enterococcus* spp. la concentración media de colonias fue mayor a 45,96 mm de lluvia caída y a 16 °C de temperatura media mensual, correspondientes al monitoreo 6, enero 2017; se observa una gran dispersión de valores de concentración de colonias. En el resto de los monitoreos los valores de las medianas de este indicador fueron significativamente más bajos y similares, pero la dispersión es menor.

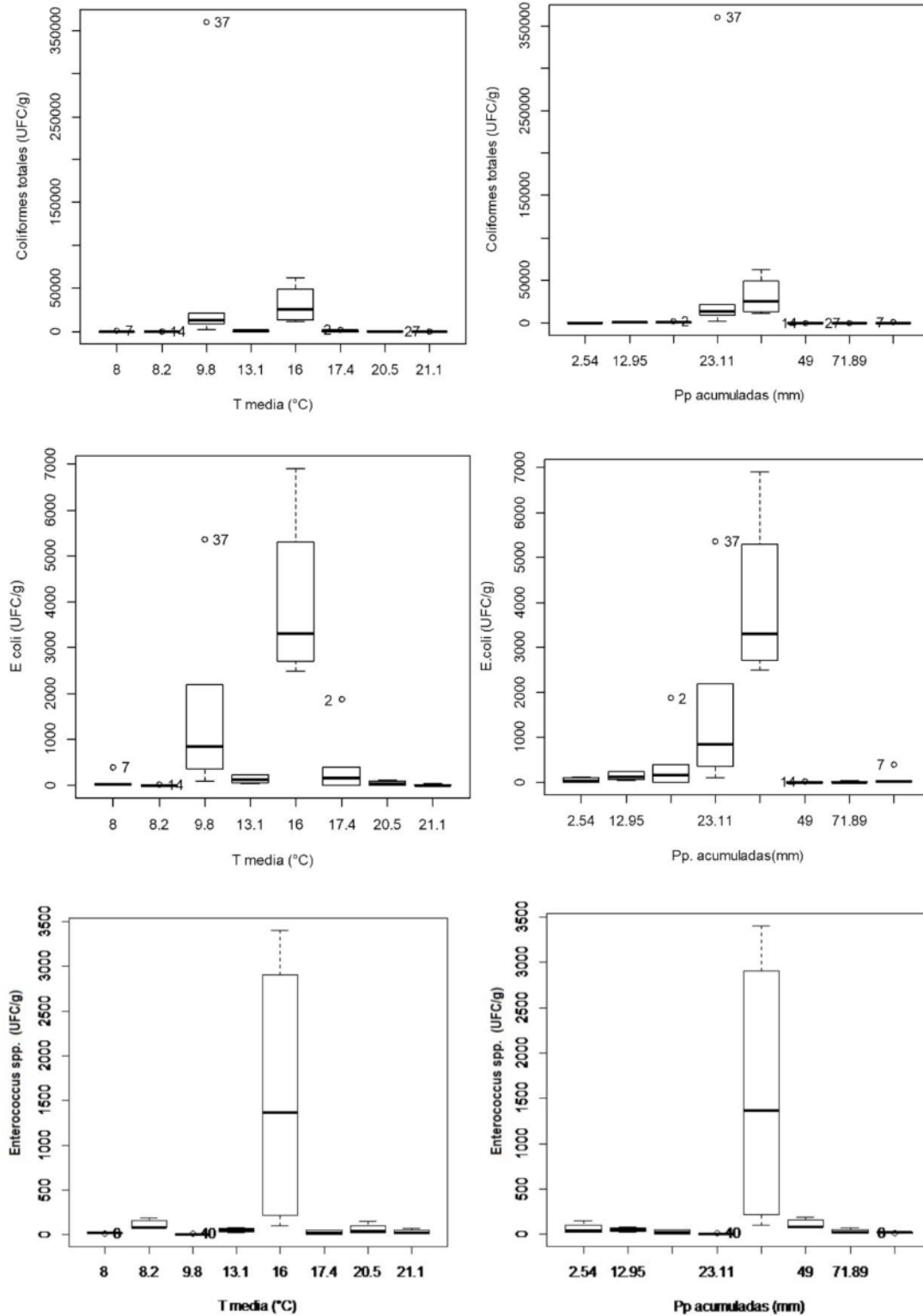


Figura 5. Variación temporal de concentración de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. UFC/g, en función de la T media (°C) y las Pp acumuladas (mm).

Desde el punto de vista sanitario se comparó cada valor de UFC/g determinado para Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. con los máximos admisibles (VMA) establecidos según la norma portuguesa (Brandao et al., 2007), expresándose los resultados en porcentaje como se observa en la Figura 6.

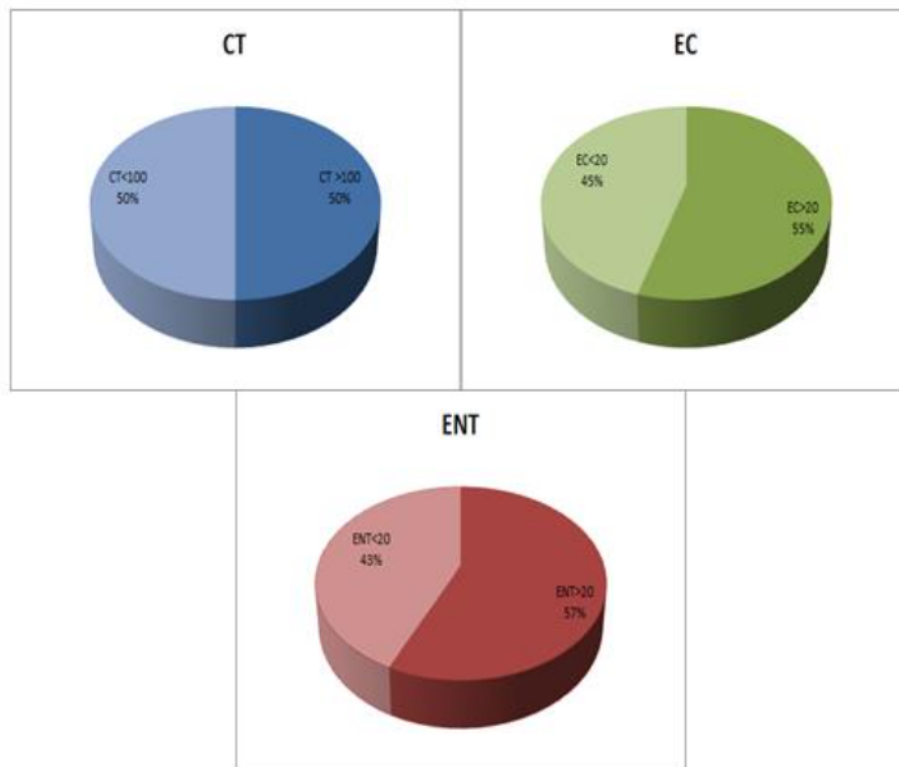


Figura 6. Porcentajes de determinaciones de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. de las muestras de arena colectadas en las Playas N, C y S, de acuerdo a los valores máximos permisibles (VMP) de la norma de referencia.

Con respecto a la identificación de huevos de *Toxocara* spp, no se observó su presencia en las muestras de arena provenientes de las playas N, C y S.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican contaminación microbiológica en la arena con influencia pluvial colectada en las playas N, C y S, obteniéndose concentraciones superiores a los valores guía internacionales que se consideran admisibles para fines recreacionales tomados como referencia. Estudios similares informan mayor concentración de bacterias y un mayor tiempo de supervivencia en

arena de playas cercanas a emisarios de aguas de escorrentía u otras aguas residuales (World Health Organization, 2003) o en mayor concentración que en el agua de mar adyacente (Sato et al., 2005; Pucci et al., 2013; Zhang et al., 2015). Pérsico et al. (2017), en un estudio preliminar, hallaron diferencias significativas en las concentraciones de Coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus* spp en las muestras de arena analizadas al comparar un sector de playa sin desagüe pluvial y la Playa N, con influencia de descarga y en la cual se determinaron valores que superaron los máximos admisibles de la guía internacional de referencia de los indicadores microbiológicos mencionados.

Al analizar la existencia de una posible relación entre las poblaciones de cada indicador microbiológico, sólo los valores de los recuentos de *E. coli* presentaron correlación con los correspondientes a Coliformes totales, lo cual explica su alta representación como indicador de contaminación fecal. Se infiere que la carga bacteriana encontrada en la arena de las playas con influencia de descarga pluvial estaría relacionada con el constante arribo de microorganismos del hábitat primario; éstos poseen menor tiempo de supervivencia fuera de su ambiente natural (Halliday y Ghast, 2011). Las variables ambientales, las Pp acumuladas y la Tmedia mensual, habrían incidido en la concentración de *E. coli*, significativamente mayor en el 2017 (año en que las precipitaciones fueron más elevadas) en comparación con el año 2016. Además, las medianas de las UFC/g de *E. coli* y *Enterococcus* spp. fueron más elevadas a valores intermedios de lluvia caída, sugiriendo que precipitaciones abundantes o muy escasas afectarían la carga bacteriana disminuyendo su concentración en el cuerpo receptor de la descarga pluvial. Las condiciones de temperatura ambientales de valores intermedios, dentro del rango correspondiente al periodo de estudio serían adecuadas para la persistencia bacteriana en el hábitat secundario, aunque deben analizarse factores ambientales como pH, disponibilidad de materia orgánica, temperatura del suelo y viento.

Si bien las playas seleccionadas reciben las descargas pluviales de distintas cuencas hidrográficas, en ellas predomina la actividad habitacional incluso en la zona sur en la cual existe, además, actividad industrial. Una de las posibles causas de contaminación fecal podría deberse a la existencia de conexiones clandestinas en unidades habitacionales de ocupación temporaria, principalmente durante el verano (aunque esto no fue comprobado en el presente estudio); o en plantas fabriles sin las

conexiones adecuadas, descargando ambas en los sistemas de drenaje pluvial. Por otra parte, un incremento en cuanto a la urbanización y particularmente en la zona norte del litoral marplatense, contribuiría con la contaminación del sector costero al aumentar el volumen de las aguas que finalmente culminan en las playas cercanas. En investigaciones similares se evidenció que las áreas con alta densidad poblacional son la fuente principal de microorganismos de las aguas de descarga (Noble, et al., 2006; Park y Stenstrom, 2008).

Otra contribución a las escorrentías pluviales la constituyen las deposiciones en la vía pública por parte de los animales domésticos o abandonados (Selvakumar y Borst, 2006).

En el presente trabajo se determinó ausencia de huevos de parásitos de origen fecal en las muestras de sedimentos recolectadas en las playas. De la misma manera, en un estudio estacional realizado en sectores costeros de esta ciudad y relacionado con la presencia de animales en éstos, no se identificaron parásitos en la franja emergida pero sí en la materia fecal recolectada (Sardella et al., 2008). Investigaciones previas han comprobado la influencia de las lluvias en la frecuencia de estos organismos o sus huevos en el suelo arenoso, las cuales inducen a una mayor depuración o arrastre de formas parasitarias disminuyendo la tasa de recuperación de las mismas (Cassenote et al., 2011). Las características del suelo son determinantes en la viabilidad y maduración de huevos y larvas de helmintos patógenos, como lo afirman Sánchez Thevenet et al. (2003), por lo cual la granulometría del sedimento de las playas monitoreadas podría impedir el desarrollo de estos organismos una vez eliminados con las deyecciones. Investigadores tales como De Castro et al. (2004) establecen que la recuperación de tan solo una forma parasitaria en muestras de suelos bastaría para catalogarla no apta para fines recreacionales (Citado en Guerrero De Abreu et al., 2017: 4).

Por el elevado porcentaje obtenido, 84 % de muestras de sedimentos analizadas con concentraciones de bacterias superiores a los valores admisibles para al menos uno de los indicadores microbiológicos empleados, se consideró a la franja emergida con influencia de descarga pluvial un sector de las playas de mala calidad desde el punto de vista sanitario.

CONCLUSIONES

La presencia de *E. coli* y *Enterococcus* spp. en las muestras de arena analizadas señalaría a las descargas pluviales como un factor importante en la contaminación microbiológica del sector de playas cercano a los puntos de descarga, a pesar de la localización en diferentes áreas urbanas y con diferentes usos de suelo de las tres playas evaluadas.

Aunque *E. coli* posee baja supervivencia, los valores de concentración hallados en los monitoreos indicarían un aporte continuo del agua pluvial, evidenciando contaminación fecal en los sedimentos de las playas N, C y S influenciados por las descargas.

El registro de valores superiores a los que se consideran admisibles, en cuanto a la calidad sanitaria que debería poseer la arena para playas con fines recreacionales, señalan un riesgo para los visitantes que frecuentan los sectores cercanos a la descarga pluvial.

La identificación y el conocimiento de la distribución de los indicadores microbiológicos seleccionados, contribuirían en la toma de las decisiones adecuadas que eviten el contacto de estas descargas con los sedimentos o mitiguen sus efectos en los cuerpos receptores.

Se recomienda intensificar la frecuencia de los monitoreos en la arena de playas urbanas con similares características a las que se seleccionaron en este estudio y extender la toma de muestras de arena a otros sectores de las playas, más alejadas de los puntos de descarga.

BIBLIOGRAFÍA

- Alkan, U., Elliott, D. & Evison, L. (1995). Survival of enteric bacteria in relation to simulated solar radiation and other environmental factors in marine waters. *Water Res.* 29: 2071-2080.
- Barragán Muñoz, J. (2003). Medio Ambiente y Desarrollo en Áreas Litorales. Cádiz: Universidad de Cádiz. España. p 301.
- Brandão, J., Rosado, C., Silva, C., Alves, C., Almeida, C. & Carrola, C. (2007). Monetização da Qualidade das Areias em Zonas Balneares. Lisbon: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA).

- Cassenote, F., Pinto, J. De Abreu, A. & Ferreira, A. (2011). Contaminação do solo por ovos de geo-helminhos com potencial zoonótico na municipalidade de Fernandópolis, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 3:370-374.
- Di Giacomo, P., Washburn, L., Holt, B. & Jones, B. (2004). Coastal pollution hazards in southern California observed by SAR imagery: storm water plumes, wastewater plumes, and natural hydrocarbon seeps. *Marine Pollution Bulletin*, 49(11-12), 1013-1024.
- Environmental Protection Agency [USEPA]. (2003). *Urban Stormwater Management in the United States*. Report of the National Research Council. The National Academies Press. Washington, D.C. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/12465/urban-stormwater-management-in-the-unitedstates>
- Guerrero De Abreu, A., Rodríguez, N. & Romero, D. (2017). Estudio de parásitos geohelminhos en arena de playa "El Palito", municipio Puerto Cabello, Estado Carabobo. Venezuela. *Comunidad y Salud*15 (1), Ene-Jul. 8 p.
- Guridi, I. & Vivar, J. (2013). Propuesta de mejora de la calidad del efluente pluvial en la cuenca La Perla, de la ciudad de Mar del Plata. Proyecto Final, Carrera Ingeniería Ambiental, FASTA. 100 p.
- Halliday, E. & Gast, R. (2011). Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environ. Sci. Technol.* 45:370–379.
- INDEC (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Argentina. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar>
- Lechner, L., Denegri, G. & Sardella, N. (2005). Contaminación parasitaria en plazas. *Rev. Vet.* 16: 2, 53–56.
- Noble, R., Moore, D., Leecaster, M., McGee, C. & Weisberg, S. (2003). Comparison of total coliform, fecal coliform, and enterococcus bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing. *Water Research*.37:1637-1643.

- Obras Sanitarias S.E. [OSSE], (2019). Servicios, Sistemas Pluviales. Municipalidad de Gral. Pueyrredón, Buenos Aires, Argentina Recuperado de <https://www.osmgrp.gov.ar/osse/>
- Park, M. & Stenstrom, M.(2008). Comparison of pollutant loading estimation using different land uses and storm water characteristics in Ballona Creek watershed. *Water Science and Technology* 57: 1349-1354.
- Pérsico, M., Saicha, A., Lucero, N., Espinosa, M. & Patat, M. (2017). Efecto de las escorrentías urbanas en la calidad sanitaria de una playa recreativa (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina). *Revista de Toxicología en Línea, RETEL*.52,1-14.
- Pitt, R., Field, R., Lalor, M. & Brown, M. (1995). Urban storm water toxic pollutants: assessment, sources, and treatability. *Water Environment Research*. 67(3), 260-75.
- Pucci, G., Acuña, A. & Pucci, O. (2013). Contaminación por enterobacterias y coliformes totales de la playa de Stella Maris (Comodoro Rivadavia, Argentina). *Hig. Sanid. Ambient.* 13(5): 1102-1107.
- Sánchez Thevenet, P., Jense, O. & Mellado, I. (2003). Presence and persistence of intestinal parasites in canine fecal material collected from the environment in the Province of Chubut, Argentina, Patagonia. *VetParasitol.* 117: 263-9.
- Sardella, N., Hollmann, P., y Denegri, G. (2008). Estudio coproparasitológico canino en playas de Mar del Plata y su impacto en la salud pública. *Rev.Vet.*19:1, 23–27.
- Sato, M., Di Bari, M., Lamparelli, C., Truzzi, A., Coelho, M. & Hachich, E. (2005). Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 36 (4).
- Selvakumar A. & Borst, M. (2006). Variation of microorganism concentrations in urban storm water runoff with land use and seasons. *J Water Health* 4(1): 109-24.
- Servicio Meteorológico Nacional (2016-2017). Clima Mar del Plata Aerodrome 876920(SAZM).Recuperado de <https://www.tutiempo.net/clima/ws-876920.html>
- Skorzewsky, P., Mudryk, Z., Gackowska, J. & Perlinski, P.(2012). Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 47: 503-512.

- USDA (United States Department of Agriculture). (1996). Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Versión 3.0. Washington DC, USA, 693p.
- Veneziano, M. & García, M. (2014). Protección costera y regeneración de playas en el sur de municipio de Gral. Pueyrredón. En: Ulberich y Cisneros Basualdo (comp.). Libro de resúmenes de las Segundas Jornadas Nacionales de Ambiente.
- Seguimos comprometidos. ISBN N° 978-950-658-369-9. Facultad de Ciencias Humanas. UNICEN. Tandil. Protección costera, arrecifes semisumergidos, playas regeneradas, gestión costera p118.
- World Health Organization [WHO]. (2003). World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters. World Health Organization, Geneva. 215p.
- Zhang, Q., Zhang, X. & Yan, T. (2015). Differential Decay of Wastewater Bacteria and Change of Microbial Communities in Beach Sand and Seawater Microcosms. Environ.Sci.Technol, 49 (14), pp 8531–8540.