

Evaluación de indicadores de contaminación fecal en una playa recreacional (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina)

EVALUATION OF FECAL INDICATORS IN RECREATIONAL BEACH (MAR DEL PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA)

LUCERO N.M.¹, PRARIO M.I.¹, ESCOBAR E.E.¹, PATAT M.L.², SAICHA A.V.¹, ESPINOSA M.B.¹

¹ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mar del Plata. Calle Buque Pesquero Dorrego 281, Puerto. Mar del Plata (7600), Argentina; ² Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Funes 3350. Mar del Plata (7600), Argentina.

Correspondencia: N. M. Lucero. Correo-e: mlucero@mdp.utn.edu.ar

RESUMEN

De diciembre de 2017 a abril de 2018, se colectaron muestras de arena seca a distinta profundidad, sedimentos del intermareal y agua de mar, provenientes de una playa en Mar del Plata (Bs. As, Argentina). Como posibles factores de incidencia en las colonias microbiológicas, se registró la temperatura ambiente (máxima y mínima) y las lluvias ocurridas durante ese período. La calidad sanitaria de las colectas se evaluó comparativamente con criterios de referencia internacionales. Elevado número de muestras dieron positivo por medio de la técnica de membrana filtrante para *Escherichia coli* y *Enterococcus sp*. Las colonias de este último indicador, superaron en número a *E. coli* en la arena seca de superficie y profunda ($p < 0,005$) y abundancia similar en el sedimento húmedo y el agua recreacional. Sólo la media de las temperaturas máximas incidió de forma negativa en la distribución de *E. coli* en los sedimentos secos. Al considerar las UFC de cada indicador desde el punto de vista sanitario, un alto porcentaje de concentraciones por encima de límites admisibles de *Enterococcus sp* se determinaron en todos los sitios. La mala calidad de los sedimentos, señala un potencial riesgo sanitario para los visitantes de playa Popular. Se sugiere la necesidad de sumar estudios e implementar programas de monitoreo que incluya tanto al agua como la arena de estos sectores.

Palabras clave: Playa recreacional, indicador microbiológico fecal, criterio calidad sanitaria.

ABSTRACT

From December 2017 to April 2018, dry sand beach samples at different depths, wet sediments from tidal area and recreational seawater were collected from an urban beach in Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). As possible factors of incidence in microbiological colonies, environmental temperature (maximum and minimum) and fall rains occurred between two successive days of monitoring were recorded. Sanitary quality of sand and recreational water was evaluated, using international reference criteria. High number of samples tested positive by the filtering membrane technique for *Escherichia coli* and *Enterococcus sp*. The colonies of this last indicator, outnumbered *E. coli* in the dry surface and deep sand ($p < 0.005$) and similar abundance it recorded in wet sediments and seawater. When considering the UFC of each indicator from the sanitary point of view, *Enterococcus sp* prevailed in all the sites. Only the average maximum temperatures had a negative effect on *E. coli* colony distribution in dry sediments. The wet sand of Popular beach was characterized as poor sanitary quality during summer months, being a potential health risk for their visitors. It is suggested the need to add studies and implement monitoring programs that include both, water and sand in these marine littorals sectors.

Keywords: Recreational beach, microbiological fecal indicator, sanitary quality criteria.

INTRODUCCIÓN

Debido a la presión humana que soportan las playas de interés turístico, su calidad se ve afectada entre otras causas, por la acumulación de residuos sólidos, presencia de animales domésticos, vertidos de efluentes pluviales o cloacales, lo que genera una amenaza a la salud pública, debido a la aparición de agentes patógenos y sus enfermedades asociadas (Halliday y Gast, 2011; Heaney et al., 2009).

Para evaluar la calidad microbiológica de las aguas marinas recreacionales de contacto primario, se emplean indicadores biológicos, que indirectamente sugieren la presencia de microorganismos patógenos y permiten establecer la relación causa-efecto en la incidencia de enfermedades (Cortés-Lara, 2003). La organización Mundial de la Salud (2003) recomienda el uso de las enterobacterias, *Escherichia coli* y el género *Enterococcus* como los organismos más apropiados. Aunque se ha comprobado que estos microorganismos también pueden sobrevivir en la arena de playas, incluso en mayor concentración respecto al agua de mar de sus adyacencias (Skórczewski et al., 2012; Acuña y Pucci, 2013; Bonilla, 2007; Heaney et al., 2009), al igual que sucede en playas de Latinoamérica, la mayoría de los parámetros refieren a la calidad del agua, mientras que sobre la arena son insuficientes, aun cuando los usuarios permanecen más tiempo en la franja emergida que inmersos en el ambiente marino (Botero et al., 2013).

A excepción de una guía portuguesa diseñada por Brandao et al. (2002), para determinar la calidad sanitaria de arenas de playas recreacionales litorales, y cuya entidad promotora es la Asociación Bandera Azul de Europa y una revisión posterior de sus valores recomendados (Brandao et al., 2007) no se tiene conocimiento de legislaciones u otras investigaciones científicas que establezcan criterios de referencia para dichos espacios.

En Argentina, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de La Nación (2003), determinó como único indicador de contaminación fecal para agua de mar recreacional de contacto directo o primario a *Enterococcus sp* estableciendo los correspondientes valores guía de referencia. En 2016, por resolución ministerial, se aprobó un conjunto de directrices para el Uso Seguro de Aguas Recreativas diseñadas por el Ministerio de Salud de la Nación, pero su implementación

queda sujeta al ordenamiento legal de las distintas jurisdicciones. A pesar de las numerosas localidades balnearias ubicadas a lo largo de su extenso litoral atlántico, hasta el momento, en la Provincia de Buenos Aires, no existen programas de monitoreo, y menos aún, protocolos que permitan conocer el estado sanitario de su arena. Tampoco la franja emergida ha sido foco de atención de investigaciones científicas desde el punto de vista sanitario.

Playa Popular es un extenso sector costero localizado en pleno núcleo urbano en la ciudad balnearia de Mar del Plata. De uso intensivo durante el verano, la presencia de residuos sólidos urbanos sobre la arena es significativa y los visitantes, su principal fuente de generación, (Lucero et al., 2016). Dentro de las categorías más representativas, la materia orgánica (restos de alimentos) ocupa uno de los primeros lugares entre los desechos, y es responsable de la frecuente presencia de aves, lo que podría afectar en forma directa a la calidad de la arena y por consiguiente la salud de quienes están expuestos a su contacto.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad sanitaria a partir de la abundancia y distribución de los indicadores microbiológicos de contaminación fecal propuestos, en los sedimentos y en el agua de mar de una playa urbana localizada en el centro de Mar del Plata, la principal ciudad balnearia de la Argentina.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una playa denominada Popular (latitud 38° 04' Sur; longitud 57° 32' 25" Oeste), localizada en el centro comercial de Mar del Plata. Principal centro turístico de la

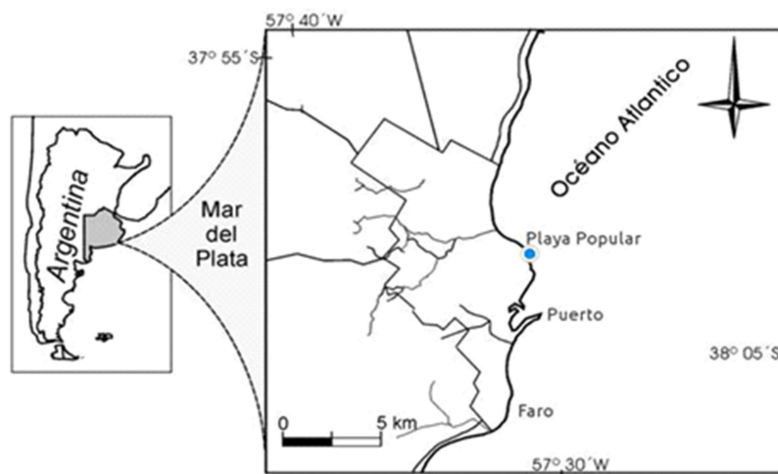


Figura 1. Mapa del núcleo urbano de la ciudad balnearia de Mar del Plata con la localización de playa Popular, sector litoral seleccionado para llevar a cabo este estudio.

Argentina, esta ciudad es cabecera del Partido de General Pueyrredón, el que se ubica en el sudeste del litoral atlántico de la Provincia de Buenos Aires (fig.1). Popular es un ecosistema altamente modificado, en el que se han construido dos espigones de hormigón perpendiculares a la línea de marea con los que se intenta inmovilizar la arena de su franja emergida. Esto ha eliminado el flujo natural de sedimento, por lo que en el año 1998 fue incluida en el marco del plan de recuperación de playas, pero el refulado se realizó con arena de granulometría distinta a la original. En la actualidad está conformada por sedimentos en modas media a finas. No posee vertidos (naturales o artificiales) en sus cercanías, y aunque su gestión es parte privada y parte pública, no cuenta con los servicios esenciales (sanitarios y sala de primeros auxilios) y el manejo de los residuos sólidos generados es muy deficiente.

Para caracterizar contaminación fecal en esta playa, las enterobacterias, *Escherichia coli* (EC) y *Enterococcus* sp. (ENT) fueron los indicadores propuestos, siguiendo los criterios de selección incluidos en la guía de Calidad Microbiológica para Arenas de Playas Litorales (Brandao et al., 2002).



Figura 2. Imagen aérea de playa Popular en Mar del Plata (Bs. As., Argentina) en la que se detalla su zonificación de acuerdo al criterio de Roig (2002).

El relevamiento se llevó a cabo desde fines de diciembre de 2017 a los primeros días de abril de 2018, y dentro del intervalo horario de 11:30 a 12:30 AM. Las colectas se realizaron de forma periódica, conformando un pool de muestras de arena seca superficial y a 10 cm de profundidad provenientes de la zona de exposición solar o pasiva y sedimento húmedo proveniente de la franja limitada por las líneas de marea en el área activa, siguiendo el criterio de zonificación según Roig (2002). Al mismo tiempo se colectaron muestras del agua de mar adyacente a este sector (Fig. 2).

La identificación y recuento de EC y del género ENT, en las muestras de arena se llevó a cabo por la técnica de membrana filtrante, según USDA Soil

Survey Laboratory Methods manual (1996). El valor de su concentración se midió en Unidades Formadoras de Colonias por cada gramo de sedimento (UFC/g). Para el análisis del agua recreacional, se utilizó la técnica de membrana filtrante según Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (2017), siendo UFC/100ml su unidad de concentración microbiológica. Los resultados obtenidos del análisis de los sedimentos, fueron comparados con los valores guía recomendados (EC: 20 UFC/g; Ent: 20 UFC/g) en la guía portuguesa (Brandao, 2007) que permite su contrastación con muestras individuales. A pesar de existir una normativa nacional respecto al agua de mar, se utilizaron los valores incluidos en la Guía para Calidad de Aguas Recreativas (Health Canadá, 2012) que establece para cada uno de los indicadores, valores de referencia tanto para comparar con las densidades microbiológicas de muestras aisladas (400 UFC ENT/100 ml) como con la media geométrica de un número de colectas sucesivas (200 UFC ENT /100 ml). En tanto para las colonias de ENT para muestras individuales, se establece un valor de referencia (≤ 70 UFC ENT/100ml) y otro para comparar con la media geométrica obtenida de la sumatoria de las densidades microbiológicas de varias muestras (≤ 35 UFC ENT/100ml).

Para caracterizar la calidad sanitaria de la franja emergida de esta playa durante el transcurso de la temporada estival en la que se llevó a cabo el relevamiento, se siguió el criterio propuesto por Brandao et al, (2007) en el que se establecen tres categorías (buena-media y baja) según el número de material colectado en el que se hayan superado a los valores máximos recomendados (VMR) o los máximos admisibles (VMA). En este caso, la caracterización de Popular se realizó agrupando las muestras que fueron colectadas entre diciembre y enero y aquellas procedentes de jornadas incluidas en los meses de febrero y marzo.

Como posibles factores de incidencia en la persistencia de las colonias microbiológicas en la arena, se registraron los datos de la temperatura ambiente, máximas y mínimas medias ($^{\circ}$ C), y el promedio de las precipitaciones pluviales (mm) ocurridas en el intervalo entre dos jornadas sucesivas de muestreos. Estas mediciones fueron obtenidas 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.

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 fue el análisis bivariado. Se aplicó el test de Kruskal Wallis para

comparar las medianas de las UFC de cada indicador entre sí y los valores de concentración de cada uno de ellos con los sitios monitoreados. Se midió el grado de correlación entre las densidades de cada indicador fecal en los sitios de muestreo y las variables ambientales determinadas. Todo el análisis se efectuó con el programa R Project for Statistical Computing, versión 3.5.1.

RESULTADOS

Un total de 60 muestras provenientes de los sectores seleccionados en playa Popular fueron analizadas, de las cuales N=43 presentaron contaminación microbiológica. De las mismas, se discriminaron las muestras de arena de acuerdo a los sitios de colecta (sedimento seco superficial y profundo y arena húmeda) y sus medias geométricas al ser comparadas no difirieron estadísticamente entre sí (Fig. 3). Al contrastarlas con la media de las densidades de las muestras de agua de mar, se observaron diferencias significativas entre estas y la abundancia microbiológica presente en la arena húmeda ($p < 0.005$) y con los sedimentos secos de profundidad, respectivamente. ($p < 0.005$).

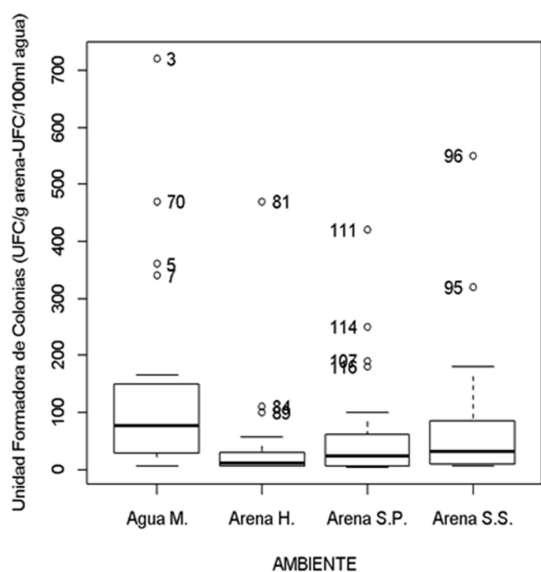


Figura 3. Diagrama de caja de las UFC de ambos indicadores fecales en conjunto, respecto a cada sitio en el que se llevaron a cabo los monitoreo en Playa Popular, Mar del Plata. (Bs. As.) Argentina. Referencias: Agua de mar (Agua M.), arena húmeda (Arena H.), arena seca superficial (Arena S.S.) y arena seca profunda Arena S.P.).

Al considerar las concentraciones de cada indicador en forma separada, el rango de los valores de abundancia de las colonias de EC identificadas en los

sedimentos varió de 10 a 110 UFC/g, mientras que el recuento mínimo fue 12 UFC/g y su máximo, 550 UFC/g, para ENT. En el agua recreacional, las densidades de EC variaron entre 10 a 720 UFC/100 ml y 14 y 470 UFC/100 ml, el mínimo y máximo respectivamente para las colonias de ENT.

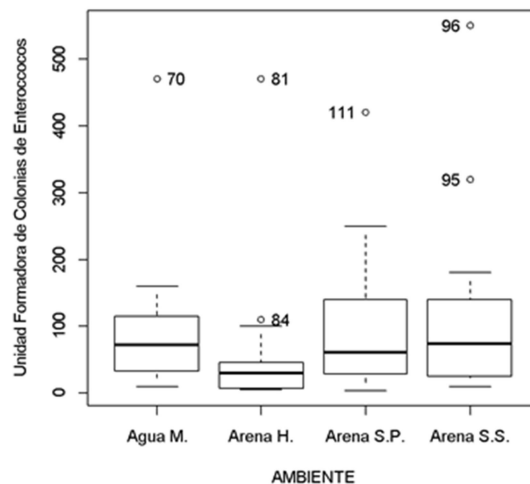
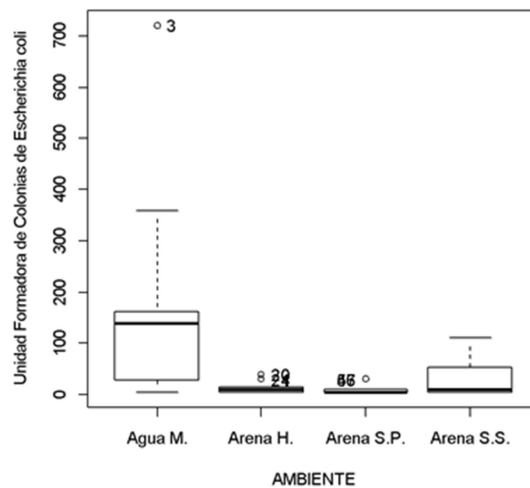


Figura 4. Diagramas de caja con las medianas de las UFC de *Escherichia coli* y las correspondientes a las UFC de Enterococos de cada uno de los sitios monitoreados en Playa Popular, Mar del Plata. (Bs. As.) Argentina. Referencias: agua de mar (Agua M.), arena húmeda (Arena H.), arena seca superficial (Arena S.S.) y arena seca profunda (Arena S.P.).

La mediana del total de las colonias de ENT resultó mayor a la correspondientes densidades de EC ($p < 0,005$). En cuanto a su distribución (Fig. 4), la mediana de las UFC de ENT fue similar en todos los sedimentos analizados, las detectadas en la arena seca de profundidad difiriendo con las concentraciones

presentes en el agua colectada ($p < 0.005$) y también con el número de UFC presentes en el sedimento húmedo ($p < 0.005$). En tanto las medias de las colonias de EC no difirieron en ninguno de los puntos seleccionados para el muestreo.

Cuando se compararon ambas enterobacterias según su distribución, la densidad de ENT fue superior a EC en la arena seca superficial y en sus capas más profundas ($p < 0.005$), en tanto, sus medianas no difirieron en los sedimentos húmedos como tampoco en el agua de mar.

La existencia de una posible relación entre las poblaciones de cada indicador microbiológico en los distintos sitios de playa Popular, fue evaluada estadísticamente, no comprobándose ningún grado de correlación entre las medias de las colonias presentes en los distintos sedimentos como en aquellas identificadas en las muestras de agua de mar.

Para evaluar la abundancia microbiológica en las muestras de sedimentos, desde el punto de vista sanitario, se comparó cada valor de UFC/g determinado con los máximos admisibles (VMA), establecidos en los criterios de referencia en la norma portuguesa (Brandao et al, 2007). El número de los sedimentos con densidad de colonias tanto inferiores como superiores a los VMA, se expresaron en porcentaje (Fig. 5).

Posteriormente, cada valor de densidad de las colonias discriminadas por indicador respecto a la procedencia de los sedimentos analizados, se compararon con el valor máximo admisible (VMA). Los resultados se expresaron en porcentaje (Fig. 6).

En cuanto al análisis del agua recreacional, de las 15 muestras, en $N=8$ de ellas, las concentraciones microbiológicas resultaron superiores al criterio sanitario propuesto por Health Canadá (2012) para el

	EC (A.S.P)	EC (A.S.S)	ENT (A.S.P)	ENT (A.S.S)	P. Pluv	T. Máx	T. Mín
EC (A.S.P)	1.00	-0.19	0.34	-0.19	-0.15	-0.76*	1.00
EC (A.S.S)	-0.19	1.00	-0.16	0.51	0.19	0.74	0.13
ENT (A.S.P)	0.34	-0.16	1.00	0.30	0.43	-0.30	-0.23
ENT (A.S.S)	-0.19	0.51	0.30	1.00	0.21	0.31	0.50
P. Pluv	-0.15	0.19	0.43	0.21	1.00	0.00	-0.31
T. Máx	-0.76	0.25	-0.30	0.31	0.00	1.00	0.74
T. Mín	-0.51	0.13	-0.23	0.50	-0.31	0.25	-0.51

Tabla 1. Matriz de correlación de la densidad de EC y ENT en la arena seca superficial (ASS), y arena seca profunda (ASP), con respecto a las medias de temperaturas máximas (T. Max.) y mínimas (T. Mín.) y precipitaciones pluviales (P.Pluv.) registradas a lo largo de la temporada estival 2017/2018.

* Indica el índice de correlación significativo (mayores a 0.70).

Criterios de Calidad	% (UFC/g) Dic. /enero	% (UFC/g) Febr. /marzo
≤VMA Buena	0	12,5
>VMR y ≤VMA Aceptable	20	12,5
≥VMA Mala	80	75

Tabla 2. Calidad sanitaria de playa Popular de acuerdo al porcentaje de muestras de sedimentos secos con valores de concentración microbiológica (UFC/g) superiores los valores VMR y VMA propuestos por Brandao et al, (2007) para indicadores de calidad de arena de playas.

De las variables ambientales que se seleccionaron para determinar su posible influencia en la distribución de los indicadores microbiológicos (Tabla 1), solo la media de las temperaturas máximas evidenció una correlación lineal negativa respecto a las UFC/g de EC en los sedimentos secos profundos ($p > 0.70$).

análisis de muestras simples. Una de ellas correspondiente a EC y las siete restantes a ENT.

Para caracterizar la calidad sanitaria de playa Popular, se seleccionaron los sedimentos secos (superficiales y profundos) teniendo en cuenta que en este sitio se determinó el mayor número de muestras

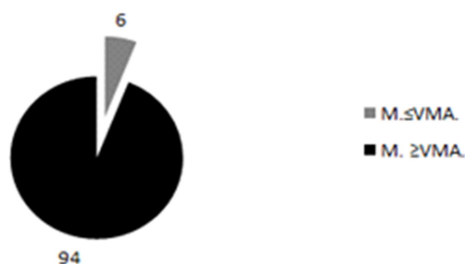
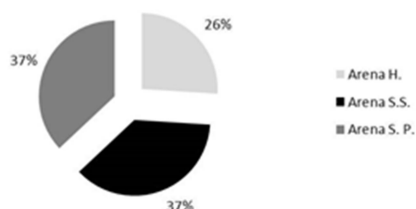


Figura 5. Valores porcentuales del número de muestras de arena contaminadas, que no superaron los criterios sanitarios establecidos ($M. \leq VMA$) y de las colectas que superaron los límites admisibles ($M. > VMA$). Según Brandao et al, 2007.

Escherichia coli



Enterococos

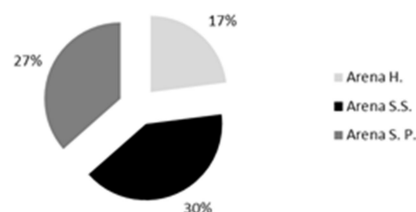


Figura 6. Valores expresados en porcentaje, de los sedimentos contaminados, discriminados respecto a los indicadores identificados y la procedencia de las muestras, con recuento positivo superior a los criterios de referencia.

Referencias: Arena H. (arena húmeda), Arena S.S. (arena seca superficial), Arena S.P. (arena seca de profundidad).

con recuento microbiológico positivo. Las mismas fueron agrupadas según la fecha de su colecta, aquellos provenientes de los meses de diciembre y enero, y de colectas realizadas durante febrero y marzo. Cada una de las concentraciones determinadas, fue comparada con los valores máximos admisibles (VMA) y los valores máximos recomendados (VMR) para arena de espacios litorales establecidos por Brandão et al., 2007 (Tabla 2).

Por el elevado porcentaje (80%) de sedimentos con valores de UFC/g por encima del criterio admisible, la franja emergida de playa Popular se consideró un sector de mala calidad sanitaria durante los

meses de la temporada estival. Aunque un relevamiento anual es uno de los requisitos en estudios microbiológicos de este tipo, el lapso de tiempo en el que se llevó a cabo este trabajo es importante respecto al resto de las estaciones, si se considera que es en este período en que la concurrencia a esta playa es significativa. Por esta misma razón, debería intensificarse la frecuencia de muestreos en esta estación y mantener igual periodicidad entre los mismos.

DISCUSIÓN

Tanto en la arena de la franja emergida, como en sus aguas recreacionales, en playa Popular, se identificaron unidades formadoras de colonias correspondientes a los indicadores microbiológicos propuestos en este estudio. Su mayor abundancia se determinó en las capas más superficiales de los sedimentos secos, el que puede considerarse un efectivo reservorio para su desarrollo, en coincidencia con otras investigaciones previas (Skórczewshi et al., 2012; Pinto et al., 2012; Pucci, et al., 2013; Zhan et al., 2015). ENT prevaleció en número sobre EC, y en cuanto a su distribución, las colonias de ENT resultaron más abundantes en la arena seca superficial y profunda, y similares sus valores de concentración en los sedimentos del intermareal y el agua de mar.

Ninguno de los parámetros ambientales considerados en este estudio, incidieron sobre las UFC de ENT, pero la distribución vertical de las colonias de EC, fue afectada por las medias de las temperaturas máximas, restringiendo las mismas a las capas más superficiales. La presencia de ENT en todos los ambientes en los que se realizó el relevamiento, indica, al igual que otros estudios, una mayor capacidad de resistencia, frente a la incidencia de los factores ambientales (Byappanahalli et al., 2012). La persistencia de sus colonias en el tiempo, constituye una herramienta importante como indicador, ya que su presencia en un ambiente determinado, puede ser resultado de algún evento de contaminación microbiológica sucedido con anterioridad al momento en que se esté llevando a cabo un monitoreo.

Por su parte, la susceptibilidad de EC a distintos factores naturales, disminuye el tiempo de sobrevivencia fuera de su ambiente natural (Halliday y Gast, 2011). Por lo tanto, la determinación de niveles altos de carga bacteriana a lo largo de la temporada estival en la que se llevó a cabo este estudio, señalaría la existencia de fuentes de provisión constante.

Desde el punto de vista sanitario, también en la arena seca (superficial y de profundidad) se registró el mayor porcentaje de concentraciones superiores a los criterios de referencia. Estos valores se determinaron con más frecuencia en el recuento de colonias de ENT respecto a EC, inclusive en la zona entre mareas y en el agua de mar lo que indica una efectiva adaptación de este género a las características propias del litoral marino de esta región, como a los factores meteorológicos predominantes. Este género ha sido

considerado un efectivo indicador microbiológico en comparación a EC, en distintos estudios (Brandao et al., 2007) como también en relación a otros grupos propuestos para evaluaciones de contaminación fecal en playas (Byappanahalli et al., 2012)

La ausencia de algún grado de correlación entre las colonias presentes en el agua con aquellas establecidas en la arena seca y en la zona intermareal, excluye al mar como contaminante de los sedimentos. Su principal contribuyente serían las actividades antrópicas especialmente a la arena de la zona de exposición solar, en la que existe la mayor presión de carga y elevada acumulación de residuos sólidos (Lucero et al., 2016). Distintos autores consideran a los desechos de naturaleza orgánica, como una fuente importante para el desarrollo de estos microorganismos en la franja emergida (Marquez y Vega, 2011). Por su parte, conexiones clandestinas de instalaciones sanitarias cercanas, no identificadas, contribuirían con una carga bacteriana significativa y de modo constante a sus aguas recreacionales.

El alto grado de contaminación en la zona que al mismo tiempo, reúne a la mayor concentración de los visitantes de playa Popular, constituye un potencial riesgo sanitario. El hecho que los usuarios de estos ambientes recreacionales pasen más tiempo en la arena que en el agua, los expone a un prolongado contacto, lo cual incrementa la posibilidad de contraer alguna de las enfermedades propias de sectores litorales con elevada carga bacteriana. Si además, la mala calidad de estos sedimentos se mantiene durante el transcurso del verano, como se comprobó en Popular, dicho riesgo se verá incrementado. El primer estudio epidemiológico llevado a cabo sobre la arena de sectores litorales (Heaney et al., 2009) demostró que acciones como el cavar o ser enterrado, estaban asociados positivamente con la aparición de enfermedades entéricas.

Los resultados de este trabajo, aunque preliminares, señalan la necesidad de sumar estudios microbiológicos en la arena de playas urbanas recreacionales localizadas sobre el litoral bonaerense. Conocer la distribución de estos microorganismos, no solo durante el transcurso del verano, sino también en los meses previos y posteriores, identificar los factores que posibilitan su sobrevivencia, y sus fuentes de provisión, así como la realización de estudios epidemiológicos, permitirían dar inicio a la comprensión de esta problemática. Dichos conocimientos, justificarían la implementación de programas de monitoreo cuyo fin sea preservar la salud de quienes eligen estos ecosistemas para su disfrute.

BIBLIOGRAFÍA

Bonilla TD, K Nowosielski, M Cuveiler, A Hartz, M Green, N Esiobu, DS McCorquodale, J, Fleisher & A Rogerson. Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects

associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin* 2007; 54: 1472-1482.

- Botero, C., Pereira, C., Cervantes, O. 2013. Estudios de calidad ambiental de playas en Latinoamérica: revisión de los principales parámetros y metodologías utilizadas. *Revista investigación ambiental, ciencia y política pública*, 2013; 5(2), 41-51
- Brandão JC, Veríssimo C, Rosado ML, Sabino R, Falcão ML, Giraldes A, et al. *Qualidade microbiológica de areias de praias litorais — Relatório final*. Lisbon: Instituto do Ambiente; 2002.
- Brandão J, Rosado C, Silva C, Alves C, Almeida C, Carrola C, et al. *Monitorização da Qualidade das Areias em Zonas Balneares*. Lisbon: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA); 2007.
- Byappanahalli, M. N., Nevers, M. B., Korajkic, A., Staley, Z. R., & Harwood, V. J. Enterococci in the environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 2012; 76(4), 685-706.
- Cortés-Lara, M. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Revista Biomédica*, 2003; 14(2), 121-123.
- Halliday, E., & Gast, R. J. Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental Science & Technology* 2010; 45(2), 370-379.
- Health Canada. *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality*. Ottawa: Third Edition. 2012. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/guide_water-2012-guide_eau/guide_water-2012-guide_eau-eng.pdf
- Heaney C., Sams E., Wing S., Marshall S., Brenner K., Dufour A. P. y Wade T. J. Contact with beach sand among beachgoers and risk of illness. *Am. J. Epidemiol.* 2009; 170, 164-172.
- Lucero, N. M.; Silva Ortíz, P.; Domínguez, A.; Schelling, M.; Viterales, M.; Ferramosca, L. y Gonzalez, C. Incidencia del Usuario de Playa en la Acumulación de Residuos. Buenos Aires (Argentina). *Revista de Gestión Ambiental* 2016; 31: 9-20.
- Márquez Guloso, E. y J. R. Rosado Vega, Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, La Guajira, Colombia, *Revista Facultad de Ingeniería*, 2011; 60, 118-128.
- Ministerio de Salud de la Nación. Resolución N° 125/2016. Directrices Sanitarias para uso seguro de Aguas Recreativas. Módulo II: Directrices Sanitarias para Uso Seguro de Aguas Recreativas. 2016.
- Pinto, K., Hachich, E., Sato, M., Di-bari, M., Coelho, M., Matté, M., Lamparelli, C., Razzolini, M. Microbiological quality assessment of sand water from three selected beaches of south coast, Sao Paulo, state, Brazil. *Water Science & Technology* 2012; (66.11), 2475- 2482.

- Pucci GN, Acuña AJ, Pucci OH. Contaminación por enterobacterias y coliformes totales de la playa de Stella Maris (Comodoro Rivadavia, Argentina). *Hig. Sanid. Ambient* 2013; 13(5): 1102-1107.
- Roig, F. Análisis de la capacidad de carga en los espacios litorales, calas y playas situados en áreas naturales de especial interés de la Isla de Menorca. En: Turismo y Transformaciones Urbanas en el siglo XXI: 325-336. Universidad de Almería, 2002.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Niveles guía de calidad de agua ambiente para recreación humana con contacto directo correspondientes a *Escherichia coli* /Enterococos (interinos); 2003.
- Skórczewski, P., Zbigniew, M., Gackowsha, J., Perlinsky, P. Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea. *Biología Marina y Oceanografía*. 2012; (47), P. 503 - 512.
- Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 23rd edition, 2017.
- USDA Soil Survey Laboratory Methods manual, 1996.
- World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1, Coastal and fresh waters. World Health Organization, Geneva, 2003; 215p.
- Zhan, Q., Xia, H. & Tao, Y. Impact of indigenous microbiota of subtidal sand on fecal indicator bacteria decay in beach systems: a microcosm study. *Environmental Science Water Research & Technology*. 2015; 1: 306-315.