

COMUNICACIÓN BREVE / SHORT COMMUNICATION

**DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE INDICADORES FECALES EN UNA PLAYA RECREACIONAL DEL LITORAL ATLÁNTICO DE ARGENTINA**

Seasonal distribution of bacteria of fecal origin in a recreational beach of the Atlantic coast of Argentina

Maria I. PRARIO<sup>1\*</sup>, Marcelo LUCERO<sup>1</sup>, Ana V. SAICHA<sup>1</sup>,  
Maria L. PATAT<sup>2</sup>, Mónica B. ESPINOSA<sup>1</sup> y Federico A. CECCHI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional. Buque Pesquero Dorrego 281. Mar del Plata, 7600, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Mar del Plata. Dean Funes 3350. Mar del Plata 7600, Buenos Aires, Argentina.

\*Autora para correspondencia: [mariaprario@gmail.com](mailto:mariaprario@gmail.com)

(Recibido: diciembre 2022; aceptado: junio 2023)

Palabras clave: contaminación fecal, arena, agua de mar, temporada estival e invernal, distribución temporal.

**RESUMEN**

Durante el 2018 se evaluaron las concentraciones y distribución de dos indicadores de contaminación fecal en una playa recreacional localizada en el litoral atlántico de Argentina. Utilizando la técnica de membrana filtrante, se determinó la presencia de *Escherichia coli* y *Enterococcus* spp. en muestras de arena seca, sedimentos húmedos y agua de mar, mediante monitoreos periódicos considerando la abundancia de lluvia en días previos y valores de temperatura ambiente (máxima y mínima). Las muestras fueron analizadas según fecha de colecta (temporada estival; temporada invernal). Con el propósito de identificar la procedencia de los indicadores seleccionados se empleó la relación: *E. coli* / enterococos (EC/ENT). Los valores de concentración de ambos indicadores no evidenciaron diferencias significativas entre las temporadas como en los sitios de colecta, a excepción de *E. coli*, con mayor concentración en el agua durante el periodo estival. Por su parte, la máxima abundancia se identificó en los meses de verano y en los tres sitios muestreados. Por otra parte, el 58 % de las muestras analizadas superaron los límites admisibles. Al analizar la procedencia de la contaminación, se observó una composición de origen mixto (animal y antrópico) en ambas temporadas. Las colonias de EC y ENT persistieron a lo largo del año siendo la arena su mejor reservorio, mientras que los factores ambientales considerados no incidieron en la distribución de dichas bacterias. La prevalencia de sus unidades formadoras de colonias (UFC) por encima de lo recomendable y ocurridas en el periodo de uso intensivo, caracterizarían a este sector de riesgo sanitario durante la temporada evaluada.

Key words: fecal contamination, sand, seawater, summer and winter season, temporary distribution

**ABSTRACT**

In 2018, the concentrations and distribution of two indicators of fecal contamination were evaluated on a recreational beach located on the Atlantic coast of Argentina. The presence of *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. in samples of dry sand, wet sediments, and seawater was determined using the filter membrane technique by periodic monitoring considering the abundance of rain in previous days and ambient

temperature values (maximum and minimum). Samples were analyzed according to the date of collection (summer season; winter season). In order to identify the origin of the selected indicators, the ratio *E. coli* /Enterococci (EC/ENT) was used. The concentration values of both indicators did not show significant differences between seasons and collection sites, with the exception of *E. coli*, with a higher concentration in the water during the summer period. In turn, the maximum abundance of both was identified in the summer months and in the three sites sampled. On the other hand, 58 % of the samples analyzed exceeded the admissible reference limits. When analyzing the origin of the contamination, a composition of mixed origin (animal and anthropic) was observed in both seasons. The colonies of EC and ENT persisted throughout the year, with sand being their best reservoir, while the environmental factors considered did not affect the distribution of these bacteria. The prevalence of their colony forming units (CFU), above the recommended levels and occurring in the intensive use period, would characterize this sector as a sanitary risk during the evaluated season.

## INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX a la actualidad, el denominado turismo de sol y playa ha encontrado un provechoso nicho en los espacios costeros, sobre todo aquellos conformados por sustrato arenoso. Pilares fundamentales para el desarrollo de la economía de numerosas localidades balnearias (Roig i Munar et al. 2006), estos ecosistemas soportan un incremento de visitantes solo estimulado por el productivismo, que sin planificación alguna generan distintos impactos negativos. Una de las principales consecuencias que presentan estos espacios de esparcimiento es la presencia de contaminación de origen microbiológico, tanto de la arena como en las aguas recreacionales. La presencia de este tipo de contaminantes puede incidir directamente en la salud de sus visitantes convirtiéndose así en un posible problema sanitario.

La Organización Mundial de la Salud (WHO 2003) determinó parámetros aptos para el uso humano relacionados con los aspectos microbiológicos del agua de baño. De esta manera se seleccionaron dos indicadores bacterianos, *Escherichia coli* (EC) y enterococos (ENT), como los más adecuados para caracterizar el estado sanitario de dichos espacios. Sin embargo, diversos estudios han comprobado la prevalencia de colonias en los espacios correspondientes a la arena (Elmir et al. 2007, Heaney et al. 2009, Messaoui et al. 2017) en comparación con las halladas en el agua de mar. Escasos ejemplos consideran la evaluación conjunta de la franja emergida y del agua recreacional para determinar la calidad microbiológica de un sector costero en particular.

Existen diversas variables que modifican el comportamiento de los microorganismos en el ambiente, especialmente en sitios donde las condiciones de temperatura, radiación solar, concentraciones de

nutrientes y demás características ambientales experimentan una gran variabilidad.

Generalmente, la mayor proliferación de colonias de ambos indicadores durante la primavera-verano se relaciona al incremento de visitantes en el mismo periodo (Olanczuk-Neyman y Jankowska 2001, Ishii et al. 2007, Zehms et al. 2008). Sin embargo, estas pueden persistir durante el resto del año, lo que convierte a las playas recreativas localizadas en regiones con clima templado en un reservorio continuo de colonias activas (Hartz et al. 2007, Skórczewski et al. 2012, Messaoui et al. 2017).

En Argentina son escasas las investigaciones que refieren a esta problemática en playas a lo largo de todo el litoral atlántico, siendo llamativo que todos los estudios realizados focalizan su atención en el periodo estival, limitando los monitoreos a los meses que integran la temporada alta y en su mayoría consideran solo de relevancia al agua recreacional (Prario et al. 2019), sin identificar algún registro de la dinámica poblacional de ambos indicadores a lo largo del año (Prario 2020).

El presente estudio se llevó a cabo en una playa recreativa de la ciudad de Mar del Plata, Partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

La misma cuenta como una población estable de aproximadamente 800 000 habitantes, recibiendo en temporada estival (diciembre a abril inclusive) entre 2 y 3 millones de turistas (Bouvet et al. 2005), convirtiéndose en el asentamiento turístico más importante situado sobre el océano Atlántico y la segunda ciudad más importante del país a nivel turístico estival.

De acuerdo con su ubicación geográfica, presenta una gran variabilidad meteorológica y una marcada estacionalidad. Las condiciones ambientales corresponden al clima templado pampeano, con precipita-

ciones que rondan los 920 mm anuales. Los veranos presentan temperaturas medias que oscilan entre los 18 y 23 °C e inviernos frescos a fríos con temperaturas entre los 4 y 5 °C.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la abundancia y distribución anual de *Escherichia coli* y enterococos, en los sedimentos y agua de mar de una playa recreacional e identificar la posible procedencia de los contaminantes microbiológicos propuestos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la playa denominada Popular (latitud 38°04' sur; longitud 57°32' 25' oeste), localizada en el núcleo urbano de la ciudad balnearia de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina (Fig. 1).

Durante el año 2018, se llevaron a cabo muestreos periódicos contemplando un periodo de 48 horas posterior a la caída de lluvias significativas. En cada uno de los mismos se colectaron muestras de arena seca superficial, a 10 cm de profundidad y de arena

proveniente de la franja limitada por la línea de marea, como también se colectó agua de mar adyacente a este sector. Los muestreos se realizaron dentro del intervalo horario de 11:30 a 12:30 h.

Para la identificación y recuento de EC y del género ENT se utilizó la técnica de membrana filtrante, la cual consiste en pasar las muestras tanto de sedimento como de agua de mar, a través de la superficie de una membrana de ésteres de celulosa estéril con tamaño de poro 0.45 µm y 47 mm de diámetro, generando una presión diferencial a partir de una bomba de vacío y logrando de esta manera, el proceso de filtrado.

Para las muestras de sedimento se utilizó la metodología mencionada en el manual Soil Survey Laboratory Methods Manual (USDA 1996), para lo cual se preparó una dilución pesando 10 g de sedimento en 90 mL de diluyente (agua peptona). Esta dilución se utilizó para realizar las siembras en profundidad en placas de Petri.

Para el agua de mar se utilizó la técnica de filtración en membrana de acuerdo con lo establecido en el Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (AWWA 2005). Se realizaron diluciones

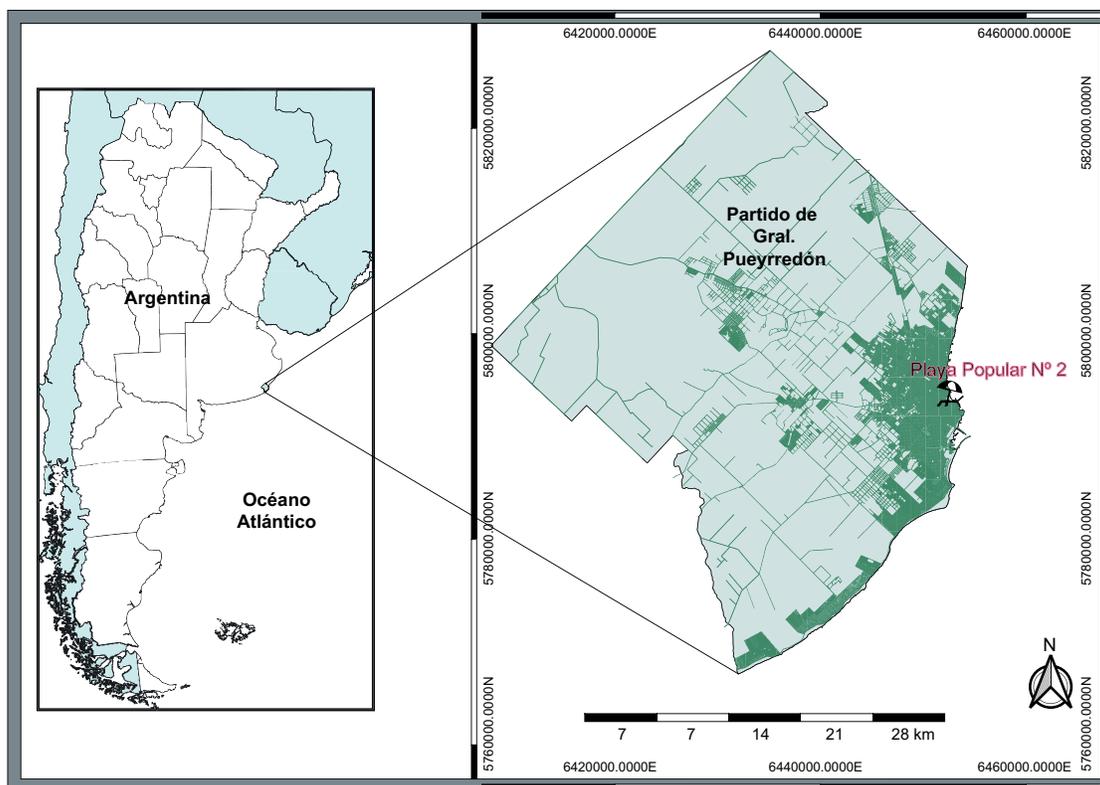


Fig. 1. Ubicación geográfica de la playa denominada Popular dentro del núcleo urbano de Mar del Plata (Partido Gral. Pueyrredón, Bs. As, Argentina).

seriadas hasta  $10^{-2}$  y porciones de 100 mL de muestra fueron filtradas a través de una membrana de  $0.45\mu\text{m}$ .

La presencia del indicador *E. coli* se determinó a partir de la utilización del medio de cultivo Chromocult®, incubando las muestras por un periodo de  $24 \pm 2$  horas a  $36 \pm 1$  °C, mientras que las colonias de *Enterococcus* spp. fueron cuantificadas en el medio Slanetz-Bartley TTC M-Enterococcus Agar e incubadas a  $36 \pm 1$  °C por un periodo de  $48 \pm 2$  horas. Para la cuantificación de los microorganismos seleccionados se consideraron las placas que contenían un mínimo de 20 y un máximo de 80 unidades formadoras de colonias (UFC).

La unidad de concentración de los indicadores presentes en los sedimentos se determinó en UFC/g de sedimento, mientras que para las muestras de agua de mar su unidad de concentración microbiológica fue expresada en UFC/100 mL de agua.

Posterior a su recuento, las muestras fueron discriminadas según su fecha de colecta. Se asignaron las categorías de “temporada alta” (diciembre a abril inclusive, con temperatura máxima de 28.4 y mínima de 11.9 °C y precipitaciones media de 86.7 mm) y “temporada baja” para los meses de escasa concurrencia (mayo a noviembre inclusive, con temperatura máxima 25.4 y mínima de 3.5 °C y precipitación media de 61.27 mm).

Los resultados obtenidos del análisis de los sedimentos fueron comparados con los valores de la guía portuguesa recomendada por Brandao et al. (2007) siendo para EC: 20 UFC/g y para Ent: 20 UFC/g, ya que permite su contrastación con muestras individuales. A pesar de existir una normativa nacional argentina, la Resolución 042/06 (ADA 2006), respecto al agua de mar, se utilizaron los valores incluidos en la Guía para Calidad de Aguas Recreativas (Health Canadá 2012) ya que permite, para cada uno de los indicadores, comparar las densidades microbiológicas de muestras aisladas, así como también la media geométrica de un número de colectas sucesivas. Los límites permitidos, para EC son 200 UFC/100 mL mientras que para las colonias de ENT se establece un valor de  $\leq 35$  UFC/100 mL.

El tratamiento estadístico se llevó a cabo en dos etapas. En la primera, se realizó el análisis estadístico univariado a través de medidas estadísticas descriptivas y gráficos. La prueba de normalidad se realizó implementando la prueba de Shapiro Wilk; siendo los valores  $p$  menores al 5 % de significación con lo cual se concluyó que ninguna variable tuvo una distribución normal. En la segunda etapa se aplicó estadística inferencial. Se realizó la prueba de Kruskal Wallis para comparar las distribuciones

de las UFC de cada indicador entre sí y los valores de concentración de cada uno de ellos con los sitios monitoreados.

Por otra parte, se realizaron gráficas de distribución a partir de los valores identificados para cada uno de los indicadores según los diferentes sitios de muestreo, observando el comportamiento de los mismos a lo largo del año. Todo el procedimiento estadístico se efectuó con el programa R Project for Statistical Computing, versión 3.5.1. (R Core Team 2020)

Para determinar la procedencia de los microorganismos (origen humano o animal) en cada una de las estaciones, se empleó la siguiente relación: *E. coli* / enterococos (EC/ENT) según Van Donsel et al. (1967), el cual establece que las concentraciones de *E. coli* y enterococos descargados por los seres humanos son significativamente diferentes a las descargas de origen animal. Dicho autor establece que cuando el cociente entre EC/ENT es  $> 4$  la contaminación fecal es de origen antrópico mientras que si su valor es  $< 0.7$  es de origen animal. Sin embargo, al no ser posible identificar el origen en el intervalo entre 0.7 a 4, se considera una contaminación mixta (Coyne y Howell et al. 1994, Marchand-Pajares 2002).

Como posibles factores de incidencia en la sobrevivencia de las colonias microbiológicas, se consideraron los valores de temperatura ambiente, máximas y mínimas medias en °C, registrados en cada una de las jornadas y el promedio de las precipitaciones pluviales (mm).

Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para comprobar una posible correlación entre el recuento de UFC de cada indicador en los sitios de muestreo con los registros de dichas variables.

## RESULTADOS

Durante el periodo evaluado se analizaron un total de 92 muestras provenientes de la franja emergida seca, arena húmeda y agua de mar de Playa Popular.

Al discriminar las colectas de acuerdo al sustrato ( $n = 69$ ), tanto del sedimento seco superficial y a profundidad como en arena húmeda, el 48 % de las mismas presentaron contaminación bacteriana, mientras que para agua de mar ( $n = 23$ ), el 61 % de las mismas registró algún agente de origen fecal.

Respecto a la abundancia de los indicadores determinados en las colectas de arena de superficie, y a 10 cm de profundidad, sus medianas resultaron ser estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ), por lo cual se decidió considerar los dos estratos de la columna como uno solo.

En cuanto al indicador EC, tanto en las muestras de arena seca como las provenientes del intermareal, las medianas no presentaron diferencias significativas entre ambos períodos estudiados, a diferencia de las muestras de agua de mar, las cuales mostraron en los meses de temporada alta ( $n = 10$ ) diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto a las analizadas en temporada baja ( $n = 9$ ; **Fig. 2**).

En tanto, los valores de concentración de las colonias del grupo de los enterococos determinados en cada uno de los períodos no presentaron diferencias significativas al comparar sus medianas ( $p > 0.05$ ), al igual que los recuentos determinados en los sitios seleccionados para este estudio (**Fig. 3**).

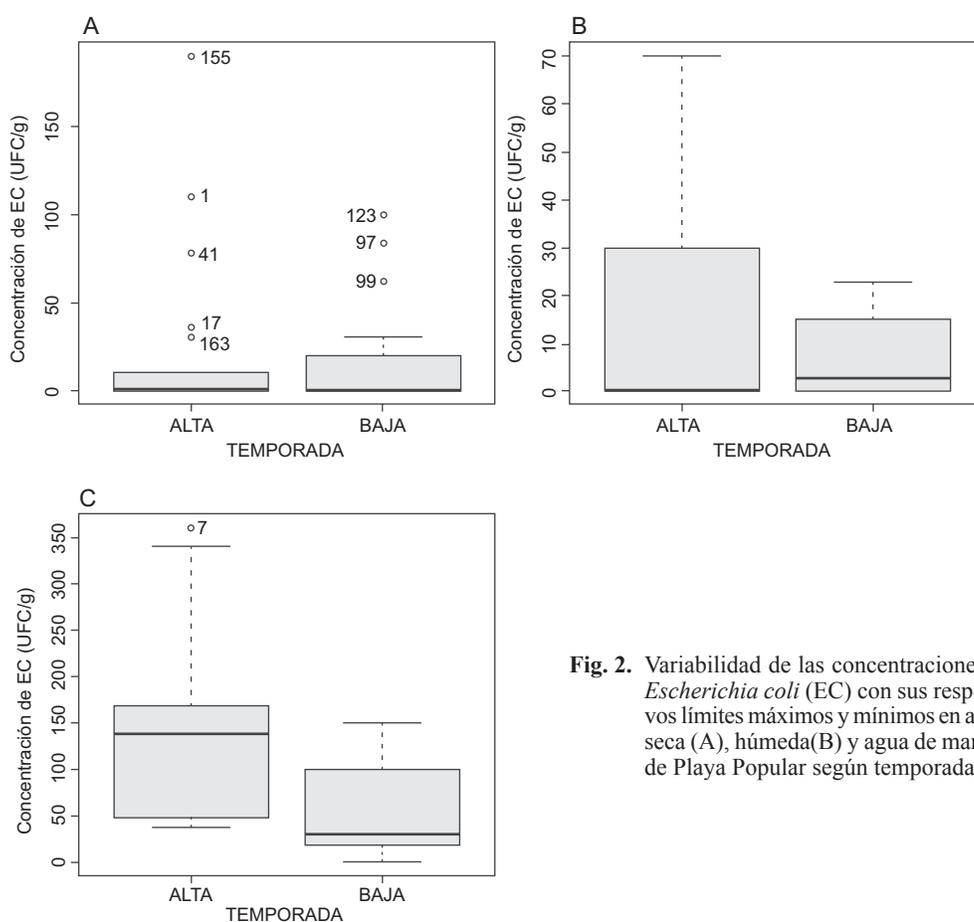
La representación gráfica de la variación poblacional de cada indicador a lo largo del 2018 señala que los valores de máxima abundancia presentes en los sedimentos se identificaron en el intervalo considerado temporada alta.

Al analizar de modo independiente las UFC de los indicadores presentes en muestras de arena seca, tanto ENT como EC alcanzaron su mayor concentración en

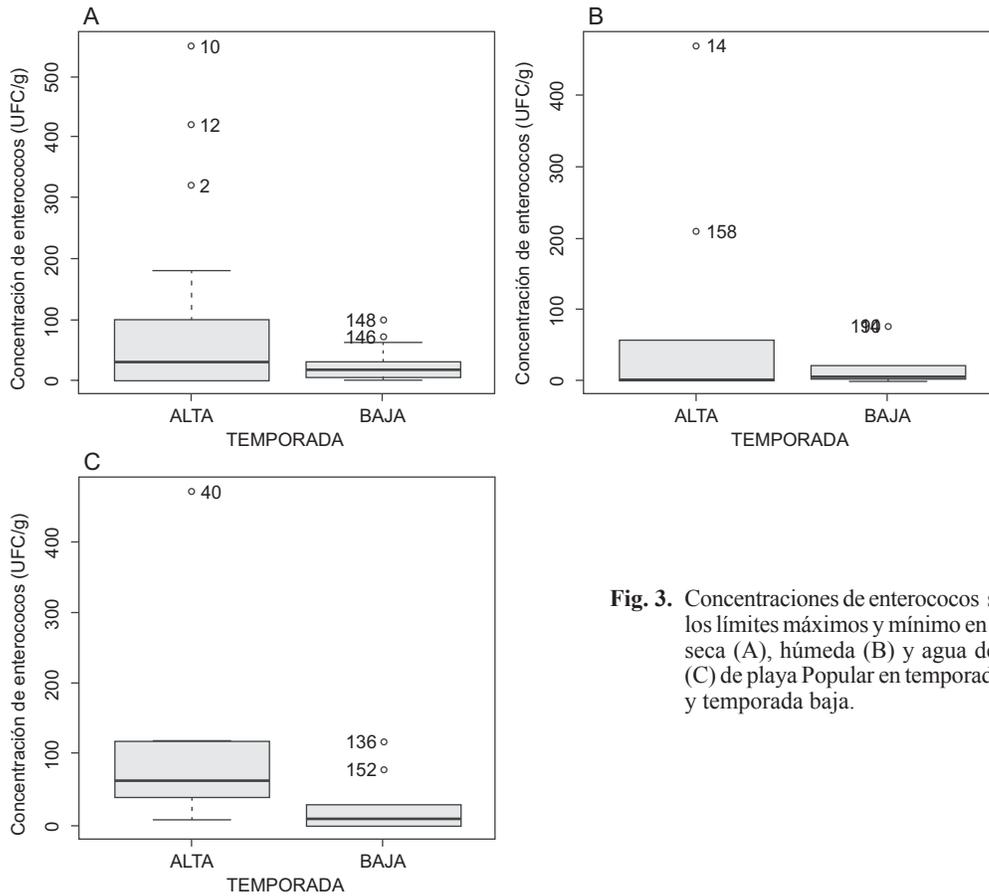
el período de uso intensivo. Sin embargo, se observó un predominio de las colonias de ENT sobre las de EC en la playa en estudio durante todo el período monitoreado, correspondiendo, probablemente a una mayor resistencia a las condiciones ambientales (**Fig. 4**; **Fig. 5**).

En los sedimentos húmedos, localizados entre las líneas de marea, la mayor abundancia de colonias para ambos indicadores se determinó en las muestras provenientes de colectas durante el mes de enero, el cual concentra el mayor número de visitantes y disminuyendo significativamente en los meses comprendidos en la temporada baja.

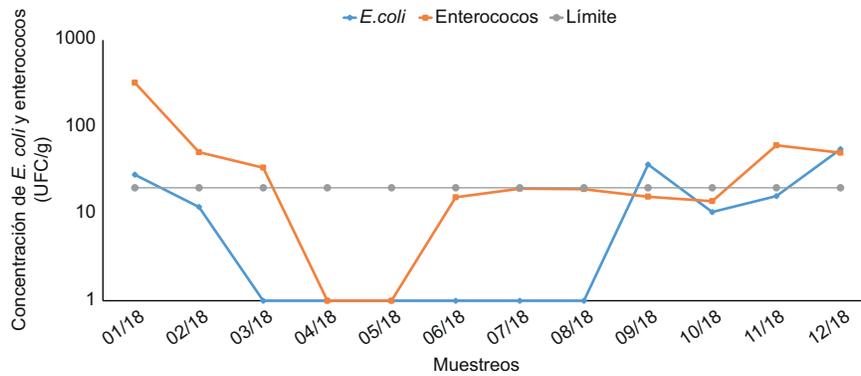
En el agua de mar, al igual que los sitios anteriormente mencionados, el número máximo de UFC se determinó en las colectas realizadas dentro de la temporada alta, aunque los valores de concentración fueron significativamente diferentes entre ambos indicadores, prevaleciendo el número de colonias de EC en comparación a ENT. Asimismo, se identificó la presencia de ENT durante todo el año, pero en menor concentración (**Fig. 6**).



**Fig. 2.** Variabilidad de las concentraciones de *Escherichia coli* (EC) con sus respectivos límites máximos y mínimos en arena seca (A), húmeda (B) y agua de mar (C) de Playa Popular según temporada.



**Fig. 3.** Concentraciones de enterococos según los límites máximos y mínimo en arena seca (A), húmeda (B) y agua de mar (C) de playa Popular en temporada alta y temporada baja.



**Fig. 4.** Concentración y distribución de enterococosy *Escherichia coli* medidos en unidades formadoras de colonias (UFC)/gramos, en arena seca respecto a los muestreos 2018, según límites máximos publicados por Brandao et al. (2007).

Según los valores máximos registrados para cada indicador, los mismos fueron contrastados con los valores de referencia utilizados para este estudio, tanto para las muestras de sedimentos como para agua de mar. Desde el punto sanitario se pudo

identificar que el 58 % del total de muestras colectadas, durante la temporada estival, superaron los límites permitidos para ambos microorganismos, lo que indicaría un peligro potencial para la salud de sus visitantes.

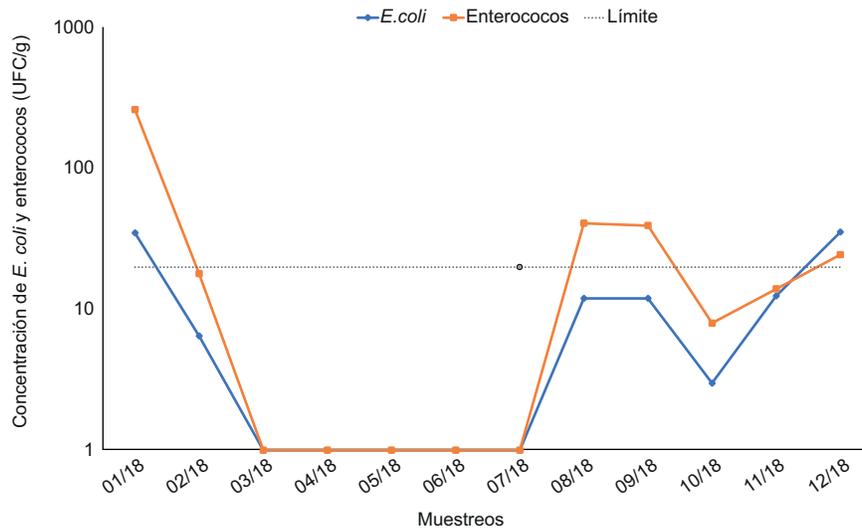


Fig. 5. Concentración y distribución de enterococos y *Escherichia coli* durante el muestreo 2018 medidos en unidades formadoras de colonia (UFC)/gramos, en arena húmeda con relación al límite máximo establecido por Brandao et al. (2007).

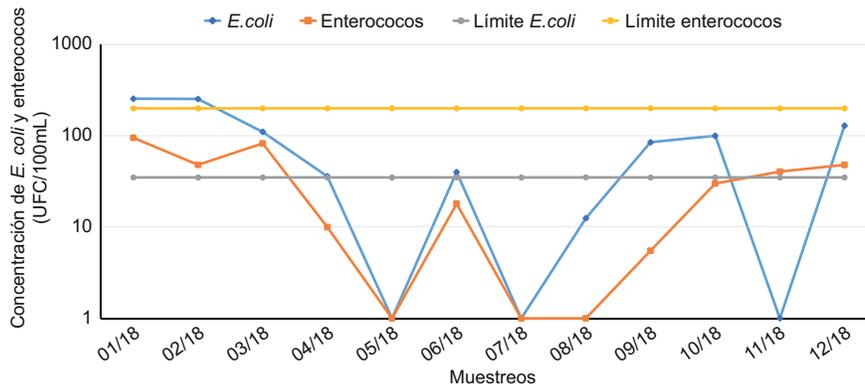


Fig. 6. Concentración y distribución de enterococos y *Escherichia coli* medidos en unidades formadoras de colonia (UFC)/100 mL, en agua de mar durante 2018, según los límites máximos establecidos por la Guía para Calidad de Aguas Recreativas (Health Canadá 2012).

Con respecto al origen de la contaminación fecal según la relación EC/ENT, del total de muestras, el 32 % presentaron contaminación de origen fecal mixta principalmente en la temporada de mayor concurrencia de visitantes, mientras que durante los meses de mayo a noviembre (temporada invernal), se identificó un aumento de la contaminación proveniente de la presencia de animales tanto silvestre como domésticos.

Al analizar la presencia de contaminación de origen antrópico, la misma se pudo observar en ambas temporadas, aunque con un leve incremento en temporada estival, causada probablemente por el mayor

número de usuarios sumado a posibles descargas clandestinas (Fig. 7).

En cuanto a las variables ambientales seleccionadas (precipitaciones, temperatura máxima y mínima), no se identificó una posible incidencia de las mismas sobre la persistencia de las colonias estudiadas durante todo el periodo monitoreado. Posiblemente, según lo mencionado por Halliday y Gast (2011), otros factores ambientales tales como salinidad, pH, radiación solar, materia orgánica presentan un mayor predominio sobre la resistencia de las bacterias a las características propias del litoral marino de esta región (Fig. 8; Fig. 9).

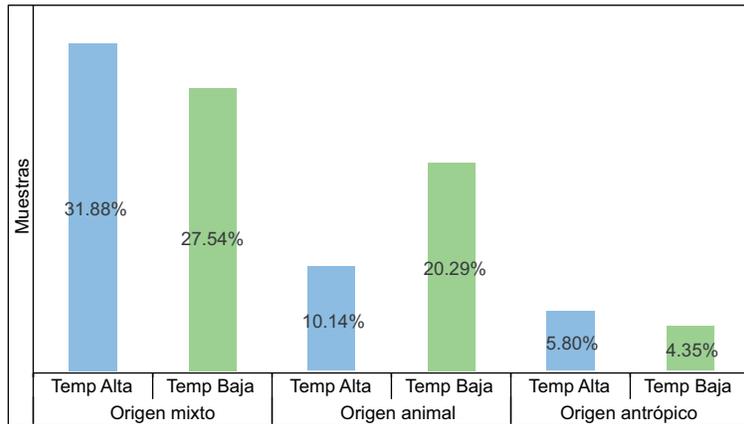


Fig. 7. Porcentaje de muestras contaminadas según su origen y de acuerdo con la temporada evaluada.

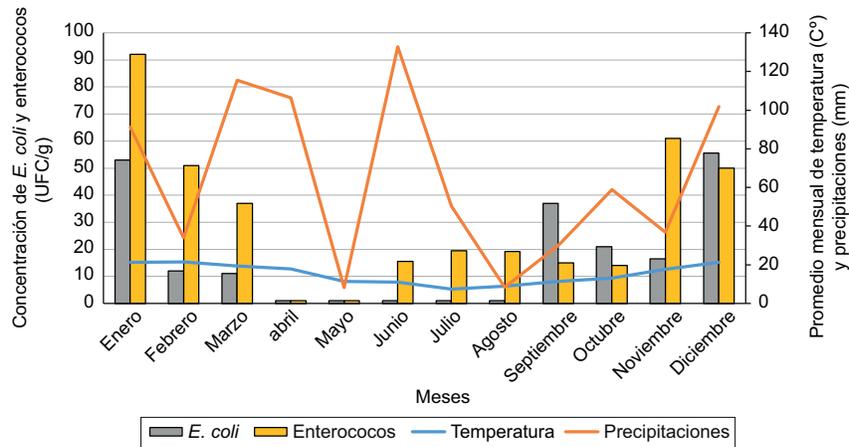


Fig. 8. Concentración y distribución de enterococos y *Escherichia coli* en sedimentos en relación con las variables ambientales estudiadas durante el 2018.

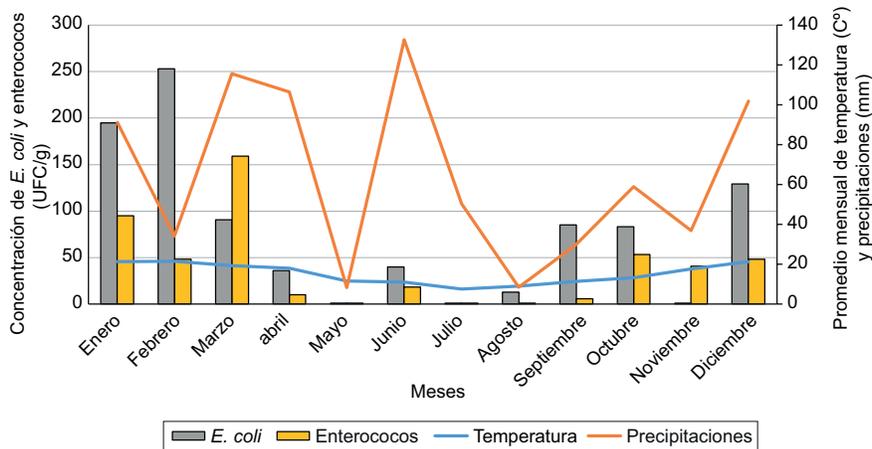


Fig. 9. Concentración y distribución de enterococos y *Escherichia coli* en agua de mar de acuerdo con los factores ambientales estudiados durante el 2018.

## DISCUSIÓN

La presencia de colonias de ambos indicadores en los sedimentos y en el agua recreacional de Playa Popular a lo largo de todo el año, señalaría la existencia de otras fuentes de provisión de contaminación, como la presencia de animales domésticos y salvajes. Asimismo, conexiones clandestinas de instalaciones sanitarias cercanas no identificadas contribuirían con una carga bacteriana significativa y de modo constante a las aguas recreacionales, permitiendo de esta manera, la sobrevida aún en los meses donde la concurrencia de visitantes se reduce significativamente y las variables ambientales no serían las óptimas.

Sin embargo, la mayor prevalencia del número de colonias durante la temporada alta coincide con diversas investigaciones que señalan a los usuarios como su principal fuente de provisión, tanto en los sedimentos como en el agua de mar (Ishii et al. 2007, Zehms et al. 2008) al depositar sus residuos sólidos principalmente de naturaleza orgánica en la franja emergida, convirtiéndola en un potencial riesgo para la salud de aquellos usuarios que la hubiesen frecuentado (Márquez y Vega 2011, Lucero et al. 2016).

Con relación a los indicadores estudiados, el incremento de colonias de EC en el agua de mar, principalmente en época estival, indica una susceptibilidad mayor de este microorganismo a distintos factores ambientales con respecto a la resistencia de ENT y una clara dependencia a otras fuentes de provisión continua de contaminación como posibles descargas pluviales (Noble et al. 2003, Muruleedhara et al. 2006, Halliday y Gast 2011). Según la relación de *E. coli*/ENT, se pudo identificar contaminación fecal de origen mixto (animal y antrópico), tanto en los sedimentos como en el agua de mar, observando un leve incremento durante los meses de mayor concurrencia de visitantes (temporada estival).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este trabajo se considera necesario realizar futuras investigaciones que se enfoquen en identificar los factores ambientales que posibilitan la sobrevida de las bacterias fecales y sus principales fuentes de provisión, cuyo fin sea implementar programas de monitoreo destinados a que el binomio arena agua sea apto para su uso recreativo a lo largo del año. Por otro lado, pese a que Argentina cuenta con una gran extensión de litoral marítimo costero, no existen leyes ni estándares que regulen en forma completa y segura la calidad de

aquellos cuerpos de agua destinados a actividades recreativas. Menos aún, un marco normativo a nivel nacional que permita evaluar el estado sanitario de la franja emergida del litoral marino, siendo necesario recurrir a valores guía de referencia basados en normativas internacionales.

## REFERENCIAS

- ABAE (2007). Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares. Associação Bandeira Azul da Europa. Informe final. Lisboa, Portugal, 35 pp.
- ADA (2006). Resolución 42/2006. Valores de referencia de calidad de aguas dulces y marinas para la protección de la biota acuática para el agua de uso recreativo en la zona de uso exclusivo del Río de la Plata y su frente marítimo. Autoridad del Agua. Boletín Oficial: 25353. Argentina. 10 de febrero de 2006.
- AWWA (2005). Standard methods for examination of water and wastewater. 21 ed. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, D.C., EUA, 1516 pp.
- Bouvet Y., Desse R. P., Morell P. y Villar M. D. C. (2005). Mar del Plata (Argentina): la ciudad balnearia de los porteños en el Atlántico suroccidental. Investigaciones Geográficas 36, 61-80.
- Coyne M. S. y Howell J. M. (1994). The fecal coliform/fecal streptococci ratio (FC/FS) and water quality in the bluegrass region of Kentucky. Soil Science News and Views. Base de datos de la Universidad de Kentucky [en línea]. [https://uknowledge.uky.edu/pss\\_views/3425/08/2023](https://uknowledge.uky.edu/pss_views/3425/08/2023)
- Elmir S.M., Wright M.E., Abdelzaher A., Solo-Gabriele H., Fleming L.E., Miller G., Rybolowik M., Shih M.T., Pillai P., Copoer J.E. y Quaye E.A. (2007). Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in marine water. Water Research 41, 3-10.
- Halliday E. y Gast R.J. (2011). Bacterias en la arena de las playas: un desafío emergente en la protección de la calidad del agua costera y la salud de los bañistas. Ciencia y Tecnología Ambientales 45 (2), 370-379. <https://doi.org/10.1021/es102747s>
- Hartz A.M., Cuvelier K., Novosielski T.D., Bonilla M., Green N. y Esiobu D.S. (2007). Survival potential of *Escherichia coli* and enterococci in subtropical beach sand: implications for water quality managers. Journal of Environmental Quality 37, 898-905.
- HC (2012). Catálogo No H129-15/2012E. Guidelines for Canadian recreational water quality. 3a. ed. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada. Ottawa, Canadá, 161 pp.

- Heaney C.D., Sams E., Wing S., Marshall S., Brenner K., Dufour A. P. y Wade Timothy J. (2009). Contact with beach sand among beachgoers and risk of illness. *American Journal of Epidemiology* 170 (2), 164-172. <https://doi.org/10.1093/aje/kwp152>
- Ishii S., Hansen D.L., Hicks R.E. y Sadowsky M. J. (2007). Beach sand and sediments are temporal sinks and sources of *Escherichia coli* in Lake Superior. *Environmental Science and Technology* 41 (7), 2203-2209. <https://doi.org/10.1021/es0623156>
- Lucero N.M., Silva P., Domínguez A., Schelling M., Viterales M., Ferramosca L. y González C. (2016). Incidencia del perfil de usuarios en la generación de residuos en una playa de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina) para uso recreativo. *Revista Gestión Ambiental* 31, 9-20.
- Marchand-Pajares E. O. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú, 71 pp.
- Márquez-Gullosa E. y Vega J.R.R. (2011). Classification and environmental impact of solid waste generated in the beaches of Riohacha. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia* (60), 118-128.
- Messaoui N., Matallah-Boutiba A. y Boutiba Z. (2017). The prevalence and distribution of indicators of fecal contamination in the sand from beaches of Oran coast. In AIP Conference Proceedings. París, Francia. 16-18 de noviembre, 2016. <https://doi.org/10.1063/1.4976276>
- Muruleedhara N.B., Whitman L.R., Shively D.A., Sadowsky M.J. y Ishii S. (2006). Population structure, persistence, and seasonality of autochthonous *Escherichia coli* in temperate, coastal forest soil from a Great Lakes watershed. *Environmental Microbiology* 8, 504-513. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00916.x>
- Noble R.T., Moore D.F., Leecaster M.K., McGee C.D. y Weisberg S.B. (2003). Comparison of total coliform, fecal coliform, and *Enterococcus* bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing. *Water Research*. 37, 1637-1643. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00496-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00496-7)
- Olańczuk-Neyman K. y Jankowska K. (2001). Bacteriological quality of the sand beach in Sopot (Gdansk Bay, Southern Baltic). *Polish Journal of Environmental Studies* 10 (6), 451-455.
- Prario M.I. (2020). Diagnóstico preliminar de los contaminantes microbiológicos y residuos sólidos en la playa "Popular" de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Tesis de Maestría. Facultad Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Europea del Atlántico. Santander, España, 115 pp.
- Prario M.I., Saicha A.V., Pérsico M.M., Patat M.L., Espinosa M. y Lucero N.M. (2019). Monitoreo de indicadores de contaminación fecal en una playa recreacional (Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina). Memorias. XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar-COLACMAR 2019 Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar-ALICMAR. Mar del Plata, Argentina. 4-8 de noviembre, 206 pp.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Roig A., Cayuela M. L. y Sánchez-Monedero M. A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorization methods. *Waste Management* 26 (9), 960-969. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.024>
- Skórczewski P., Zbigniew M., Gackowsha J. y Perlin-sky P. (2012). Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea. *Biología Marina y Oceanografía* 47, 503-512.
- USDA (1996). Soil survey laboratory methods manual: version 3. National Soil Survey Center. United States Department of Agriculture Washington, D.C., EUA, 700 pp.
- Van Donsel D. J., Geldreich E. E. y Clarke N. A. (1967). Seasonal variations in survival of indicator bacteria in soil and their contribution to storm-water pollution. *Applied Microbiology* 15 (6), 1362-1370.
- WHO (2003). Guidelines for safe recreational water environments. World Health Organization. Ginebra, Suiza, 138 pp.
- Zehms T.T., Dermott C.M. y Kleinheinz G.T. (2008). Microbial concentrations in sand and their effect on beach water in Door County, Wisconsin. *Journal of Great Lakes Research* 34, 524-534.