

Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas

Analysis of microbiological quality of two tropical beaches: relationship of fecal contamination indicators between seawater and sands

Andrei Badilla-Aguilar¹, Darner A. Mora-Alvarado²

Badilla-Aguilar, A; Mora-Alvarado, D. Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas. *Tecnología en Marcha*. Diciembre 2019. Vol 32 Especial. Laboratorio Nacional de Aguas. Pág 37-45.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v32i10.4879>



- 1 Laboratorio Nacional de Aguas, Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica. Correo electrónico: abadilla@aya.go.cr.
- 2 Director del Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica. Correo electrónico: dmora@aya.go.cr.

Palabras clave

Coliformes fecales; *Escherichia coli*; *Enterococcus* spp.; correlación; reservorio; contaminación fecal.

Resumen

Las poblaciones microbianas en las arenas de playas, pueden estar asociadas a riesgos para la salud de los bañistas. El objetivo de este trabajo fue describir los niveles de indicadores de contaminación fecal entre las arenas y el agua de mar de dos playas del pacífico de Costa Rica y determinar la relación entre dichas matrices. Se utilizó la técnica de Fermentación en Tubos Múltiples (NMP) para la detección de coliformes fecales, *E. coli* y *Enterococcus* spp. Se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman entre el agua de mar y las arenas de cada playa. Los resultados mostraron niveles más altos de *Enterococcus* spp. en la arena seca, con respecto al agua de mar y la arena húmeda. Se evidenciaron correlaciones positivas de microorganismos indicadores entre las arenas y el agua de mar en Playa Jacó. El análisis de los resultados sugiere que la contaminación de las aguas de mar se ve altamente influenciada por las poblaciones microbianas establecidas en las arenas. Sin embargo, son necesarios más estudios para conocer el comportamiento de las poblaciones microbianas en arenas de playas y su relación con la contaminación del agua de mar.

Keywords

Fecal coliforms; *Escherichia coli*; *Enterococcus* spp.; correlation, reservoir; fecal contamination.

Abstract

Microbial populations in beach sands, may be associated with health risks on beachgoers. The aim of this study was to determine the levels of fecal contamination between sand and water of two beaches of the pacific coast of Costa Rica, in addition to determining the relationship between these two matrices. Fecal coliforms, *E. coli* and *Enterococcus* spp. were analyzed by the technique of Multiple Tubes Fermentation (MPN). Higher levels of *Enterococcus* spp. were found in the dry sands than in wet sand and sea waters. Results showed positive correlations of indicator organisms between sand and seawater in Jaco beach. Analysis of the results suggests that contamination of the seawater is highly influenced by the microbial populations in the sands. However, more data and studies are needed to understand the behavior of microbial populations in beach sands and its relation to the pollution of seawater.

Introducción

Los mares poseen una dinámica que condiciona y dirige los desechos de los cuerpos de agua hacia las costas, lo que hace a las playas lugares muy vulnerables a ser degradados e inutilizados como espacio vital de recreación [1]. La contaminación llega a las playas a través de fuentes de contaminación puntuales (desembocaduras, por ejemplo) o fuentes de contaminación no puntuales (escorrentía, por ejemplo) o difusas [2].

Por lo tanto, las aguas de mar son muy susceptibles a la contaminación biológica de tipo fecal, la cual puede incrementar el riesgo a la salud asociado a actividades de contacto primario, como el baño recreativo o la natación [3]. Se estima que más de 120 millones de casos de afecciones gastrointestinales y más de 50 millones de personas con enfermedades respiratorias son causadas por nadar o bañarse en aguas costeras contaminadas con aguas residuales contaminadas [4].

Existe basta evidencia científica que indica que las arenas de las playas cumplen un papel de reservorio natural de bacterias de origen fecal y bacterias patógenas [5, 6]. Se sugiere que la exposición directa a las arenas, en actividades como cavar o enterrarse en la arena, puede ser un factor de riesgo en el contagio de enfermedades infecciosas, particularmente en niños y personas inmunosuprimidas [7, 8].

Los coliformes fecales, que incluyen a *Escherichia coli*, y el género *Enterococcus spp.*, son grupos de bacterias indicadoras de contaminación fecal, las cuales se utilizan en gran medida para estimar el riesgo a la salud derivado de entrar en contacto con aguas [2]. Han sido utilizadas tradicionalmente por sus similitudes metabólicas con respecto a bacterias patógenas para los humanos, tanto en aguas para consumo humano como en aguas recreativas [9].

La comunidad de Jacó, en el cantón de Garabito, se caracteriza por un desordenado y alto desarrollo turístico y urbanístico, el cual ha repercutido en alcanzar altos niveles de indicadores de contaminación fecal en sus playas. El problema se ha acrecentado debido a la descarga desregulada de aguas negras en los cuerpos de agua cercanos a la playa [10]. El objetivo de este trabajo fue describir los niveles de contaminación en una playa con fuentes puntuales de contaminación (Playa Jacó) y una playa sin fuentes puntuales de contaminación (Playa Blanca). Además, además se evaluó la relación entre la contaminación con coliformes fecales del agua de mar y las arenas en dichas playas.

Materiales y métodos

Descripción de los sitios de estudio

Se eligieron dos playas del pacífico costarricense ubicadas a 70 km de San José (Costa Rica): Playa Jacó y Playa Blanca (Punta Leona). Playa Jacó se ubica en una comunidad que posee una alta densidad de negocios relacionados al turismo, y que cuenta con un ineficiente tratamiento de las aguas residuales debido a la falta de un alcantarillado sanitario. Además, recibe las aguas de 3 ríos que desembocan en el mar. Por el contrario, Playa Blanca (Punta Leona) no posee la influencia de ninguna desembocadura de manera constante, además se encuentra en un complejo turístico privado con una densidad poblacional significativamente menor en comparación con Jacó.

Muestreo

Se establecieron cuatro puntos de muestreo de agua de mar distribuidos a lo largo de Playa Jacó: JAC1 (9°35'53.3"N y 84°37'16.9"W), JAC2 (9°36'18.0"N y 84°37'28.5"W), JAC3 (9°36'37.25"N y 84°37'37.58"W) y JAC4 (9°37'6.73"N y 84°38'11.86"W). En Playa Blanca, se establecieron tres puntos de muestreo a lo largo de Playa Blanca (Punta Leona): PB1 (9°42'06.0"N y 84°40'05.9"W), PB2 (9°42'10.3"N y 84°40'04.5"W) y PB3 (9°42'17.1"N y 84°40'04.9"W). Los muestreos se realizaron con frecuencia bisemanal, durante 15 semanas comprendidas entre febrero y junio del 2016.

Las muestras de agua de mar se recolectaron siguiendo la metodología descrita en la edición 23 del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [11]. Seguidamente, se colocaron en hielo y se trasladaron al laboratorio en condiciones de oscuridad a una temperatura entre 1 y 4 °C para su posterior análisis. Las muestras se procesaron en un tiempo menor a 8 h.

Se siguió el procedimiento reportado por Pinto y colaboradores [12] para la recolección de muestras de arenas de playa con una modificación en la cantidad de arena muestreada, la cual fue de 100 g. La arena seca se recolectó en áreas no inundadas, cerca de la línea de marea alta, aproximadamente 25 m tierra adentro. Las muestras de arena húmeda se recolectaron en una zona intermedia entre la arena seca y el agua de mar. Las muestras se colocaron en hielo

y se trasladaron en condiciones de oscuridad, a una temperatura entre 1-4 °C y se procesaron en un tiempo menor a 8 h.

Análisis microbiológicos

Para el caso del agua de mar, el análisis de coliformes fecales, *E. coli* y enterococos fecales se realizó por medio de la técnica de Número Más Probable (NMP) con series de 5 tubos y siguiendo las instrucciones descritas en la edición 23 del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [11].

El análisis de arenas se llevó a cabo de la siguiente manera: 10 g de arena se agitaron en 90 mL de agua destilada estéril por 2 min. Seguidamente, se procedió a sedimentar la mezcla por 1 min. El NMP de coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos fecales se calculó utilizando el sobrenadante de la mezcla, por medio de la técnica de Número Más Probable (NMP) con series de 5 tubos y siguiendo las instrucciones descritas en la edición 23 del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [11].

Análisis estadístico

Las concentraciones de microorganismos (NMP) obtenidas en las determinaciones realizadas con las arenas fueron estandarizadas a 100 g para hacer posible una evaluación de la relación entre las muestras de arena y las muestras de agua de mar. Para lo anterior, se asumió una densidad específica para el agua de 1 g/mL. Las concentraciones de microorganismos se transformaron a una escala de log₁₀.

Se analizó la normalidad los datos obtenidos en las determinaciones de coliformes fecales, *E. coli* y enterococos fecales en el agua de mar, arena húmeda y arena seca de Playa Blanca (n=90) y Playa Jacó (n=120), por medio de la prueba estadística de Anderson-Darling. Se determinaron los coeficientes de correlación de Spearman de las concentraciones de coliformes fecales, *E. coli* y enterococos fecales entre el agua de mar, la arena húmeda y la arena seca. Todas las pruebas se realizaron utilizando un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$). Los análisis se realizaron mediante el software estadístico R [13].

Resultados y discusión

La investigación se llevó a cabo entre febrero y junio del 2016, se realizaron 30 muestreos en el agua de mar, la arena húmeda y la arena seca de Playa Blanca y Playa Jacó, con el fin de analizar las concentraciones de coliformes fecales, *E. coli* y enterococos fecales.

De manera general, en la figura 1 se puede observar que los niveles de contaminación por coliformes fecales en la arena seca de Playa Blanca, fueron mayores a los encontrados en la arena húmeda y el agua de mar aledaña. En la arena seca, se alcanzaron valores máximos de hasta 11010,0 NMP por cada 100 g analizados. Resultados similares se obtuvieron con las concentraciones de *E. coli* para esta playa (ver figura 2). Por otra parte, en Playa Jacó se observó que las concentraciones de coliformes fecales fueron ligeramente más altas en la arena húmeda que en las otras matrices analizadas (ver figura 1). Los valores de *E. coli* se mantuvieron en niveles muy bajos en ambas playas. Sin embargo, en Playa Blanca se observó una concentración mayor en la arena seca (figura 2). En dicha matriz, se detectaron valores de *E. coli* de hasta 11010,0 NMP/100 g.

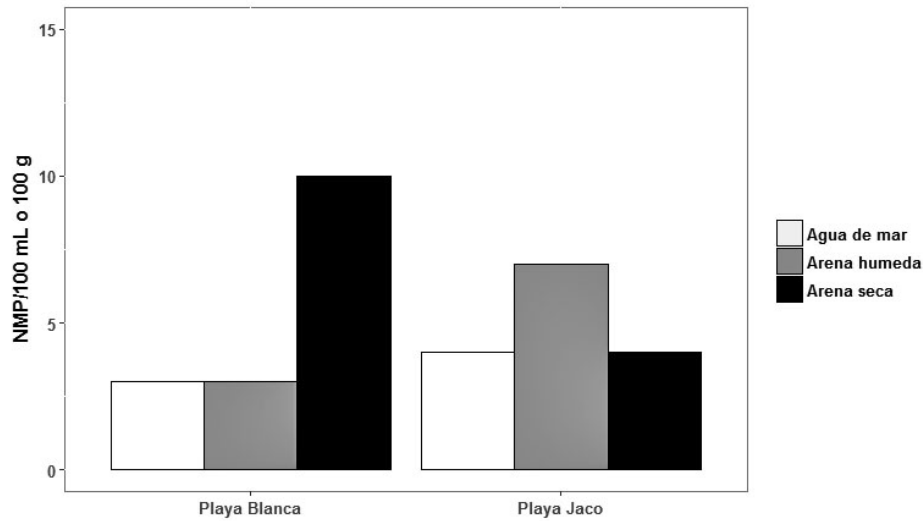


Figura 1. Promedios geométricos de los niveles de coliformes fecales en el agua de mar, la arena húmeda y la arena seca en dos playas del pacífico costarricense

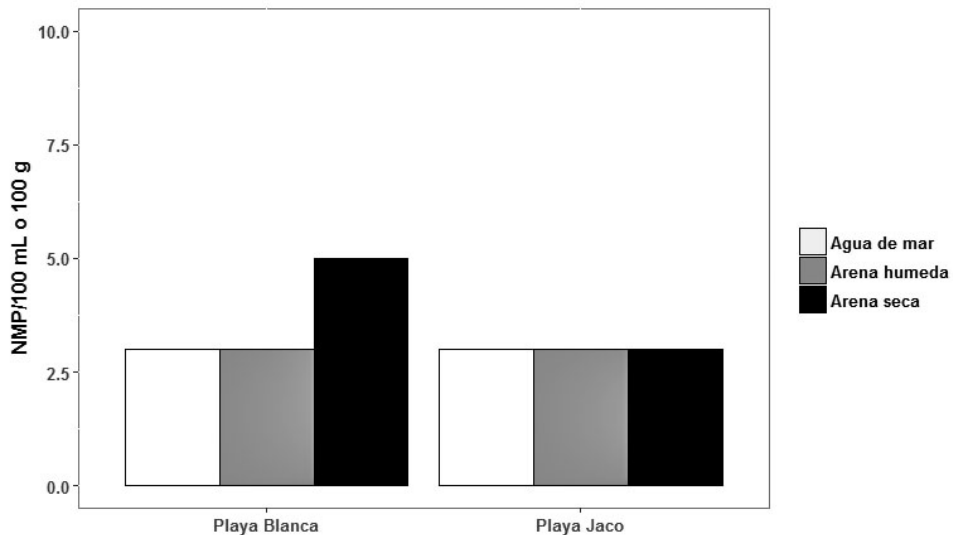


Figura 2. Promedios geométricos de los niveles de *E. coli* en el agua de mar, la arena húmeda y la arena seca en dos playas del pacífico costarricense.

Los resultados anteriores concuerdan con lo expuesto por Skórczewski y colaboradores [14], quienes encontraron concentraciones más altas de coliformes fecales en las arenas secas, en comparación con el agua de mar y las arenas húmedas, con valores máximos de hasta 2883 UFC/100 m³. Phillips y colaboradores [15] indican que las zonas húmedas de las playas están expuestas a la fuerza de las mareas, las cuales pueden remover los reservorios de las arenas donde se albergan los microorganismos. Además, en los ambientes más húmedos, aumentan las probabilidades de sobrevivencia de organismos como los protozoarios, los cuales tienen la capacidad de depredar bacterias, y por consiguiente disminuir las concentraciones en las arenas húmedas [16].

Sin embargo, en Playa Jacó no se observó que las concentraciones de coliformes fecales y *E. coli* fueran mayores en la arena seca, las concentraciones más altas se obtuvieron en las arenas húmedas. Whitman y colaboradores [6] explican que las arenas húmedas son propensas a variaciones en sus niveles de humedad por factores como la localización de la playa, el tamaño de partícula y la profundidad de la capa freática. Por lo que se deduce que estos factores pudieron influir en el momento del muestreo y por ende en las concentraciones determinadas.

Cabe destacar que se obtuvieron resultados de contaminación más elevados en el agua de mar de Playa Jacó que en el agua de mar de Playa Blanca. Lo anterior se puede ver explicado por el hecho de que Playa Jacó posee la influencia continua de fuentes puntuales de contaminación, las principales son los ríos: Copey, Naranjal y Madrigal.

Por otro lado, las concentraciones de enterococos fecales determinadas en ambas playas se resumen en la siguiente figura:

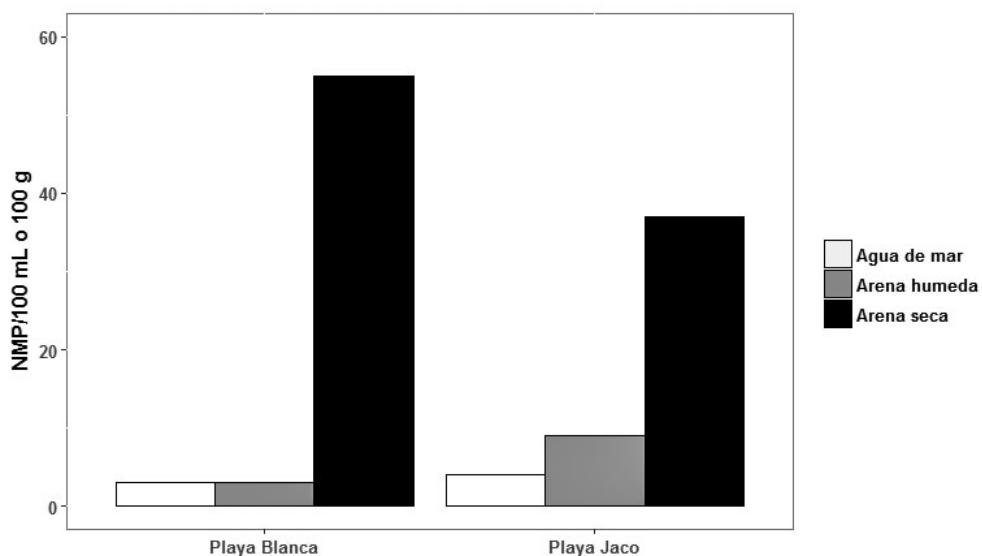


Figura 3. Promedios geométricos de los niveles de enterococos fecales en el agua de mar, la arena húmeda y la arena seca en dos playas del pacífico costarricense.

En ambas playas, se determinaron concentraciones más elevadas de enterococos fecales en las arenas secas, en comparación con las demás matrices (ver figura 3). Se obtuvieron valores de hasta 11010,0 NMP/100 g tanto en Playa Blanca como en Playa Jacó. Diversos autores [17, 5, 18] han reportado resultados concordantes con lo encontrado en esta investigación, donde las concentraciones más altas de bacterias del género *Enterococcus spp.* se encontraron en la arena seca de las playas. Ha sido ampliamente reportado que los *Enterococcus spp.* son más tolerantes al estrés ambiental que los coliformes fecales y que *E. coli*, ya que se caracterizan por ser más resistentes a factores como: temperatura, radiación solar, pH y salinidad [19, 18, 16].

Análisis de correlación

Se llevaron a cabo análisis de coeficiente de Spearman con el fin de determinar una posible relación entre los niveles de contaminación por indicadores fecales presentes en el agua de mar y en las arenas de las playas. Los resultados de dichos análisis se muestran en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 2. Resumen de los análisis de correlaciones entre los niveles de contaminación del agua de mar y las arenas de Playa Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

Indicador fecal	Correlación	Rho	Valor p
Coliformes fecales	Agua de mar con arena húmeda	0,250	0,017*
	Agua de mar con arena seca	0,486	0,000*
<i>Escherichia coli</i>	Agua de mar con arena húmeda	0,123	0,249
	Agua de mar con arena seca	0,351	0,001*
Enterococos fecales	Agua de mar con arena húmeda	0,108	0,309
	Agua de mar con arena seca	0,410	0,000*

Microorganismo	Correlación	Rho	Valor p
Coliformes fecales	Agua de mar con arena húmeda	0,409	0,000*
	Agua de mar con arena seca	0,341	0,000*
<i>Escherichia coli</i>	Agua de mar con arena húmeda	0,442	0,000*
	Agua de mar con arena seca	0,246	0,007*
Enterococos fecales	Agua de mar con arena húmeda	0,344	0,000*
	Agua de mar con arena seca	0,300	0,001*

En el caso de Playa Blanca (ver cuadro 1), se determinaron correlaciones positivas y significativas entre las concentraciones de coliformes fecales encontradas en el agua de mar y la arena húmeda de Playa Blanca. Además, se encontraron correlaciones positivas y significativas, entre el agua de mar y la arena seca, con todos los microorganismos analizados. Por otro lado, en Playa Jacó (ver cuadro 2) se observaron correlaciones positivas y significativas entre el agua de mar y la arena húmeda y seca, con los grupos de microorganismos que se evaluaron.

Resultados similares fueron obtenidos por Phillips y colaboradores [15] en playas del sur de la Florida (USA), donde encontraron correlaciones positivas en los niveles de *Enterococcus spp.* entre el agua de mar y las arenas aledañas. Esta relación puede ser explicada por el hecho de que la contaminación de tipo fecal proviene de reservorios de microorganismos que establecen poblaciones en las arenas, las cuales son arrastradas al mar por los fenómenos de mareas. Whitman y colaboradores [6] señalan que, en la mayoría de los casos, la fuente principal de los microorganismos en aguas de mar son los reservorios que se encuentran en las arenas. Por lo tanto, el presente estudio representa uno de los primeros reportes que indican una posible relación directa entre la contaminación del agua de mar y las arenas aledañas en playas tropicales.

El hecho de que no se hayan obtenido correlaciones fuertes en las concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal entre la arena seca y el agua de mar de Playa Jacó, se puede explicar desde un punto de vista geográfico. Ya que los puntos de

muestreo de la arena seca en pocas ocasiones se traslapaban con la línea máxima de marea, por lo que las arenas secas, la mayoría de las ocasiones no tenían indicios de haber estado bajo el agua en algún momento. Este hecho es importante ya que por medio de los resultados de la prueba de correlación (ver cuadro 2), se evidenció presuntivamente que el arrastre de microorganismos hacia el mar, y viceversa, se daba en mayor grado en la arena húmeda. Sin embargo, son necesarios más estudios para poder comprobar dicha teoría.

Un fenómeno contrario se observó en Playa Blanca, ya que la zona entre la línea máxima de marea baja y el final de la playa poseía una distancia muy corta. Por lo que en mareas altas (especialmente nocturnas), la línea máxima de marea llegaba hasta el final de la trasplaya, cubriendo así en su totalidad la arena seca, lo que presuntivamente conllevó a un arrastre de microorganismos hacia el agua.

Todos los resultados encontrados en este estudio concuerdan con la evidencia científica que indica que las arenas de playas pueden ser un reservorio importante para bacterias de origen fecal, e incluso para bacterias y hongos patógenos para el ser humano [5, 6, 18, 19, 20]. Sin embargo, no se puede asegurar con certeza que las bacterias encontradas en las arenas provengan de heces o material fecal directamente, debido a que se ha encontrado que estas son capaces de sobrevivir en el medio ambiente y establecer poblaciones viables [21].

Conclusiones y recomendaciones

Se determinó que las arenas de playas tropicales sin fuentes puntuales de contaminación pueden albergar altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Se recomienda evaluar diferentes metodologías para la estandarización de una técnica de extracción de microorganismos en las arenas de playa.

También es recomendable documentar la mayor cantidad de datos sobre factores ambientales en las playas a estudiar; temperatura del viento, humedad ambiental, temperatura del agua de mar, humedad de las arenas, temperatura de las arenas, fenómenos de mareas, precipitaciones, entre otros.

Es de gran interés para la salud pública, realizar pruebas de detección de patógenos humanos y pruebas con microorganismos indicadores complementarios en las arenas y las aguas de mar, tales como: colifagos, *Bacteroides*, bacterias patógenas y virus entéricos.

Referencias

- [1] R. Sabino, R. Rodrigues, I. Costa, C. Carneiro, M. Cunha, A. Duarte, N. Faria, F. C. Ferreira, M. J. Gargaté, C. Julio, M. L. Martins, M. B. Nevers, M. Oleastro, H. Solo-Gabriele, C. Verissimo, C. Viegas, R. L. Whitman y J. Brandão, «Routine screening of harmful microorganisms in beach sands: Implications to public health,» *Science of the Total Environment*, n° 472, pp. 1062-1069, 2014.
- [2] J. M. Fleisher, L. E. Fleming, H. M. Solo-Gabriele, J. K. Kish, C. D. Sinigalliano, L. Plano, S. M. Elmir, J. D. Wang, K. Withum, T. Shibata, M. L. Gidley, A. Abdelzاهر, G. He, C. Ortega, X. Zhu, M. Wright, J. Hollenbeck y L. C. Backer, «The BEACHES Study: health effects and exposures from non-point source microbial contaminants in subtropical recreational marine waters,» *Internal Journal of Epidemiology*, vol. 39, n° 5, pp. 1291-1298, 2010.
- [3] A. B. Boehm, N. J. Ashbolt, J. M. Colford, L. E. Dunbar, L. E. Fleming, M. A. Gold, J. A. Hansel, P. R. Hunter, A. M. Ichida, C. J. McGee, J. A. Soller y S. B. Weisberg, «A sea change ahead for recreational water quality criteria,» *Journal of Water and Health*, vol. 7, n° 1, pp. 9-20, 2009.
- [4] H. Shuval, «Estimating the global burden of thalassogenic diseases: human infectious diseases caused by wastewater pollution of the marine environment,» *Journal of Water and Health*, vol. 1, n° 2, pp. 53-64, 2003.

- [5] A. H. Shah, A. M. Abdelzaher, M. Phillips, R. Hernandez, H. M. Solo-Gabriele, J. Kish y J. Lukasik, «Indicator microbes correlate with pathogenic bacteria, yeasts and helminthes in sand at a subtropical recreational beach site.,» *Journal of applied microbiology*, vol. 110, n° 6, pp. 1571-1583, 2011.
- [6] R. L. Whitman, V. J. Harwood, T. A. Edge, M. B. Nevers, M. Byappanahalli, K. Vijayavel y H. M. Solo-Gabriele, «Microbes in beach sands: integrating environment, ecology and public health,» *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 13, n° 3, pp. 329-368, 2014.
- [7] C. D. Heaney, E. Sams, S. Wing, S. Marshall, K. Brenner, A. P. Dufous y T. J. Wade, «Contact with beach and sand among beachgoers and risk of illness,» *American journal of epidemiology*, vol. 179, n° 2, pp. 164-172, 2009.
- [8] H. M. Solo-Gabriele, V. J. Harwood, D. Kay, R. S. Fujioka, M. J. Sadowsky, R. L. Whitman y T. A. Edge, «Beach sand and the potential for infectious disease transmission: observations and recommendations,» *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 96, n° 1, pp. 101-120, 2015.
- [9] C. D. Heany, E. Sams, A. Dufour, K. P. Brenner, R. A. Haugland, E. Chern, S. Wing, S. Marshall, D. C. Love, M. Serre, R. Noble y T. J. Wade, «Fecal indicators in sand, sand contact, and risk of enteric illness among beachgoers,» *Epidemiology*, vol. 23, n° 1, pp. 95-106, 2012.
- [10] D. A. Mora, «Calidad sanitaria de las aguas de Playa Jacó: Costa Rica 1986-2008,» *Revista costarricense de salud pública*, vol. 18, n° 1, pp. 5-9, 2009.
- [11] APHA-AWWA-WEF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23 ed., Washington DC, USA: American Public Health Association, 2017.
- [12] K. C. Pinto, E. M. Hachich, M. I. Sato, M. Di Bari, M. C. Coleho, M. H. Matte, C. C. Lamparelli y M. T. Razzolini, «Microbiological quality assessment of sand and water from three selected beaches of South Coast, Sao Paulo State, Brazil,» *Water Sceince & Technology*, vol. 66, n° 11, pp. 2475-2482, 2012.
- [13] R Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- [14] P. Skórczewski, Z. Mudryk, J. Gackowska y P. Perlinski, «Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea,» *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, vol. 47, n° 3, pp. 503-512, 2012.
- [15] M. C. Phillips, H. M. Solo-Gabriele, A. M. Piggot, J. S. Klaus y Y. Zhang, «Relationships between sand and water quality at recreational beaches,» *Water research*, vol. 45, n° 20, pp. 6763-6769, 2011.
- [16] M. N. Byappanahalli, M. B. Nevers, A. Korajkic, Z. R. Staley y V. J. Harwood, «Enterococci in the environment,» *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 76, n° 4, pp. 685-706, 2012.
- [17] R. C. Ghinsberg, D. L. Bar, M. Rogol, Y. Sheinberg y Y. Nitzan, «Monitoring of selecteria bacteria and fungi in sand and sea water along the Tel Aviv coast,» *Microbios*, vol. 77, n° 310, pp. 29-40, 1993.
- [18] E. Pereira, C. Figueira, N. Aguiar, R. Vasconcelos, S. Vasconcelos, G. Calado, J. Brandão y S. Prada, «Microbiological and mycological beach sand quality in a volcanic environment: Madeira achipelago, Portugal,» *Science of the Total Environment*, n° 461, pp. 469-479, 2013.
- [19] E. Halliday y R. J. Gast, «Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health,» *Environmental science & technology*, vol. 45, n° 2, pp. 370-379, 2010.
- [20] R. T. Noble, I. M. Lee y K. C. Shiff, «Inactivation of indicator micro-organisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater.,» *Journal of applied microbiology*, vol. 96, n° 3, pp. 464-472, 2004.
- [21] K. L. Anderson, J. E. Whitlock y V. J. Harwood, «Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments.,» *Applied and environmental microbiology*, vol. 71, n° 6, pp. 3041-3048, 2005.