

**Indicadores fecales y su relación con los flujos de los procesos de erosión y acreción:  
caso de las playas arenosas de El Rompío y Los Guayaberos, Azuero, Panamá.**

**Fecal indicators and their relationship to erosion and accretion processes: case of the  
sandy beaches of El Rompío y Los Guayaberos in Azuero, Panama.**

*Italo Goti<sup>1</sup> y Alexis De La Cruz<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> MSc. Biología Marina; Profesor de la Escuela de Biología del Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá; [italo.goti@up.ac.pa](mailto:italo.goti@up.ac.pa)

<sup>2</sup> MSc. Microbiología ambiental; Profesor de la Escuela de Biología, Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá; [alexisdela@gmail.com](mailto:alexisdela@gmail.com)

**Resumen:** Se determinó y cuantificó la presencia de bacterias indicadoras fecales en la zona húmeda del mesolitoral de la arena de las playas El Rompío y Los Guayaberos, mediante la técnica de tubos múltiples de fermentación, a ambos lados del espigón que las separa, con muestras mensuales entre julio de 2013 y enero de 2014; a la vez, se determinaron variables granulométricas, sedimentológicas, morfodinámicas y oceanográficas asociadas con los procesos de erosión y acreción anuales en dichas playas. A pesar que la carga bacteriana es igual en ambas playas, a través de procedimientos de estadística multivariada se encontró que las variables escogidas explican la presencia de las Bacterias Indicadoras, los procesos de erosión, acreción y mixtos presentan características individuales sobre cada playa, y la carga bacteriana mostró alta dependencia con estos procesos.

**Palabras clave:** Coliformes totales, *Escherichia coli*, procesos costeros, granulometría.

**Abstract:** Fecal indicator bacteria were extracted from the sands of the wet zones of El Rompío and Los Guayaberos beaches, Panama, through the multiple-tube fermentation technique, on both sides of the groyne which separates the beaches, with monthly samples between July 2013 and January 2014. Likewise, granulometric, sedimentological, morphodynamical, and oceanographic variables were determined. associated with the annual erosion and accretion processes on the beaches. In spite of the fact that the bacterial load is equal on both beaches, it was found, through multivariable statistical procedures, that the variables chosen explain the presence of the fecal bacteria Indicators, and the processes of erosion, accretion, and a mixture of them present individual characteristics on each beach, and the bacterial load showed high dependence upon these processes.

**Key words:** Total coliforms, *Escherichia coli*, coastal processes, granulometry.

## 1. Introducción

La arena es un buen reservorio de bacterias que componen el denominado grupo: Bacterias Indicadoras Fecales (Sato *et al.*, 2005), compuesto entre otros por: Coliformes Fecales y específicamente *Escherichia coli* (Larrea Murrel, Rojas-Badía, Romeu-Álvarez, Rojas-Hernández y Heydrich-Pérez, 2013), los cuales, según Shibata solo-Gabriele, Fleming y Almir (2004) junto con los *Streptococcus* fecales son los principales organismos indicadores de la posible contaminación fecal en agua y arena de playas marinas con fines de recreo.

La concentración de bacterias en la arena de la playa es de 3 a 9 veces mayor que en el agua circundante (Skórczewski, Mudryk, Gaclowska y Perlinski, 2012); y, la distribución de estas en dicho ambiente es de manera agregada o en parches (Ishi, Hansen, Hicks y Sadowsky, 2007). A pesar que Dale (1974) indican que las variables granulométricas y la distribución del tamaño o diámetro de los granos de arena, influenciados por los procesos de transporte de sedimento afectan la abundancia y establecimiento de bacterias en la playa, y Bai y Lung (2005) mencionan que la arena es un reservorio natural de bacterias fecales; Abreu *et al.* (2011) encontró que no existe ninguna influencia de la granulometría de la arena y la presencia de bacterias, por lo cual el sedimento no es relevante para la contaminación bacteriana de la arena.

Algunos de los factores ambientales que inciden en la presencia de Bacterias Indicadoras Fecales en la arena de la playa son: la marea (Desmaris, Solo-Gabriele y Palmer, 2002), olas (Ishi *et al.*, 2007), salinidad (Castro, 2003), luz ultravioleta (Castro, Viera, Fonteles-Filho, Albuquerque e Hofer, 2006), desagüe de efluentes y estacionalidad (Passos, da Silva, Braga, Sando e Kalin, 2011), temperatura del sedimento (Sampson, *et al.*, 2006), tormentas (Kinzelman, Pond, Longmaid y Babgley, 2004), fases de la luna (Bohem *et al.*, 2002), presencia de aves (Whitman y Neves, 2003).

Según Giannini, Angulo, Souza, Kogut y Delai (2014), la presencia de una saliente o espigón en la playa es un indicador de la interacción de los procesos de erosión y acreción

dentro de un mismo sistema de dinámica costera. Los efectos del espigón en la playa serían: disminución de la corriente litoral, variación del ángulo de ocurrencia de las olas sobre la playa; y, el consecuente proceso de erosión de un lado del espigón y acreción en el lado contrario, aunado a la variación de las características granulométricas (Bakker, Klein, Breteler y Ross, 1970), características que fundamentaron la escogencia, para este estudio, de las variables granulométricas, sedimentológicas, morfodinámicas y oceanográficas que acompañan los procesos: erosión y acreción.

Además de los factores antes indicados como facilitadores de la presencia de bacterias en la playa, en zonas donde existe un espigón la posible replicación y persistencia de bacterias en la arena está relacionada intrínsecamente a la acción de las olas, corrientes, viento y al persistente flujo de los procesos de erosión y acreción que ocurren en la playa por la presencia de dicha estructura (Skalbeck, Kinzelman y Mayer 2010, solo-Gabriele, Wolfert, Desmarais y Palmer, 2002; Desmaris et al 2002; Kinzelman, Whitman, Jackson y Byappanahalli y Babley, 2003).

Carr (1971), Quartel, Kroon y Ruessink (2008) y Taaouati, Nachite, Benavente y Elmirini (2011), identificaron que las playas arenosas están sometidas, en el tiempo, a procesos de erosión y acreción recurrente; por otro lado, demostraron que en una misma playa hay zonas donde predominan los procesos erosivos y otras los acrecivos.

Procesos de erosión y subsecuente movimiento de sedimento mediante la corriente longitudinal lleva bacterias a otras playas que están en proceso de acreción (Gast, Glorrel, Raubenheimer y Elgar, 2011); además la pérdida neta de bacterias del sistema se debe a la dilución acuosa, dispersión o deposición de sedimento en aguas más profundas (Whitman y Nevers, 2003)

Las playas de El Rompío y Los Guayaberos presentan una dinámica erosiva/acreciva recurrente a lo largo del año, que depende, entre otras cosas, de la hidrodinámica y que afecta la granulometría del sustrato (Valdés, 2013; González, 2013); por otro lado Melgar y Carvajal (2014) indicaron que estas playas presentan valores de *E. coli* y Coliformes totales muy superiores a las normas internacionales de calidad de arenas de playa.

Bonilla et al. (2007) indicaron que el tiempo de exposición de bañistas a arena húmeda contaminada con bacterias está relacionado exponencialmente con la posibilidad de contraer enfermedades gastrointestinales, en las personas que concurren a las playas.

En la literatura científica existe escasa información sobre la posible relación de la dinámica del proceso erosión y acreción; y, la ocurrencia de bacterias indicadoras fecales, aunque Gast et al. (2011) indican la innegable relación del movimiento de bacterias fecales a través del proceso erosión y acreción. .

Debido a la importancia, para la salud humana, de la presencia de bacterias fecales en la playa; y, a los procesos continuos de erosión y acreción que sufren las playas, se comprobarán las variables ambientales, sedimentológicas, granulométricas, morfodinámicas y oceanográficas que inciden en la presencia de bacterias indicadoras fecales en la arena de la playa, y la relación de estas con los factores inherentes a los procesos de erosión y acreción permanentes.

## **2. Materiales y métodos**

Se tomaron muestras de sedimento en el mesolitoral inferior y el mesolitoral intermedio, a partir de tres transeptos perpendiculares a la playa a una distancia entre 150 a 400 m a ambos lados del espigón que separa las playas de El Rompío y Los Guayaberos, Los Santos, situadas en el Pacífico panameño (figura 1) (tabla 1), durante un período de seis meses, con muestras mensuales el día de la marea más baja de sicigia, entre julio de 2013 y enero de 2014, mediante colecta manual hasta 0,03 m de profundidad, colocadas en envases estériles, y analizadas en la Unidad de Investigación de la Escuela de Biología, CRUA Universidad de Panamá. Para esto se utilizó la metodología estándar: técnica de tubos múltiples de fermentación Standard Methods (APHA, 2005) e identificación mediante pruebas bioquímicas de catalasa, indol, rojo de metilo, además tinción de Gram. La ocurrencia de bacterias indicadoras fecales se expresó en NMP/ 10 g.

**Figura 1. Área de estudio**



**Imagen © 2018 Terrametrics, Imagen © 2018 CNES/Airbus.  
Fuente Google Earth Escala aproximada 1:10000**

**Tabla 1. Coordenadas UTM de los sitios de colecta de muestras microbiológicas**

<b>MUESTRA</b>	<b>El Rompío</b>	
TR1	E572968.47	N880811.39
TR2	E572849.87	N880905.39
TR3	E572751.58	N881019.81
	<b>Los Guayaberos</b>	
TG1	E573168.59	N880500.57
TG2	E573134.39	N880356.26
TG3	E573118.98	N880218.81

Fuente: Elaborado por los autores

Las muestras para análisis granulométrico, materia orgánica y humedad retenida en el suelo, se tomaron mediante sendas recolectas con una barrena de PVC de 0,025 m de diámetro, introducido 0,05 m en el sedimento. El análisis de granulometría se hizo mediante la técnica de tamizado en seco (Suguio, 1973); la humedad retenida en el suelo se determinó mediante el método de deshidratación y la concentración de materia orgánica mediante el método de ignición (Buenahora, 1959), y procesadas en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas y Ambientales, CRUV Universidad de Panamá.

Las variables estadística granulométricas se determinaron mediante las fórmulas de Folk y Ward (1957), la pendiente de la playa mediante el método de Emery (1965), el límite de la zona de transporte con el método de Hallermeier (1981), la velocidad de la corriente litoral a través de la ecuación de Ferreira (1999), la velocidad de la caída del grano mediante la ecuación de Darlymple y Thompson (1976); las demás variables se determinaron manualmente con una cinta métrica de fibra de vidrio, en el caso de la amplitud de la playa y con un transportador y una brújula lensática; el ángulo de ocurrencia de la playa, y finalmente, la temperatura del sedimento, con un termómetro de mercurio.

Se determinaron los procesos erosión y acreción mediante la sobreposición gráfica de perfiles contiguos en el tiempo, de lo cual, además se dedujo el tipo de corriente litoral incidente sobre la playa (Araya Vergara, 1986).

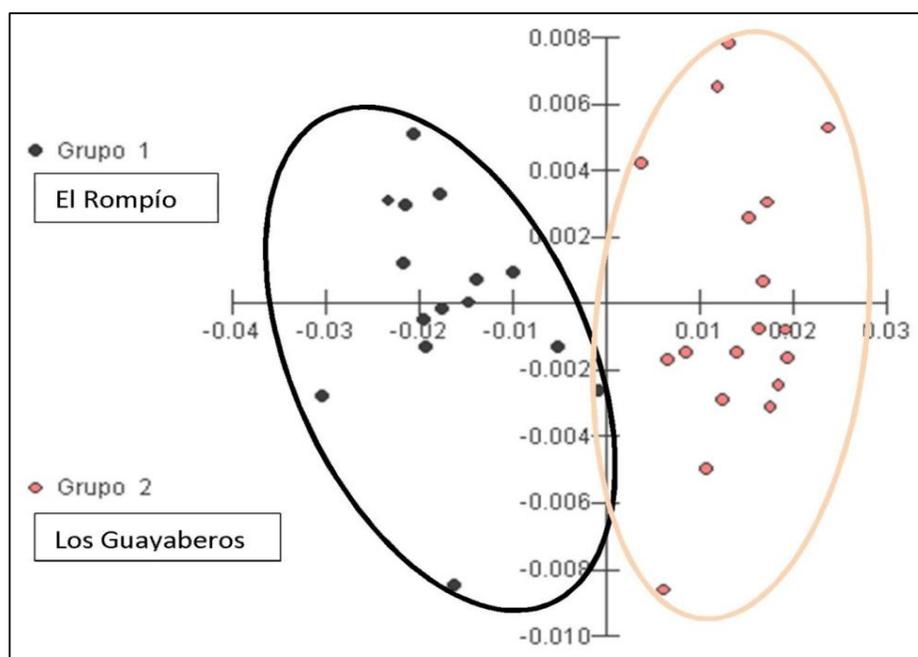
Los valores de bacterias se transformaron a logaritmo, la normalidad de los datos se determinó mediante la prueba de D'Agostino, las pruebas de hipótesis y el Análisis Multidimensional se analizaron a través del "software" libre BioEstat 3.0, (Ayres, Ayres Jr. Ayres y dos Santos, 2007) el Análisis de Correspondencia Canónica con el programa PAST 2.16 (Hammer, Harper y Ryan, 2001), la prueba de Asociación de Eta mediante el SPSS 20, y la estadística granulométrica con el programa SysGran 3.0 (Camargo 2006).

### **3. Resultados y discusión**

Luego de determinar las variables granulométricas se observó que ambas playas se distinguen claramente entre sí (figura 2); sin embargo, no existe diferencia significativa de la concentración de Coliformes fecales entre playas ( $U = 97,0$   $p = 0,1695$ ), la prueba de D'Agostino indicó que los datos de estas bacterias en ambas playas muestran una distribución no normal ( $D_{Rompío} = 0,2446$   $p < 0,01$ ) y ( $D_{Guayaberos} = 0,2101$   $p < 0,05$ ). Mientras que los datos de Coliformes totales, datos normales, indican que la carga bacteriana entre playas es igual ( $t = 1,4385$   $p = 0,1529$ ) (figura 3), lo cual indica que la carga bacteriana

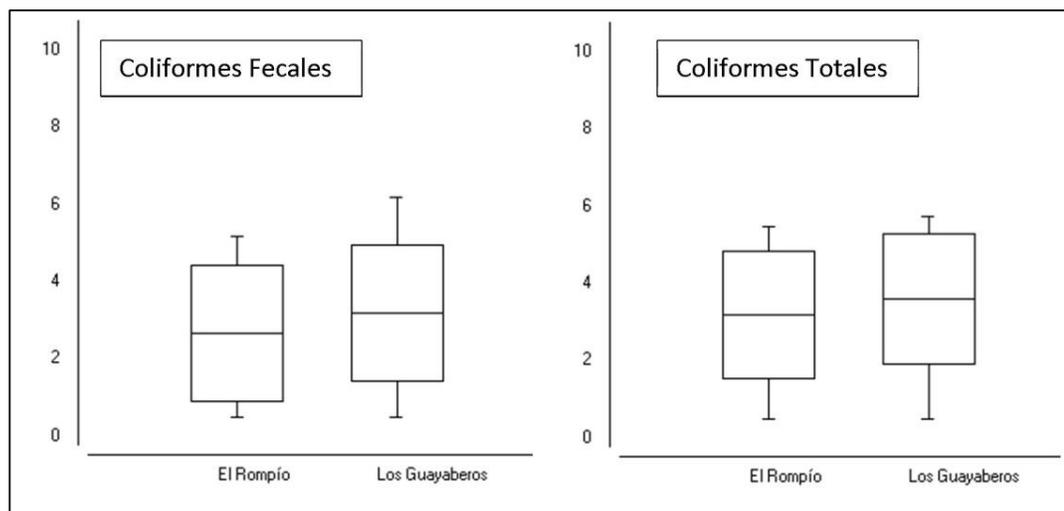
depende de otras variables, no específicamente de la granulometría, de las cuales podría ser el pH y la temperatura.

**Figura 2. Análisis MDS de las características granulométricas de las playas de El Rompío y Los Guayaberos.**



Fuente: Elaborado por los autores

**Figura 3. Ocurrencia de Bacterias Indicadoras Fecales en las playas de El Rompío y Los Guayaberos. El eje de la ordenada se refiere a Log (NMP/10 g).**

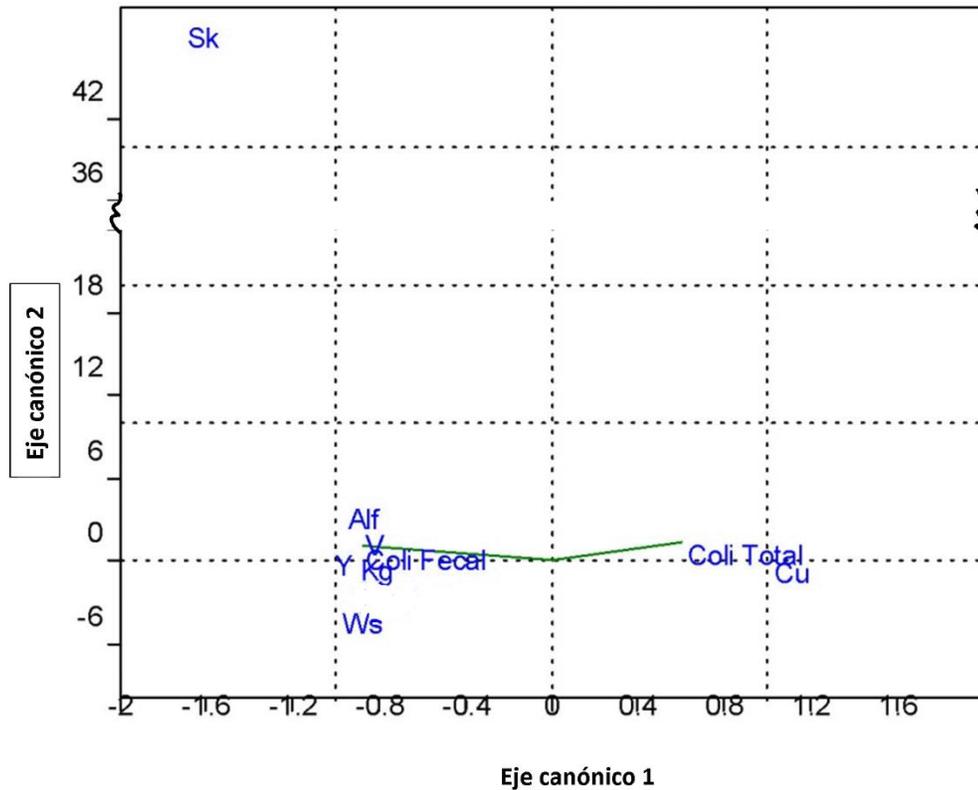


Fuente: Elaborado por los autores

Se evaluó la relación de los Indicadores Fecales y las variables investigadas mediante el Análisis de Correspondencia Canónica el cual muestra que la ocurrencia de Coliformes totales está explicada por el coeficiente de uniformidad granulométrica  $C_u$ ; mientras que los Coliformes totales están explicados por el resto de las variables investigadas, con excepción de la Asimetría granulométrica ( $S_k$ ) y el coeficiente de uniformidad  $C_u$  (figura 4). La relación de estas variables no se puede considerar directa, pues las velocidades netas de sedimentación de los sedimentos finos y las bacterias asociadas son más bajas que las predichas por la ecuación de Stokes, debido al re-arrastre de las partículas (Jamieson, Joy, Kostschuk y Gordon, 2005), aunque Velonakis, Dimitriadi, Papadogiannakis y Vatapoulos (2014) indicaron que la composición de partículas y el tamaño de estas son factores que determinan la distribución de la población microbiana en los agregados del suelo.

Por otro lado, la presencia de *Escherichia coli* en la arena de la playa depende de la granulometría media,  $M_z$ , y de la uniformidad de los granos,  $C_u$  (Skalbeck et al., 2010). En el caso del presente trabajo estas variables influyen la presencia de *E. coli* la primera y a los Coliformes totales la segunda. El coeficiente de uniformidad indica que tan bien escogida está la granulometría, como resultado de la energía hidrodinámica de la playa, lo que implicaría que debe haber hidrodinámica intermedia para que aumente la presencia de bacterias en la arena.

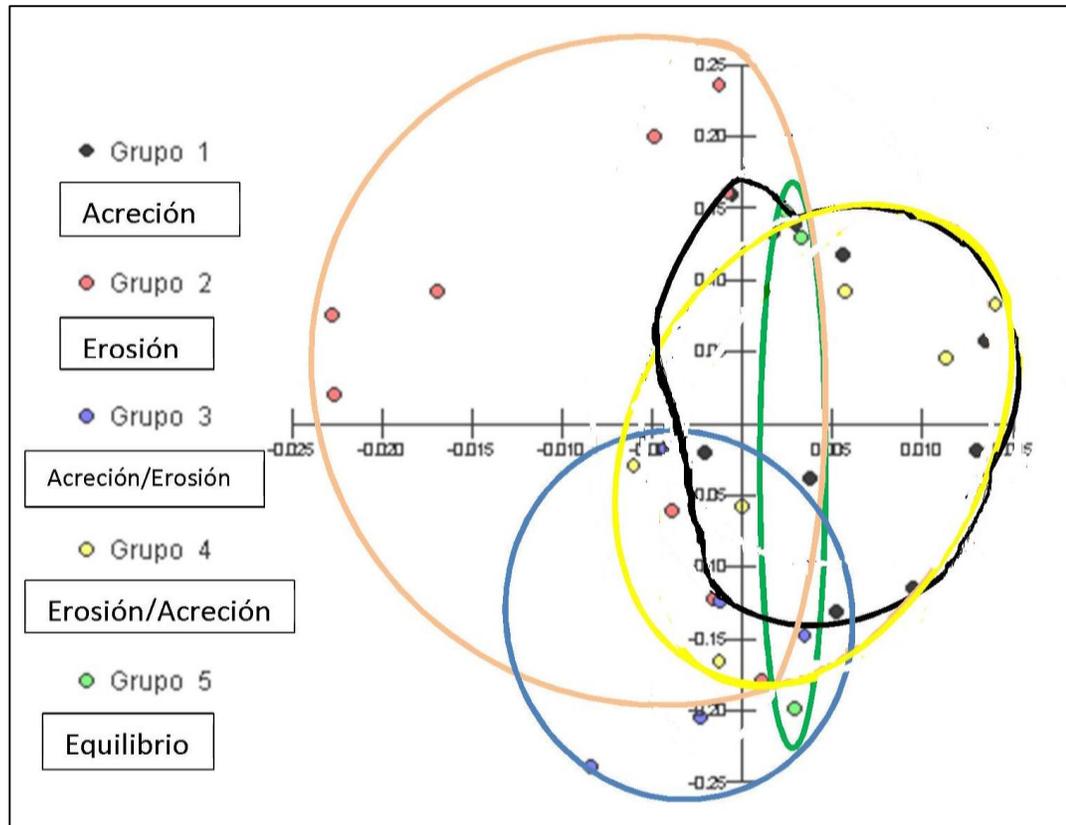
**Figura 4. Análisis de Correspondencia Canónica de relación Bacterias Indicadoras Fecales y las variables granulométricas, sedimentológicas, morfodinámicas y oceanográficas en las playas de El Rompío y Los Guayaberos**



Fuente: Elaborado por los autores

Los procesos sedimentológicos cambian la estructura ambiental del suelo, al crear nuevos microhabitats para los organismos bentónicos , incluidas las bacterias (Dugan, Airoidi, Chapman, Walker y Schlacher, 2011); sin embargo, el Análisis nMDS mostró que el período de acreción, erosión/acreción y equilibrio se comportan de manera semejante, mientras que la erosión y la acreción/erosión son semejantes entre sí (figura 5), lo cual indica que a pesar de la variación de los procesos geológicos, solo se dispone de dos grandes dinámicas sedimentológicas, lo que disminuye la cantidad de microhabitats a disposición del bentos y en especial de las bacterias.

**Figura 5. Análisis nMDS de las características sedimentológicas y oceanográficas de acuerdo a los procesos Erosión/Acreción**

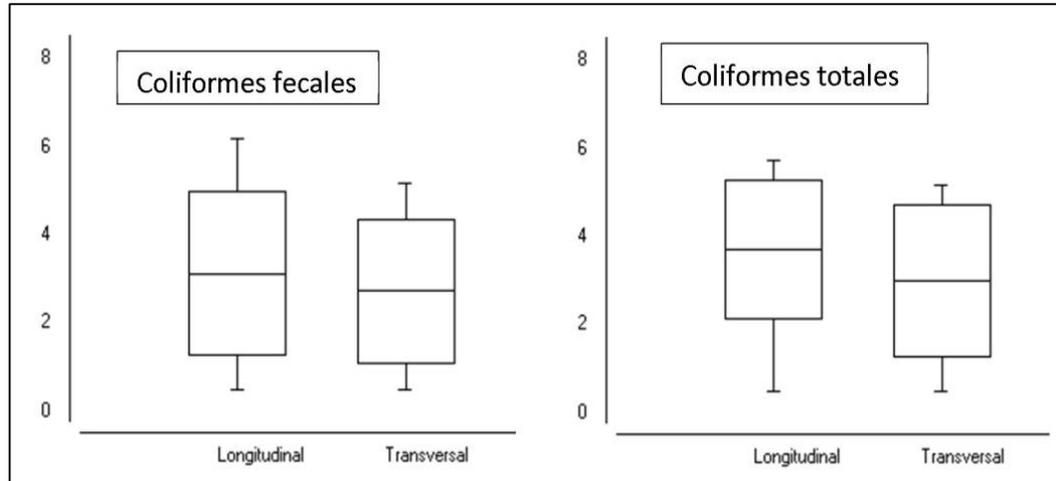


Fuente: Elaborado por los autores

Con relación a la carga bacteriana en las playas de acuerdo al tipo de corriente litoral que incide sobre ellas, no existe diferencia significativa entre corrientes: Longitudinal y Transversal, ni para Coliformes fecales ( $U = 130$   $p = 0,3776$ ), ni para Coliformes totales ( $U = 120,50$   $p = 0,2351$ ). La gráfica de Caja y Bigotes indica la semejanza de los valores de ambos microorganismos de acuerdo a la corriente (figura 6).

Las corrientes: Longitudinal y Transversal, son producidas por el efecto de el viento, las olas y el ángulo de ocurrencia de estas sobre la playa, que removiliza sedimento y lo transporta, de acuerdo a la combinación de estas variables, a lo largo de la playa, longitudinal, o el transversal, hacia el supralitoral de la playa, los cuales son procesos cíclicos y naturales (García 2003).

**Figura 6. Ocurrencia de Bacterias Fecales de acuerdo al tipo de corriente. La ordenada indica valores de Log (NMP/10 g).**

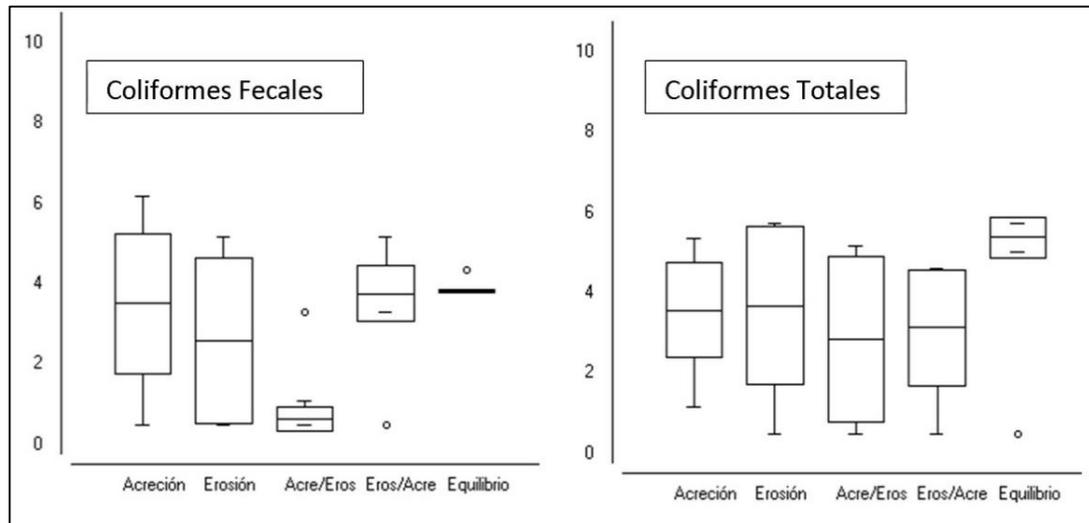


Fuente: Elaborado por los autores

Estas corrientes, por sus características energéticas, van a transportar distintamente sedimento con granulometría y minerales diferentes (Parente, 1998), lo cual implicaría estructuras de transporte diferenciadas para las bacterias adheridas a los granos. La dinámica de las olas y el presupuesto de arena son factores que inciden directamente en el proceso erosión y acreción (Butt y Russel, 2000).

Las ocurrencia de *E. coli* muestra una alta variabilidad asociada a procesos de erosión y acreción en las playas estudiadas, mientras que los Coliformes indican alta variabilidad en todos los procesos, con excepción en períodos de Equilibrio (figura 7).

**Figura 7. Ocurrencia de bacterias indicadoras fecales de acuerdo a los procesos erosión/acreción. La ordenada indica valores de Log (NMP/10 g).**



Fuente: Elaborado por los autores

Finalmente se realizó la prueba de Asociación de Eta para determinar si existía dependencia entre la ocurrencia de bacterias y los procesos erosión y acreción; en ambos casos la prueba mostró una relación de dependencia bastante alta, *E. coli* (Eta = 0,860), Coliformes (Eta = 0,852), lo cual indica que el 73,96 % de la variabilidad de *E. coli* y el 72,59 % de Coliformes corresponde al tipo de proceso erosión y aAcreción imperante en las playas, que confirma las afirmaciones de Gast et al. (2011), los cuales indican que existe una relación de la abundancia de bacterias fecales y el proceso Erosión y Acreción.

Vogel, O'Carroll, Edge y Robinson (2016) mencionan que la arena es el principal reservorio de bacterias fecales en la playa, muy por encima del agua intersticial. Los procesos de acreción y erosión son fuente de introducción y resuspensión de bacterias de la arena (Halliday y Gast, 2011); además de un mecanismo de distribución de las bacterias fecales a través del arrastre al agua (Mancini, Marcheggiani, Cara y Venturi, 2006), ayudado por la presencia del espigón (Skalbeck et al., 2010).

#### 4. Conclusiones

- Las variables sedimentológicas, estadísticas, granulométricas, morfodinámicas y oceanográficas asociadas a los procesos de erosión y acreción en la playa, en general, muestran una clara relación con la presencia de bacterias fecales en la arena.
- A pesar de la presencia del espigón, y que desde el punto de vista de las características granulométricas, ambas playas son diferentes; no existe diferencia significativa en la presencia de *E. coli* y Coliformes totales entre playas, ni tampoco se observó variación de la ocurrencia bacteriana con respecto al tipo de corriente litoral.
- Existe relación de la abundancia de bacterias fecales y los procesos erosión, acreción, mixtos y de equilibrio.

#### Agradecimiento

Este artículo es un subproducto de la investigación: VIP-16-04-00-10-2013-01, “Efecto de procesos de erosión/acreción sobre el meiobentos de playas arenosas”; por lo que se le agradece a los estudiantes del Centro Regional de Veraguas: R. Cruz, R. Vargas, J. Barría y C. Quintero y del Centro Regional de Azuero: L. Melgar y X. Carvajal, de la Universidad de Panamá, quienes participaron en la toma de muestras.

#### Referencias bibliográficas

- Abreu, R., Figueira, C., Ramão, D., Brandão, J., Conceição Freitas, M., Andrade, C., Calado, G., Ferreira, C., Campos, A. y Prada, S. (2016). Sediment characteristics and microbiological combination of beach sand – A case – study in the archipelago of Madeira. *Sci. Total Environ.* 573:627-638.
- APHA. (2005). Standard methods for the examination of water and waste water, 21 st ed. *American Public Health Association*. Washington D.C.
- Araya Vergara, J.F. (1986). Toward a classification of beach profiles. *J. Coast. Res.*2(2)159-

- Ayres, M., Ayres Jr, M., Ayres, D.L. y dos Santos, A.A.S. (2007). BioEstat. Aplicações estatísticas nas áreas da Ciências Bio-Médicas. *Instituto de Desenvolvimento Mamiraguá*. 364 p.
- Bai, S. y Lung, W-S. (2005). Modeling sediment impact on the transport of fecal bacteria. *Water Research* 39:5232-5240.
- Bakker, W.t., Klein Breteler, E.H.J. y Roos, A. (1970). The dynamics of a coast with a groyne system. Proc. 11 th. Coastal Engineering Conference. *American Society of Civil Engineers* 429-5167.
- Boehm, A.B., Grant, S.B., Kim, J.H., Mowbray, S.L., McGee, C.D., Clark, C.D., Foley, D.M. y Wellman, D.E. (2000). Decadal and shorter period variability of surf zone water, quality at Huntington Beach, California. *Env. Sci. Tech.* 38(18):3885-3892.
- Bonilla, T.D., Nowosielski, K., Cuvelier, M., Hartz, A., Green, M., Esiobu, N., McCorquodale, D.S., Fleisher, J.M. y Rogerson, A. (2007). Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with sand beach exposure. *Mar. Poll. Bull.* 54:1472-1482.
- Buenahora, J. (1959). Comparación de tres métodos para la determinación de materia orgánica en algunos suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica* 9(3/4):169-184.
- Butt, T., y Russel, P. (2000). Hydrodynamics and cross-shore sediment transport in the swash-zone of natural beaches: A review. *J. Coast. Res.* 16(2):255-268.
- Camargo, M.G. (2006). SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Rev. Bras. Geociências* 36(2):371-378.
- Carr, A.P. (1971). Experiments on Longshore transport and sorting of pebbles: Chesil beach. *England J. Sed. Petrol.* 41(4):1084-1104.
- Castro, H.M.P. (2003). Efeito da radiação solar e da salinidade sobre o crescimento de *Escherichia coli*. Em: *8ª Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental*, 2002- 51 p.
- Castro, H.M.P., Viera, R.H.S.F., Fonteles-Filho, A.A., Albuquerque, W.F. y Hofer. E. (2006). Efeito da radiação solar na sobrevivência de *Escherichia coli*. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza 39:28-33.

- Dale, N.G. (1974). Bacterial in intertidal sediments: Factors related to their distribution. *Limnol Oceanogr.* 19(3):509-518.
- Dalrymple, R.A. y W. Thompson. (1976). Study of equilibrium beach profile. *Proc. 15<sup>th</sup> coastal Eng. Conf. ASCE* 1277-1296
- Desmarais, T.R., Solo-Gabriele, H.M. y Palmer, C.J. (2002). Influence of soil on fecal indicator organisms in a tidally influenced subtropical environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(3):1165-1172.
- Dugan, J.E., Airoidi, L., Chapman, M.G., Walker, S.J. y Shclacher, T. (2011). Estuarine and coastal structures: Environmental effects, a focus on shore and nearshore structures. *Treatise on Estuarine and Coastal Sciences.* 8:17-41.
- Emery, K.O. (1965). A simple method of measuring beach profiles. *Limnol. Ocenogr.* 6(1):90-93.
- Ferreira, E.R. (1999). Morfodinâmica praial e previsão de ondas em ambientes de baixa energia; Praia de Fora, Baía Sul, Ilha de Santa Catarina. Tese de Mestrado, *Instituto de Geociências, UFRGS*, Porto Alegre. 66 p.
- Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.* 27(1):3:26.
- García, S. (2003). *Predicción en los cambios del perfil de la playa mediante parámetros simples.* Tesina Univ. Politécnica de Catalunya. 79 p.
- Gast, R.J., Gorrel, L., Raubenheimer, B. y Elgar, S. (2011). Impact of erosion and accretion on the distribution of enterococci in beach sands. *Cont. Shelf Res.* 31:1457-1461.
- Giannini, P.C.F., Angulo, R.J., Souza, M.C., Kogut, J.S. e Delai, M.S. (2004). A erosão na costa leste da ilha do mel, baía de Paranaguá, estado do Paraná: Modelo baseado na distribuição espacial de formas deposicionais e propriedades sedimentológicas. *Rev. Bras. Geociências* 34(2):231-242.
- González, J.L. (2013). *Evaluación de índices morfodinámicos de playa y su aplicación en El Rompío y Los Guayaberos, playas arenosas, para la estación seca del año 2012.* Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá, 58 p.

- Hallermeier, R.J., (1981). Seward limit of significant sand transport by waves: an annual zonation for seasonal Profiles. *Coastal Engineering Research Center, Coastal Engineering Technical Aid* 81-2. 24 p.
- Halliday, E. y Gast R.J. (2011). Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environ. Sci. Technol.* 45(2):370-370.
- Hammer, Ø. Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electrónica* 4(1):1-9.
- Ishi, 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. *Environ. Sci. Technol.* 41:2203-2209.
- Jamieson, R.C., Joy, D.M. Kostschuk, H., y Gordon, R.J. (2005). Transport and deposition of sediment-associated *Escherichia coli* in natural streams. *Water Res.* 39:2665-2675.
- Kinzelman, J.L., Whitman, R.L., Jackson, E.K., Byappanahalli, M.N. y Bagley, R.C. (2003). Evaluation of beach grooming techniques on *Escherichia coli* density in foreshore sand at North Beach, Racine, WI. *Lake and Reserv. Manage.* 19(4):349-354.
- Kinzelman, J.L., Pond, K.R., Longmaid, K.D. y Bagley, R.C. (2004). The effect of two mechanical beach grooming strategies on *Escherichia coli* density in beach sand at a southwestern Lake Michigan beach. *Aquatic Ecosystem Health y Management* 7(3):425-432.
- Larrea Murrel, J.A., Rojas-Badía, M.M., Romeu-Álvarez, Rojas-Hernández, N.M. y Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC ciencias Biológicas* 44(3):23-34.
- Mancini, L., Marcheggiani, S., Cara, E. e Venturi, L. (2006). Rischio microbiologico e qualità delle sabbie marine costiere: due campagne di monitoraggio a confronto. *Rapporti ISTISAN 06/31.* 26 p.
- Melgar, L.M. y X. Carvajal. (2014). *Ocurrencia de coliformes y Escherichia coli en sedimentos marinos (arena), de las playas El Rompío y Los Guayaberos, en el Corregimiento de*

- Santa Ana, Provincia de Los Santos 2013*. Tesis Licenciatura Universidad de Panamá. 122 p.
- Parente, L. (1998). *Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE - Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 269 p.
- Passos, C.T., da Silva, A.P., Braga, A.R.C, Sando, A.V.L e Kalil, S.J. (2011). Variação por Coliformes na areia e agua da praia do Cassino, Rio Grande-R.S. *Arq. Ciên. Mar* 44(1): 21 – 26
- Quartel, S., Kroon, A. y Ruessink, B.G. (2008). Seasonal accretion and erosion patterns of a microtidal sandy beach. *Mar. Geol.* 250:19-33.
- Sampson, R.W., Swiatnicki, S.A., Osinga, V.L., Supita, J.L. McDermott, C.M. y Kleinzhainz, G.T. (2006). Effects of temperature and sand on E. coli survival in a northern lake water microcosm. *J. Water Health* 4(3):389-393.
- Sato, M.I.Z., Di Bari, M., Lamparelli, C.C., Truzzi, A.C. Coelho, M.C.L.S. y Hachich, E.M. (2005). Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of Sao Paulo, Brazil. *Braz. J. Microbiol.* 36:321-326.
- Shibata, T., Solo-Gabreiele, H.M., Fleming, M.G. y Almir S. (2004). Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicator in an urban tropical environment. *Wat. Res.* 38(13):3119-3131.
- Skalbeck, J.D., Kinzelman, J.L. y Mayer, G.C. (2010). Fecal indicator organism density in beach sands: impact of sediment grain size, uniformity, and hydrologic factors on surface water loading. *J. Great Lakes Res.* 36:707-714.
- Skórczewski, P., Mudryk, Z., Gackowska, J. y Perlinski, P. (2012). Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 47(3):503-512.
- Solo-Gabriele, H.M., Wolfert, M.A., Desmarais, T.R. y Palmer, C.J. (2002). Sources of *Escherichia coli* in a coastal subtropical environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:230-237.

- Suguio, K. (1973). *Introdução à sedimentologia*. Ed. Bloch - Ed. USP. 317 p.
- Taaouati, M., Nachite, D., Benavente, J. y Elmirini, A. (2011). Seasonal changes and morphodynamic behavior of a high-energy mesotidal beach: case study of Charf el Akab beach on the North Atlantic coast of Morocco. *Environ. Earth. Sci.* 64:1225-1236.
- Valdés, S.E. (2013). *Morfodinámica comparativa de las playas El Rompío y Los Guayaberos*. Tesis Licenciatura Universidad de Panamá. 92 pp.
- Velonakis, E., Dimitriadi, D., Papadogiannakis, E. y Vatapoulos, A. (2014). Present status of effect of microorganisms from sand beach on public health. *J. Coast. Life Med.* 2(9):746-756.
- Vogel, L.J., O'Carroll, D.M., Edge, T.A. y Robinson, C.E. (2016). Release of *Escherichia coli* from foreshore sand and pore water during intensified wave conditions at a recreational beach. *Environmental Science y Technology*. 50(1):5676-5684.
- Whitman, R.L. y M.B. Nevers. (2003). Foreshore sand as a source of *Escherichia coli* in nearshore water of a Lake Michigan beach. *Appl. Environ. Microbiol.* 69(9):5555-5562.