

Distribución de dos Indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano

Recibido para evaluación: 5 de Noviembre de 2008
Aceptación: 25 de Noviembre de 2008
Recibido versión final: 9 de Diciembre de 2008

Felipe Andrés Gómez Velásquez¹
Néstor Jaime Aguirre Ramírez²
Judith Betancur Urhán³
Mauricio Toro Botero⁴

RESUMEN

Entre el 13 de Junio de 2006 y el 16 de Junio de 2007, las bacterias indicadoras de calidad ambiental y sanitaria, Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF), fueron determinadas en las aguas del Golfo de Urabá, Colombia, empleando el método del NMP, mediante la técnica de tubos múltiples. El estudio fue realizado para evaluar la distribución de estos indicadores microbianos a nivel vertical y horizontal y la relación con algunas variables fisicoquímicas de temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto y pH; y para así poder definir la relevancia de estos indicadores en ecosistemas marinos.

La mayoría de las muestras colectadas presentó concentraciones de los indicadores menores o iguales a la norma. Las áreas donde se determinó la mayor concentración de bacterias coniformes, correspondieron a los sitios ubicados cerca de la desembocadura de los ríos Atrato y León, donde las concentraciones salinas fueron bajas.

El análisis estadístico muestra la salinidad como el principal factor ambiental responsable de la concentración y distribución de las bacterias CT y CF para las estaciones evaluadas en el Golfo de Urabá, evidenciando un efecto inhibitor sobre estos dos indicadores.

PALABRAS CLAVE: Bacterias indicadoras, Golfo de Urabá, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Variables fisicoquímicas.

ABSTRACT

Between June 13, 2006 and June 16, 2007, the indicator bacteria in environmental quality and health, Total Coliforms (TC) and Fecal Coliforms (FC) were determined in the waters of the Urabá Gulf's, Colombia, using the MPN method, using the technique of multiple tubes test. The study was conducted to assess the distribution of microbial indicators to vertical and horizontal relationship with several physico-chemical variables of water temperature, salinity, dissolved oxygen and pH, and thus able to define the relevance of these indicators in marine ecosystems.

Most of the collected samples showed concentrations of indicators equals or less of the norm. The areas where we determined the most concentration of coliform bacteria corresponded to sites located near the mouth of the Atrato river and Leon river, where salt concentrations were low.

Statistical analysis shows salinity as the main environmental factor responsible for the concentration and distribution of bacteria and CT and CF evaluated for stations in the Gulf of Uraba, demonstrating an inhibitory effect on these two indicators.

KEYWORDS: Indicator Bacteria, Urabá Gulf', Total Coliform, Fecal Coliform, Physical and chemical variables.

- 1. Biólogo, Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA, Universidad de Antioquia*
- 2. Dr., Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA; Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.*
- 3. Esp., Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA, Universidad de Antioquia.*
- 4. Ph. D., Profesor, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.*

fagv02@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos representan para el planeta y las poblaciones de las zonas costeras un tesoro invaluable, ya que ellos son responsables de la calidad ambiental, reguladores del clima, despensa de alimento y reserva de agua y energía (CCO, 2007).

Los recursos marino- costeros del Caribe y del Pacífico colombianos incluyen una variedad de ecosistemas conformados principalmente por estuarios, lagunas costeras, áreas arrecifales y manglares, expuestos directamente a las actividades humanas marítimas y costeras e indirectamente a las actividades desarrolladas en el interior del país (INVEMAR, 2007).

El Golfo de Urabá (Figura 1) corresponde a un cuerpo de agua semicerrado, alargado en dirección general Norte- Sur, ubicado en el extremo noroccidental de la costa Caribe colombiana (Bernal et al., 2005). Es estratégicamente importante desde los puntos de vista económico, ecológico, industrial y turístico para la región y el país; posee una gran riqueza de ecosistemas como áreas de litorales, arrecifes, praderas marinas, estuarios, humedales de importancia local y global, que se han convertido en áreas recreativas y zonas de pesquería (INVEMAR, 2003; Marín, 2000).

La principal problemática ambiental del Golfo de Urabá radica en los aportes de los ríos Atrato y León, los cuales con sus altos caudales generan una circulación de tipo estuarino (Chevillot et al., 1993; Bernal et al., 2005), donde los impactos se reflejan en el incremento de áreas anóxicas, morbilidad humana por exposición a patógenos microbianos en playas y por consumo de alimentos del mar contaminados y áreas de costa con basura esparcida en playas (Goldberg, 1990). Los desechos vertidos a los ecosistemas marinos provocan extinción de especies, pérdida de habitats e incremento en los niveles de nutrientes, generando efectos negativos en estuarios, en humedales costeros y de agua dulce y aguas terrestres (Goldberg, 1990).

Los ríos transportan a los ambientes marinos microorganismos patógenos y no patógenos (Goldberg, 1990); los microorganismos patógenos pueden llegar hasta la población humana y con ello, constituirse en indicadores del deterioro de la calidad del agua, definiendo zonas de mayor aporte de materia orgánica, de dispersión de contaminantes y zonas de riesgo de contaminación (Byamukama et al., 2005).

Microorganismos entéricos, como las bacterias del grupo coliforme, pueden ser empleados en monitoreos de la calidad del agua de estos ecosistemas, e implican evaluar la influencia de factores como temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y salinidad, los cuales inciden sobre su permanencia en estos biotopos acuáticos (Byamukama et al., 2005; Bermúdez & Hazen, 1988; Huges, 2003, Carrillo et al., 1985; Solo – Gabrielle et al., 2000).

En este trabajo se evaluaron las bacterias Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF), como también se determinaron algunas variables fisicoquímicas del agua, con el objetivo de definir la relación e influencia de las variables medidas con la distribución de los indicadores.

1.1. Área de estudio

El Golfo de Urabá se encuentra localizado en el extremo noroccidental de Colombia. Geográficamente está dentro de los 8° 37' y 7° 55' de latitud norte y 76° 55' y 77°25' de longitud oeste (CORPOURABÁ, 2006). En su límite con Panamá tiene aproximadamente 80 Km. de longitud por 25 Km. de ancho y profundidades medias de 25 m. y máximas de 60 m. (Bernal *et al*, 2005).



2. METODOLOGÍA

El presente trabajo fue realizado en tres campañas de muestreo comprendidas entre el 13 de Junio de 2006 y el 16 de Junio de 2007, y todas las campañas fueron realizadas en época húmeda.

2.1. Muestreo

Se seleccionaron cuarenta estaciones para formar la red de muestreo en el Golfo de Urabá, siguiendo una retícula rectangular, separadas aproximadamente por 9 Km en la zona externa y 3.5 Km al interior de la Bahía Colombia (Figura 1).

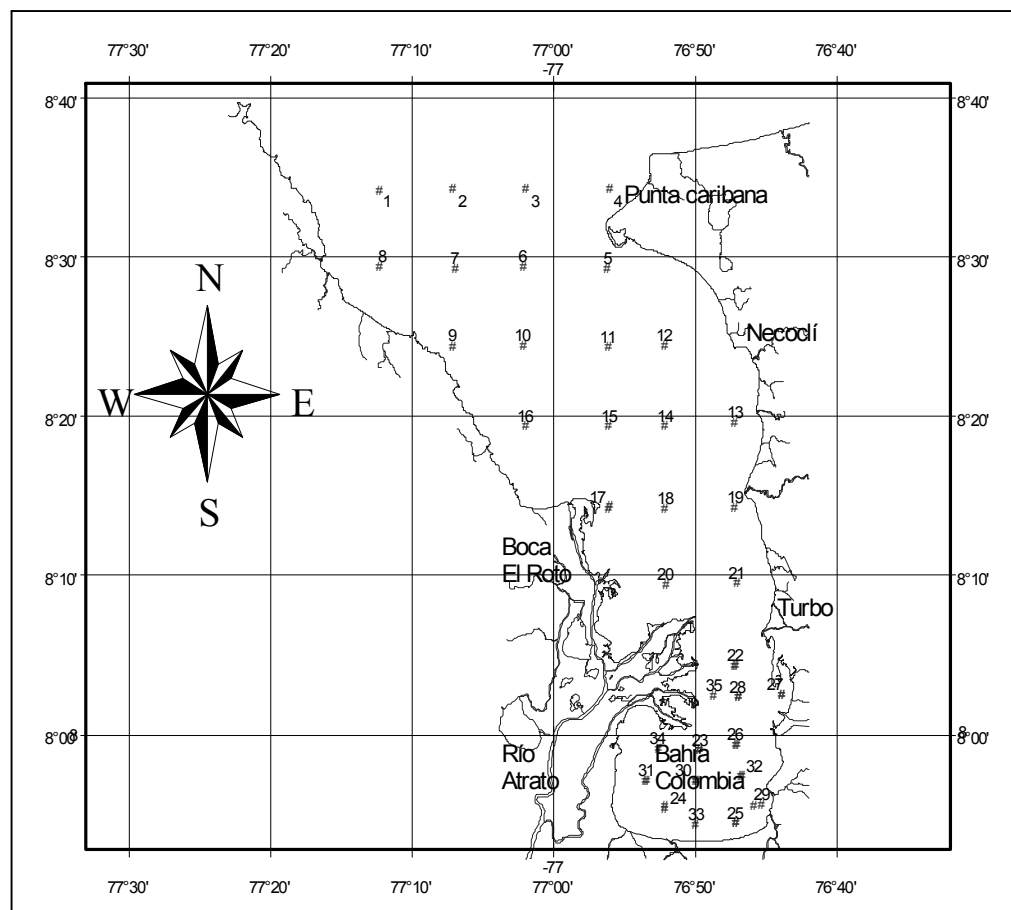
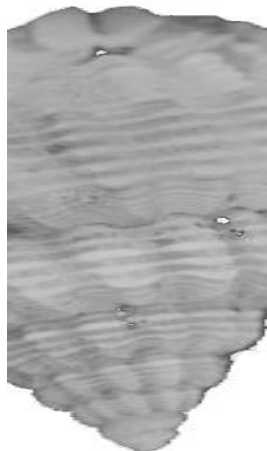


Figura 1. Golfo de Urabá. Estaciones de muestreo.
 Estaciones Campaña Nº 1: 2, 4, 5, 10, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 28, 31, 32, 33.
 Estaciones Campaña Nº 2: 20, 21, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 40.
 Estaciones Campaña Nº 3: 18, 20, 21, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 36, 37, 38, 40, 47, 51.

Al azar, en la campaña de muestreo 1 y 3, fueron seleccionadas 15 estaciones de muestreo; y en la campaña 2, 13 estaciones de muestreo.

En cada estación se tomaron muestras de agua a las profundidades de 0 m, 2 m y 5 m. Las muestras se colectaron empleando una botella Nansen de 10 L, empacadas en bolsas Whirl pack® estériles de 100 mL, y refrigeradas a 4°C hasta su disposición en el laboratorio.



2.2. Análisis de parámetros microbiológicos

En la determinación de bacterias Coliformes Totales, fueron inoculadas series de tres tubos con medio BRILLA (Merck®) con diluciones de la muestra de agua en factor de 10; luego fueron incubadas a 35°C durante 48 h. Los tubos positivos para CT se emplearon para determinar los Coliformes Fecales, subcultivándolos en medio BRILLA (Merck®) e incubándolos a 44.5°C durante 48 h (APHA, 1998).

Al medio de cultivo se le ajustó la salinidad con base a la salinidad medida en la muestra a analizar, evitando la injuria de las bacterias indicadoras.

Los resultados fueron expresados en términos del NMP/100 mL, empleando las tablas en el manual APHA (1998).

2.3. Variables fisicoquímicas

En cada estación de muestreo y a su respectiva profundidad, se midieron las variables temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto y pH, empleando una sonda IQ sensor net®.

2.4. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados empleando el software Stathgraphics® plus version 5.1. Las principales medidas de tendencia central y de dispersión fueron determinadas. También, se realizó un análisis de componentes de varianza con el fin de determinar el factor de mayor influencia sobre la dispersión de los contaminantes microbiológicos en el Golfo de Urabá.

3. RESULTADOS

En la Figura 2, se presentan los resultados de las bacterias Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF) para 15 estaciones de muestreo a tres profundidades en la primer campaña de muestreo. En general, no se observa una tendencia específica en la concentración de CT y CF respecto a la profundidad y la estación; en otros términos, no hay un patrón de distribución de acuerdo a la profundidad.

A cero metro de profundidad, las estaciones con valores altos de CT fueron 17, 20 y 28 (NMP/100 mL de 1200, 550 y 400, respectivamente); las demás estaciones arrojaron valores muy bajos. Estas estaciones se ubican cerca de la desembocadura del río Atrato. A dos (2) metros de profundidad, las estaciones que se destacaron por tener concentraciones altas de CT en comparación a las demás fueron las 19, 23 y 32 (NMP/100 mL de 370, 700 y 900 respectivamente). Para 5 metros de profundidad las estaciones con valores mas altos de CT fueron las 2, 4, 23 y 32 (NMP/100 mL de 1200, 1200, 400 y 900, respectivamente). En general para esta campaña de muestreo, las estaciones 2 y 4 (0 y 2 metros) 5, 10, 12 y 15 (para todas las profundidades) arrojaron valores muy bajos de CT y CF.

Para CF, las estaciones 19 y 20 (0 metro), 32 (2 metros) y 4 (5 metros) dieron valores positivos, pero no lo suficientemente altos, indicando una baja concentración del indicador.

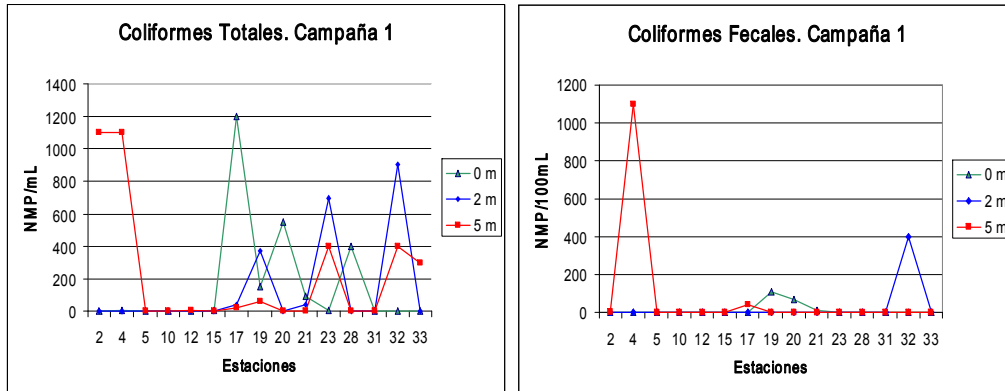


Figura 2. Variación del número de Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Campaña 1.

La Figura 3 representa los resultados obtenidos para CT y CF en la segunda campaña de muestreo. Las estaciones que presentaron los valores más altos a cero metro de profundidad fueron las 29 y 30 con NMP/ 100 mL de 24000 y 9300 (Figura 3), seguidas de las estaciones 20 y 21 con NMP/ 100 mL de 2100 y 2300, respectivamente. Las demás estaciones presentaron concentraciones para NMP/100 mL por debajo de 200. A dos metros de profundidad, la estación 29 se destaca por su elevada concentración de CT (NMP/100 mL de 8600); las demás estaciones presentaron resultados de NMP/100 mL por debajo de 150. La estación 29 se caracteriza por estar ubicada en la desembocadura del río León. Los valores en la concentración de CT a 5 metros de profundidad fueron muy bajos, con un NMP/100 mL por debajo de 9 (Figura 3).

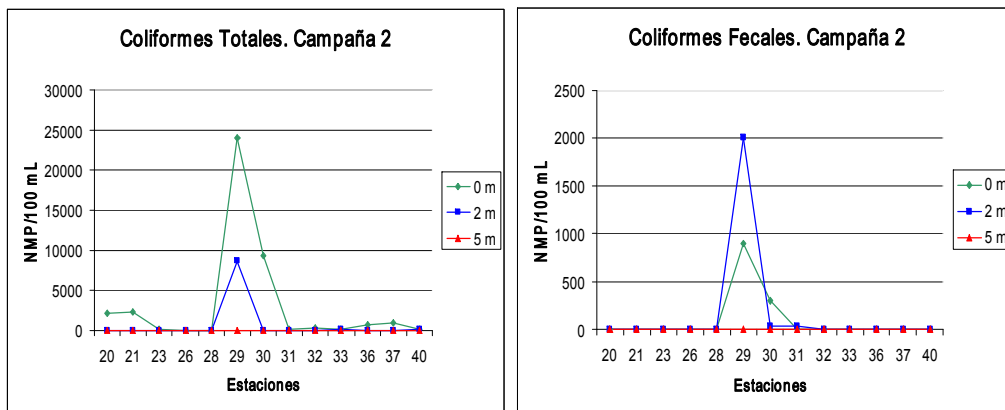


Figura 3. Variación del número de Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Campaña 2.

Los CF presentaron valores más bajos en comparación a los CT, siguiendo una tendencia de mayor concentración en la estación 29 a 2 metros de profundidad, y luego a cero metro de profundidad. A cinco metros de profundidad, no se encontró carga de coliformes fecales. Esto puede indicar un efecto de alguna variable medioambiental sobre la supervivencia de los indicadores.

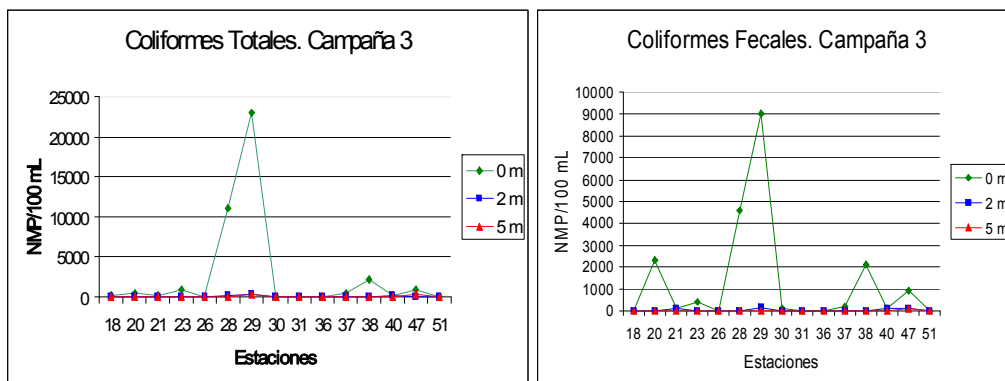


Figura 4. Variación del número de Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Campaña 3.

En la Figura 4, se observan los valores para CT y CF en la tercera campaña de muestreo. Los valores mas altos de CT se dan a cero metro para las estaciones 28 y 29 con valores de NMP/ 100 mL de 11000 y 23000, respectivamente. A las demás profundidades la carga de coliformes totales fue baja.

Para CF, las estaciones 20, 28, 29 y 38 mostraron los valores más altos en la concentración de CF, con NMP/100 mL de 2300, 4600, 9000 y 2100, respectivamente. Se destaca que son datos para una profundidad de cero metro y estaciones bajo la influencia de las descargas de los ríos. En las demás profundidades, los valores de CF estuvieron por debajo de un NMP/ 100mL de 150.

3.1. Influencia de las variables físicas y químicas sobre los indicadores microbianos

Para explicar la distribución de las bacterias CT y CF en las diferentes estaciones en el Golfo de Urabá, se realizó un análisis de los componentes de la varianza para los parámetros microbiológicos determinados (Tabla 1) y los parámetros fisicoquímicos medidos (Tabla 2). La fuente de variabilidad estuvo definida por la campaña, la estación y la profundidad, donde para CT y CF el 69.97% y el 96.29% de su variabilidad estuvieron definidas por la profundidad, al igual que para la salinidad, donde su variación también la define la profundidad (Tabla 2), encontrando salinidades altas a mayor profundidad. Es así como la profundidad está influenciando la distribución de los indicadores evaluados, tanto los indicadores microbiológicos como los fisicoquímicos.

Tabla 1. Análisis de los Componentes de la Varianza de los parámetros microbiológicos para las campañas 1, 2 y 3.

PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	FUENTE DE VARIANZA		
	CAMPAÑA %	ESTACIÓN %	PROFUND. %
<i>Coliformes Totales</i>	0,00	30,03	69,97
<i>Coliformes Fecales</i>	3,71	0,00	96,29

Tabla 2. Análisis de los Componentes de la Varianza de las variables fisicoquímicas para las campañas 1, 2 y 3.

VARIABLE FISICOQUÍMICA	FUENTE DE VARIANZA		
	CAMPAÑA %	ESTACIÓN %	PROFUND. %
<i>Oxígeno disuelto (mg/L)</i>	54,36	0,00	45,64
<i>pH</i>	13,66	6,94	79,40
<i>Salinidad (ppm)</i>	0,31	0,00	99,69
<i>Temperatura</i>	22,96	23,54	53,50

4. DISCUSIÓN

Un indicador es un parámetro que posee una trayectoria en el espacio y el tiempo, provee información o tendencias acerca de un fenómeno, y su significado se extiende más allá de una simple asociación. Los indicadores ambientales son seleccionados como una clave para representar o resumir un aspecto significativo del estado de un ambiente, fuentes naturales sostenibles y la actividad humana (Vandermeulen, 1998). El grupo de indicadores de calidad sanitaria y ambiental denominado Coliformes Totales incluye un conjunto de bacterias que no necesariamente son de origen fecal y que crecen a una temperatura mesófila (Madigan et al., 2000), y el grupo de Coliformes Fecales que se diferencia del grupo de CT por su capacidad de crecer a temperaturas de 44.5°C (APHA, 1998), así se ha convertido en los más importantes indicadores microbiológicos de la calidad sanitaria del agua (Harwood et al., 1999, Rosenfeld et al., 2006, Shibata et al., 2004), definiendo riesgos e impactos ambientales.

Los coliformes en su calidad de indicadores son ampliamente empleados en el control de la contaminación de estuarios, zonas costeras y océanos, representando un cuadro global de la calidad sanitaria y ambiental del agua de mar en zonas recreativas y de pesca (Pires Coelho, M. P. et al, 1999).

La relevancia de los indicadores está definida por su supervivencia en los ecosistemas acuáticos, la cual está afectada por factores bióticos y abióticos (Noble et al, 2004). Factores medioambientales como radiación, pH, salinidad, disponibilidad de nutrientes, temperatura, etc. están encargados de controlar la supervivencia de bacterias entéricas en ambientes marinos (Belkin et al., 2001). El efecto de la influencia de algunas variables fisicoquímicas se refleja en los resultados obtenidos, donde se da una amplia variación en la concentración de CT y CF, no siguiendo un patrón en las estaciones de muestreo, para todas las campañas, (Figuras 2, 3 y 4), además de su baja cantidad, en estaciones alejadas de la influencia de las descargas de aguas dulces y a profundidades de cinco metros, quien la salinidad es mas elevada. Estos resultados son coherentes con Shibata *et al.*, (2004), donde evalúa indicadores de contaminación fecal y encuentra que la distribución de estos indicadores es altamente variable en el espacio y el tiempo y que esta variación no se debe solamente al efecto de dilución de las descargas en el mar, sino también a otros factores propios del biotopo. Otro aspecto importante es que estos indicadores son empleados en ambientes de agua dulce y no siempre son apropiados para agua salada, debido a la existencia de factores que contribuyen a la alteración (Pires-Coelho et al., 1999).

En el presente trabajo, la variable ambiental que ejerció mayor influencia en la variabilidad de la distribución y la concentración de los indicadores de calidad fue la salinidad (Tabla 2), ya que los valores más altos para concentración de CT y CF se presentaron en las estaciones cercanas a las desembocaduras de los ríos Atrato (estaciones 17, 20 y 28) y León (estación 29), como lo muestran las Gráficas 2, 3 y 4. Belkin et al. (2001) y Noble et al.(2004) hacen hincapié en el efecto inactivador de la salinidad sobre bacterias del grupo coliforme, con un énfasis especial en Coliformes Fecales, ya que son mas sensibles. Esto es coherente con los resultados para CF, que muestran una menor concentración para todas las estaciones.

Es de suma importancia resaltar que la distribución espacial (horizontal y vertical) de las bacterias CT y CF en el golfo presentan una agrupación, con concentraciones altas de coliformes hacia el sur, donde se dan las mayores descargas y salinidades reducidas, y con concentraciones bajas de coliformes hacia el norte, donde la salinidad aumenta. En trabajos que evalúan algunas variables fisicoquímicas del agua de mar, se ha demostrado que las bacterias del grupo coliforme guardan una estrecha relación con la salinidad, donde los valores bajos de salinidad presentaron valores altos para los coliformes. Además, se demuestra la baja supervivencia de estas bacterias en los ecosistemas marinos con alta salinidad (Solic, 1992; Mallín et al., 2000).

Se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos (Cortés- Lara, 2003) y el hecho de que para todas las campañas, los datos de coliformes totales y fecales fueron bajos, no quiere decir que la calidad de las aguas del Golfo de Urabá sea buena, lo que hace necesario reevaluar los conceptos de indicadores microbianos de calidad ambiental y sanitaria para este ecosistema.



5. CONCLUSIONES

La salinidad para este ecosistema ejerce un efecto inhibitorio sobre la viabilidad de las bacterias indicadoras CT y CF. Sin embargo los aportes de los ríos contribuyen a la atenuación salina en las áreas de las desembocaduras, originando un gradiente de salinidad a nivel horizontal y vertical. Por esto, los indicadores poseen las mayores concentraciones en los sitios cercanos a las desembocaduras y en las profundidades entre 0 y 2 metros, donde la salinidad fue baja.

La distribución de las bacterias indicadoras CT y CF está determinada principalmente por los gradientes de salinidad en el Golfo de Urabá, encontrándose mayor número al sur, en Bahía Colombia y menor en la zona norte.

Aunque los indicadores microbiológicos como CT y CF se inactivan ante el agua salina, no necesariamente la calidad del agua del Golfo es aceptable, debido al riesgo latente de organismos patógenos. Por lo tanto, es relevante replantear el papel de estos dos indicadores en este ecosistema, ya que pueden no estar reflejando el estado de éste.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WPCF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. Amer. Pub. Health. Assoc. Washington, D.C., USA.
- Belkin, S. Rozen, Y., 2001. Survival of enteric bacteria in seawater. FEMS Microbiology Reviews 25, pp. 513– 529.
- Bermudez, M. and Hazen. T. C., 1988. Phenotypic and genotypic comparison of *Escherichia coli* from pristine tropical waters. Applied and Environmental Microbiology. 54: pp. 979–983.
- Bernal, G., Montoya, L. J., Garizábal, C. y Toro, M. 2005. La complejidad de la dimensión física en la problemática costeras del Golfo de Urabá, Colombia. Gestión y Ambiente, 8 (1): pp. 123– 135.
- Byamukama, D., et al, 2005. Discrimination Efficacy of Fecal Pollution Detection in Different Aquatic Habitats of a High-Altitude Tropical Country, Using Presumptive Coliforms, *Escherichia coli*, and *Clostridium perfringens* Spores Applied and Environmental Microbiology. Vol 71, N° 1, pp. 65– 71.
- Carrillo, M., Estrada, E. and Hazen, T. C., 1985. Survival and enumeration of the fecal indicators *Bifidobacterium adolescentis* and *Escherichia coli* in a tropical rain forest watershed. Applied and Environmental Microbiology. 50: pp. 468– 476.
- CCO (Comisión Colombiana del Océano), 2007. Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros. República de Colombia, Vicepresidencia de la República.
- Chevillot, P. A., Molina, L., Giraldo, C. y Molina, 1993. Estudio Geológico e Hidrográfico del Golfo de Urabá. En: Boletín Científico C.I.O.H. No. 14: pp 79- 89.
- Colford, J., et al, 2007. Water Quality Indicators and the Risk of Illness at Beaches With Nonpoint Sources of Fecal Contamination. Epidemiology. Vol 18, N° 1, pp. 27– 35.
- Cortés, M., 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía banderas, Jalisco – Nayarit. Rev Biomed. 14: pp. 121-123.
- Evenson, C. and Strevett, K., 2006. Discriminant analysis of fecal bacterial species composition for use as a phenotypic microbial source tracking method. Research in Microbiology 157 : pp. 437– 444.
- Gauthier, M. and Rudulier, D., 1990. Survival in Seawater of *Escherichia coli* Cells Grown in Marine Sediments Containing Glycine Betaine. Applied and Environmental Microbiology. Vol 56, N° 9, pp. 2915– 2918.
- Goldberg, E. D., 1990. Ocean Space: Use and Protection. Population and Development Review, 16: pp. 221– 234.
- Harwood, V., Butler, J., Parrish, D. and Wagner, V., 1999. Isolation of Fecal Coliform Bacteria from the Diamondback Terrapin (*Malaclemys terrapin centrata*). Applied and Environmental Microbiology. Vol. 65 - N°2, pp. 865– 867.
- Huges, A. K., 2003. Influence of Seasonal Environmental Variables on the Distribution of Presumptive Fecal Coliforms around an Antarctic Research Station Applied and Environmental Microbiology. Vol 69, N° 8, pp. 4884– 4891.
- INVEMAR, 2003. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2002. Serie de Publicaciones Periódicas N° 4. Santa Marta.
- INVEMAR, 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas N° 8. Santa Marta.
- Madigan, M., Martinko, J. y Parker J., 2000. Biología de los Microorganismos. Octava edición, Madrid.



- Mallín, M., Williams, K., Esham, E. y Lowe, R., 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological Applications*. Vol 10, N°4, pp. 1047– 1056.
- Marín, G., 2001. Estado de los estuarios y las lagunas costeras en Colombia En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2000. INVEMAR , Santa Marta, Colombia, pp. 67- 80 [Documento electrónico] http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2002/IEAMCC_2002A.pdf
- Noble, R., Lee, I. y Schiff, K., 2004. Inactivation of indicator micro-organisms from various sources of faecal contamination in seawater and freshwater. *Journal of Applied Microbiology*. 96, pp. 464– 472.
- Pires Coelho, M. P., Marques, M. E. and Roseiro, J.C., 1999. Dynamics of Microbiological Contamination at a Marine Recreational Site. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 38, No. 12, pp. 1242– 1246.
- Rhodes, M. and Kator, H., 1988. Survival of *Escherichia coli* and *Salmonellas* spp. In *Estuarine Environments. Applied and Environmental Microbiology*. Vol 54, N° 12, pp. 2902– 2907.
- Rosenfeld, L., et al, 2006. Temporal and espacial variability of fecal indicator bacteria in surf zone off Huntington Beach, CA. *Marine Environmental Research* 61: pp. 471– 493.
- Shibata, T., Solo-Gabriele, H., Fleming, L. and Elmir, S. 2004. Monitoring marine recreacional water quality using multiple microbiol indicators in an urban tropical environment. *Water Research*, 23: pp. 3119– 3131.
- Solic, M. and Krstulovic. N. 1992. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. *Marine Pollution Bulletin*. 24: pp. 411– 416.
- Solo-Gabriele, H. M., Wolfert, M. A., Desmarais, T. R. and Palmer. C. J., 2000. Source of *Escherichia coli* in a coastal subtropical environment. *Applied and Environmental Microbiology*. 66: pp. 230– 237.
- Traister, E. and Anisfeld, S., 2006. Variability of Indicator Bacteria at Different Time Scales in the Upper Hoosic River Watershed *Environ. Sci. Technol.* 40, pp. 4990- 4995.
- Vandermeulen, H., 1998. The development of marine indicator for coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*. 39, pp. 63– 71.



