

DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES, *Escherichia coli* Y ENTEROCOCOS EN EL AGUA Y SEDIMENTO EN EL ESTERO SALADO (TRAMOS B, D, E Y G)

Distribution and Concentration of Total Coliform, Fecal Coliform, Escherichia coli and Enterococci in water and sediment in the Estero Salado (Sections B, D, E and G)

Guillermo Baños Cruz ¹, Rubén Castro Rendón ²

Recibido el 24 de agosto de 2013; recibido en forma revisada 15 de noviembre 2013, aceptado 3 de diciembre 2013

Resumen

Se realizaron dos muestreos en marea baja, uno en diciembre (2009) y el otro en enero (2010) para determinar los microorganismos existentes en el Estero Salado que son los indicadores de contaminación. Un total de nueve estaciones fueron ubicadas a lo largo del Estero Salado en los Tramos B, D, E y G. Los resultados obtenidos en diciembre del 2009 indican una fuerte contaminación bacteriana en el agua, cuyos valores variaron desde 180NMP/100 mL hasta 160000NMP/100 mL en coliformes totales, coliformes fecales y *escherichia coli*, en cambio los valores para enterococos fueron de 180NMP/100 mL hasta 7900 NMP/100 mL; para los sedimentos los valores fueron desde 360NMP/100 g hasta 110000 NMP/100g para coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli* y para los enterococos, los valores fueron 300NMP/g hasta 29000NMP/g, estos resultados están por encima de los niveles máximos permitidos. Dentro de los parámetros físico-químicos que afectan a la contaminación fueron la salinidad, el oxígeno disuelto y la temperatura. En enero (2010), los coliformes totales en el agua tuvieron valores entre 84 NMP/100 mL y 7000 NMP/100mL, para los coliformes fecales (4NMP/100mL - 450NMP/100mL), *E. coli* (1,8 NMP/100mL -180 NMP/100mL) y los enterococos (6NMP/100mL- 610NMP/100mL). En sedimento, los valores fueron relativamente bajos en comparación con los datos de sedimentos en diciembre. Los datos obtenidos indican que existen variaciones muy marcadas en las estaciones dentro del Estero Salado, lo cual se presume que existe un proceso continuo de contaminación.

Palabras claves: Estero Salado, Coliformes totales, Coliformes fecales, *Escherichia coli*, Enterococos.

Abstract

Two samplings were performed at low tide, one in December (2009) and the other in January (2010) to determine the microorganisms in the Estero Salado which are indicators of pollution. A total of nine stations were located along the Estero Salado in Sections B, D, E and G. The results obtained in December 2009 indicate a strong bacterial contamination in the water, the values ranged from 180NMP/100 mL to 160000NMP/100 mL total coliforms, fecal coliforms and *Escherichia coli*, whereas the values for enterococci were 180NMP/100mL to 7900MPN/100 mL for sediment values ranged from 110,000NMP/100g to 360NMP/100 g for total coliforms, fecal coliforms and *E. coli* and enterococci, values were 300NMP / g to 29000NMP / g, these results are above the maximum permitted levels. Within the physical-chemical parameters affecting pollution were salinity, dissolved oxygen and temperature. In January (2010), total coliforms in water had values between 84NMP/100mL and 7000 NMP/100ml for fecal coliforms (4NMP/100mL - 450NMP/100mL), *E. coli* (1.8 NMP/100mL- 180 NMP/100mL) and enterococci (6NMP/100mL-610NMP/100mL). In sediment values were relatively low in comparison with the data of sediment in December. The data indicate that there are variations in the marked seasons in the Estero Salado, which suppose that there is a continuum of contamination.

Keywords: Estero Salado, Total coliforms, Fecal coliforms, *Escherichia coli*, Enterococci.

¹ Biólogo, Tesis de Grado para la obtención del Título de Magíster en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente – Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales – sede Mapasingue.

² Rubén Castro Rendón, Magíster en Ciencias de Saneamiento Ambiental, Universidad de Gante, Investigador Pesquero, Instituto Nacional de Pesca, Letamendi 102 y la Ría.

1. Introducción

La contaminación microbiana se ha convertido en un tema de gran interés, debido a que la presencia de bacterias patógenas en el agua tiene una relación directa con la salud pública, por consiguiente, existe la necesidad de incrementar la investigación sobre fuentes y niveles de esta forma de contaminación (Barrera y Wong, 1996).

Más del 50% de la población mundial reside dentro de los 200 kilómetros de la zona costera. Para el año 2025 ese porcentaje ha sido proyectado incrementarse hasta en un 70 % (Hinrichsen, 1998). De tal manera que, ésta tendencia ha conducido a problemas como incremento de desechos municipales e industriales, ejerciendo aun mayor presión en los sistemas costeros conllevando a problemas y forzando aun más la capacidad límite de las plantas de tratamiento de aguas servidas. En este sentido, en el Ecuador y específicamente en Guayaquil, el gran desarrollo poblacional de la ciudad, producido durante las décadas del sesenta y setenta, estableció un gran desequilibrio entre el crecimiento de la urbe y el de sus servicios de infraestructura, especialmente el de alcantarillado sanitario, y así las aguas residuales de las áreas en desarrollo se dejaron correr libremente hacia el Estero Salado, rompiendo el balance pre-existente e iniciando el proceso de creciente acumulación de materia contaminante que lleva día a día el ritmo de contaminación de sus aguas.

En la actualidad, según datos municipales, los más grandes problemas de contaminación en el Estero Salado se encuentran en las inmediaciones de las ciudadelas Bellavista, Los Ceibos, Miraflores, entre otras. En áreas como Urdesa Norte, el ramal que forma parte del Bosque Salado Norte presenta un tono grisáceo y a ratos transporta basura. El director de Ambiente del Cabildo, Mauricio Velásquez reconoce que todavía hay industrias que evaden los controles, pero asegura que intentara contrarrestar esa situación con el trabajo de vigilancia que efectúan las lanchas a motor. La decisión de preservar el estero implica también el control de los asentamientos informales

e incluso el posible desalojo de quienes no cuentan con los documentos que avalen su presencia en las márgenes de este cuerpo de agua (<http://archivo.eluniverso.com/2007/12/23/0001/1064>). De acuerdo a Solórzano (1989), las aguas del Estero Salado sufren una contaminación severa de desechos domésticos e industriales debido a la descarga de la ciudad de Guayaquil y de la terminal de operaciones petrolera.

En estos ecosistemas se han determinado puntos críticos de contaminación como por ejemplo en el Estero Salado, la zona cercana a los puentes Miraflores, Perimetral, Isla Trinitaria y en el río Guayas en el área de Puerto Marítimo, donde la calidad del agua de acuerdo a las características físico-químicas se las cataloga como zonas fuertemente intervenidas, con aguas anoxicas o altamente deficitarias de oxígeno, alta demanda bioquímica de oxígeno como resultado de la presencia de sustancias reductoras, aguas fuertemente eutrofizadas por el aporte de sustancias orgánicas e inorgánicas; evidente contaminación por hidrocarburos de petróleo debido tanto a los efluentes de origen industrial y doméstico como también a la evacuación de las sentinas de las embarcaciones que navegan por sus aguas y, una evidente contaminación por microorganismos patógenos. Ocasionando serios daños a la calidad del aire, agua, sedimentos, flora, fauna y sobre las actividades socio económicas de la población asentada en los sectores (Ordoñez, 2007).

Objetivo General

1. Determinar la población y distribución espacial de los coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos en el agua y sedimento de los tramos B, D, E y G del Estero Salado.

Objetivos Específicos.

1. Determinar los niveles de densidad de población presentes en el agua y sedimentos.
2. Determinar las variables que inciden en la cuantificación mediante el empleo de métodos estadísticos.

Hipótesis

Existen altas densidades de población de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y enterococos en el agua y sedimentos en los tramos B, D, E y G del Estero Salado provenientes de las descargas de aguas residuales no tratadas y de las escorrentías de la ciudad de Guayaquil?

2. Materiales y Métodos

Área de estudio

El estero salado forma parte del ecosistema del estuario del río Guayas. Se ubica al oeste del referido río, configurando el borde occidental del delta del estuario (Figura 2). El salado es un sistema estuarino compuesto por una compleja red de drenajes, mientras que desde el punto de vista geomorfológico y oceanográfico es un brazo de mar.

Este estero ha sido ampliamente intervenido por asentamientos humanos desde los orígenes mismos de la ciudad. Tiene un comportamiento atípico en sus tramos interiores en comparación con otros estuarios del país, por lo que se considera un lago estancado, con muy poca renovación de agua en sus tramos interiores (Hidroestudios, 2003).

La precipitación anual es del 80% en la estación lluviosa (diciembre a abril) y del 20% en la estación seca (mayo a diciembre). La temperatura promedio oscila entre los 20 y 27 °C, una temperatura cálida durante casi todo el año.

Se seleccionaron nueve estaciones para el muestreo cuyas ubicaciones se relacionaron con la posible influencia de aportes de agua residual, seis estaciones en el tramo B, y una estación en los tramos, D, E y G (Figura 3, Tabla1).

Metodología

Se realizaron dos muestreos en marea baja, uno en diciembre del 2009 y otro en enero del 2010, tomando muestras de agua superficial (más o menos a 10 centímetros) y sedimento. Se analizaron 18 muestras (nueve de agua y nueve de sedimento). Las muestras de agua fueron tomadas

con frascos estériles con capacidad de 500 ml., y luego en hielo para posterior análisis en el laboratorio.

El sedimento se colectó con una draga tipo Van Veen de tres litros de capacidad, la cual fue colocada en fundas de polietileno y después en hielo para su transporte al laboratorio.

Para la muestras de agua y sedimento se determino el numero más probable (NMP) de bacterias por la técnica de tubos múltiples, con tres diluciones y tres replicas, los resultados como NMP, lo cual está basado en tablas de probabilidad estadística. Este método permite conocer la densidad bacteriana en la muestra.

Para el posicionamiento de las estaciones se utilizo un GPS (marca Garmin 76CSX).



Figura 3. Ubicación de la estaciones de muestreos en el Estero Salado.

Procesamiento de las muestras (agua y sedimento).

Las muestras para enterococos se procesaron de acuerdo al “Stándar Methods for the examination of wáter and wastewater”, 21 st edition USA.

Las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *E.coli* se determinaron siguiendo la metodología estándar de tubos múltiples con cinco replicas (NMP), propuesto por Bacteriological Analytical Manual, Food and Drug Administration 2002.Cap. 4 lit. A –F,- USA.

Casi todos los métodos usados para detectar coliformes totales, coliformes fecales y *E.coli* son

de enumeración que están basados en la fermentación de la lactosa. El método consta de tres etapas: prueba presuntiva, prueba confirmativa y prueba complementaria. La prueba presuntiva consiste en colocar volúmenes determinados de muestra en una serie de tubos conteniendo caldo de lauril triptosa y son incubados a 35 °C durante 24 -40 horas. En esta prueba la actividad metabólica de las bacterias es estimulada vigorosamente y ocurre una selección inicial de organismos que fermentan la lactosa con producción de gas. La formación de gas, constituye una prueba presuntiva positiva para la presencia de bacterias del grupo coliforme.

La prueba confirmativa consiste en transferir todos los tubos positivos de la prueba presuntiva a tubos conteniendo caldo lactosado bilis verde brillante 2% y son incubados durante 24 – 48 horas a 35 °C. Esta prueba reduce la posibilidad de resultados falsos gran – positivos que pueden ocurrir por la actividad metabólica de los organismos formadores de esporas. La producción de gas a 35 °C después de las 24 – 48 horas constituye una prueba confirmativa positiva.

La prueba complementaria consiste en transferir por inoculación en estrías, las bacterias a partir de los tubos de caldo lactosado bilis verde brillante positivo a placas de agar endo o agar eosina azul de metileno y luego son incubados a 35 °C durante 24 horas. Las colonias típicas y atípicas son transferibles a tubos con caldo lauril triptosa y tubo con agar inclinado. Sera positiva cuando haya producción de gas a partir de la fermentación de la lactosa y por el examen microscópico sea demostrada la presencia de bacilos gran-negativos no esporulados en las bacterias desarrolladas en el agar inclinado.

Las muestras de agua y suelo para la determinación de bacterias fueron analizadas en el laboratorio de la compañía Inspectorate del Ecuador S.A. en la ciudad de Guayaquil.

Los datos de los parámetros físicos-químicos, se determinaron simultáneamente a la colecta de la bacterias, estos incluyen: temperatura y pH, con un equipo multiparametrico portátil, marca Extrech Instruments (medidor de pH y conductividad con temperatura, rango del pH de 1

a 14 con una resolución de 0.02 y el rango de la temperatura de 0 a 50 °C y una resolución de 0.1 C); la salinidad mediante un refractómetro, marca Acuafauna (Bio-Marine Inc.USA con un rango de 0 a 100 ‰ y una resolución de 1‰) y el oxígeno disuelto se lo determino mediante el método yodometrico, que es un procedimiento titulometrico basado en la propiedad oxidante del oxígeno disuelto.

3. Resultados

Los datos obtenidos en este estudio fueron evaluados en función de las condiciones que prevalecieron en las nueve estaciones muestreadas en el Estero Salado. (Tabla 18 y 19).

Parámetros físico-químicos

Temperatura (T°C).

Los valores fueron constantes en los dos muestreos con una temperatura promedio en diciembre de 27.3°C y en enero de 28.6°C.

Oxígeno Disuelto (OD).

Concentraciones bajas de OD, menores a 1 mg/L, se registraron en las primeras estaciones desde el Puente Av. Linderos hasta La “Y” en los dos meses de muestreos, para luego incrementarse a partir del Puente 5 de Junio. En el mes de diciembre las concentraciones más altas de oxígeno (1.56 mg/L) se presentaron en la Boya (M2) y en enero en el Puente Portete (4.42 mg/L). Es importante mencionar que en algunas estaciones de muestreos se encuentran tuberías que descargan aguas no tratadas o por industrias que vierten directamente sus desechos al estero.

Potencial de Hidrogeno (pH).

El pH en diciembre registro un valor promedio de 7.19 y en enero de 7.31, manteniéndose constante en todas las estaciones muestreadas.

Salinidad (S‰).

La salinidad promedio en diciembre fue de 16.8‰, presentando valores bajos (0.0‰) en las estaciones Puente Av. Linderos y Puente Miraflores y el valor más alto se registro en el Puente Portete con 32.0‰. En el segundo muestreo realizado en enero las salinidades disminuyeron con respecto a diciembre, registrando un valor promedio de 12.0‰. Se encontraron valores de cero salinidad en los Puentes de Av. Linderos, Miraflores y Alban Borja y un valor máximo en la estación Boya (M2) de 25‰.

Parámetros Bacteriológicos

Coliformes totales (agua y sedimento).

La presencia de bacterias coliformes totales en agua fueron muy representativas en el mes de diciembre (2009), registrando valores desde < 180 a >160000 NMP/100mL. Las mayores concentraciones se encontraron en los puentes: Av. Linderos, Miraflores y Alban Borja; mientras que menores concentraciones se presentaron en el resto de estaciones. En cambio el mes de enero (2010) las concentraciones fueron muy bajas desde 84 a 7000 NMP/100g (Figura 8).

En lo referente a sedimentos, en diciembre (2009) se evidencio valores altos por contaminación bacteriana, comprendidos entre 1500 a >110000 NMP/100g. Estos valores se encontraron en las estaciones: Puente Av. Linderos, Puente Miraflores, Puente Alban Borja, Puente Las Monjas, Dos tubos y la “Y”. En cambio, en enero dichos valores fueron bajos con rangos de 2800 a 110000 NMP/100g, registrando el valor más alto en el Puente Miraflores (110000 NMP/100g).

Coliformes fecales (agua y sedimento).

La concentración de coliformes fecales en agua es similar a la encontrada para coliformes totales para las mismas estaciones y época del año, con un rango de <180 a >160000 NMP/100ml. Mientras que enero (2010) las concentraciones fueron muy bajas con valores de 4 a 450 NMP/100ml.

En el sedimento, las concentraciones de coliformes fecales fueron muy similares a las encontradas para coliformes totales en el mismo mes y estaciones (Av. Linderos, Miraflores, Las Monjas, Dos Tubos y la “Y”), con valores que oscilaron entre <3 a >110000 NMP/100g; concentraciones menores se registraron en la estación Puente Alban Borja (210 NMP/100g) y Puente 5 de Junio (210 NMP/100g). En tanto que en enero los valores fueron bajos con rangos de <300 a 4300 NMP/100g.

Escherichia coli (agua y sedimento).

La bacteria *Escherichia coli*, en el agua presenta la misma tendencia en su concentración, registrando los valores más altos en las primeras estaciones (Puente Av. Linderos, Puente Miraflores y Puente Alban Borja) con concentraciones que van de <180 a >160000 NMP/100ml. En el resto de estaciones fueron pocas representativas. Para el siguiente muestreo en enero, las concentraciones fueron bajas con valores de <1,8 a <180 NMP/100ml.

En sedimento, durante el mes de diciembre (2009), se encontraron concentraciones de *Escherichia coli* en un rango de <300 a >110000 NMP/100g. Las estaciones fueron las mismas que han registrado las concentraciones más elevadas con el resto de bacterias. En enero (2010), la tendencia fue baja con valores de <180 a <300 NMP/100g.

Enterococos (agua y sedimento).

En el análisis de agua realizado el mes de diciembre del 2009, se encontró presencia de enterococos en todas las estaciones muestreadas en un rango de <180 a 7900NMP/100ml. La estación ubicada en el Puente Miraflores fue la que registro la concentración más elevada (7900 NMP/100ml) y el valor más bajo en la estación Boya (M2) con <180 NMP/100ml. Mientras que en enero de 2010, se encontraron valores muy bajos, de 6 NMP/100ml en la “Y” y 610 NMP/100ml en la estación Boya (M2).

En cambio, en las muestras de sedimentos analizadas en diciembre (2009), mayor cantidad de esta bacteria se observo en la mayoría de

estaciones entre un rango de <300 a 29000 NMP/100g. La concentración más elevada se presentó en Puente Las Monjas (2900 NMP/100g) y la más baja en la Boya (M2). En enero, menores concentraciones de enterococos se observaron en los sedimentos, con valores que oscilaron entre <300 a 3800 NMP/100g. Los valores más bajos fueron encontrados en los puentes: 5 de junio y Portete (<300 NMP/100g) y el valor más alto en el Puente Miraflores (3800 NMP/100g).

Se realizó un análisis de regresión múltiple donde se determinó que la salinidad y la temperatura fueron los parámetros que más influyeron en la concentración de las bacterias en el agua (diciembre 2009). Se encontraron valores significativos entre la salinidad y coliformes totales ($R = 0,916, p = 001$), coliformes fecales ($R = 0.915, p = 0.001$), *E.coli* ($R = 0.915, p = 0.001$); y la temperatura con enterococos ($R = 0.736, p = 0.024$).

Los parámetros que influyeron significativamente en el sedimento fueron el pH y la temperatura, cuyas correlaciones fueron: pH y coliformes totales ($R = 0.839, p = 0.009$); temperatura y coliformes fecales ($R = 0, 904, p = 0.002$), temperatura y enterococos ($R = 0.920, p = 0.001$). Con *E.coli* ninguna variable fue seleccionada para incluirla en el modelo.

Del análisis del clúster, en agua y sedimento, se identificaron cinco grupos similares en el mes diciembre del 2009. Dentro de los primeros grupos se encuentran las estaciones de mayor contaminación, encontrándose estaciones las más representativas en el Tramo B (Av. Linderos, Puente Miraflores y Puente Alban Borja). Mientras que en más baja concentración se encuentran las estaciones localizadas en los Tramos D, E y G (Figuras 32 – 38).

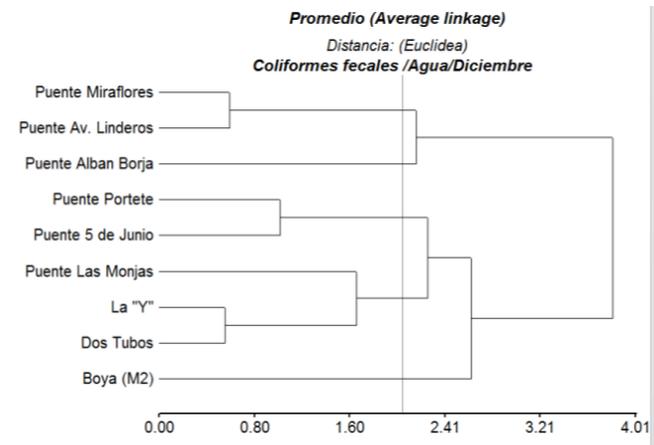


Figura 32. Análisis de conglomerados *Coliformes fecales* en agua diciembre 2009.

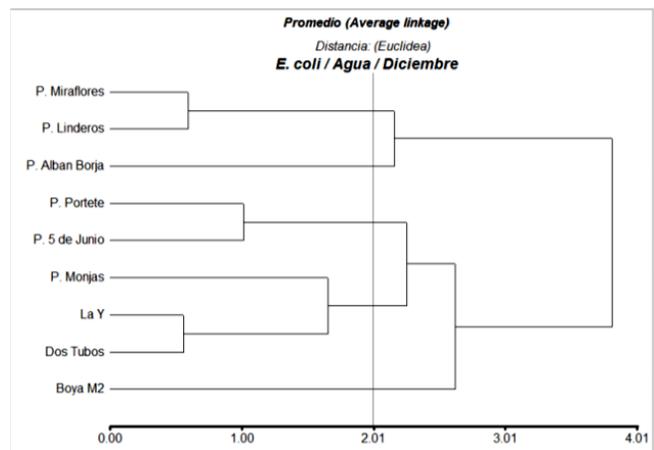


Figura 33. Análisis de conglomerados *Escherichia coli* en agua diciembre 2009

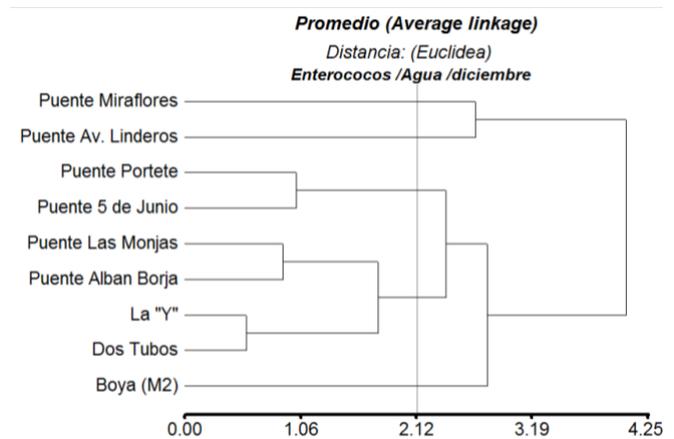


Figura 34. Análisis de conglomerados *Enterococos* en agua diciembre 2009

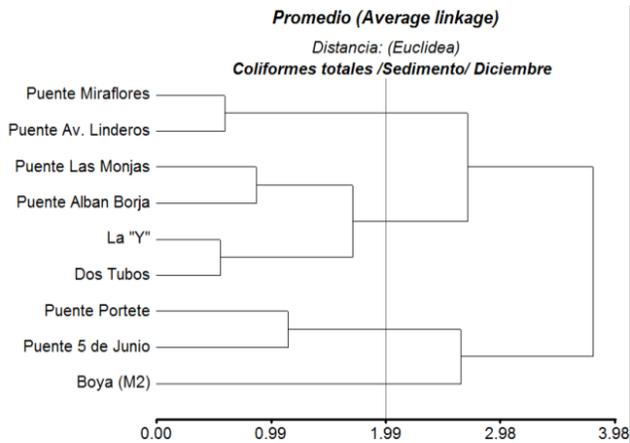


Figura 35. Análisis de conglomerados *Coliformes totales fecales* en sedimento diciembre 2009.

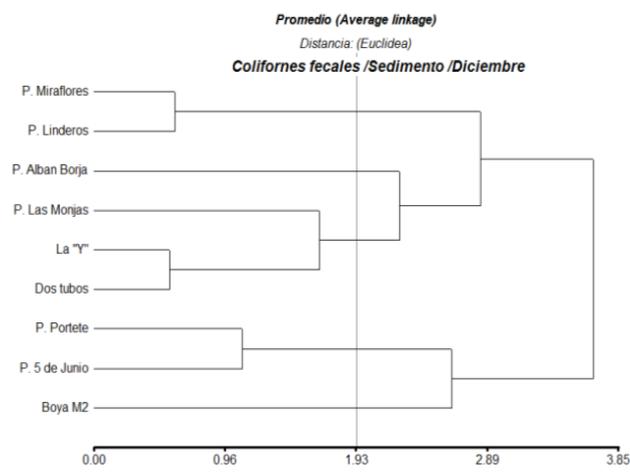


Figura 36. Análisis de conglomerados *Coliformes fecales* en sedimento diciembre 2009.

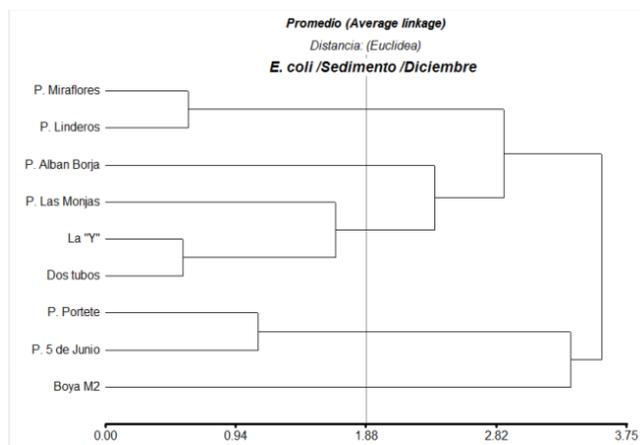


Figura 37. Análisis de conglomerados *Escherichia coli* en sedimento diciembre 2009.

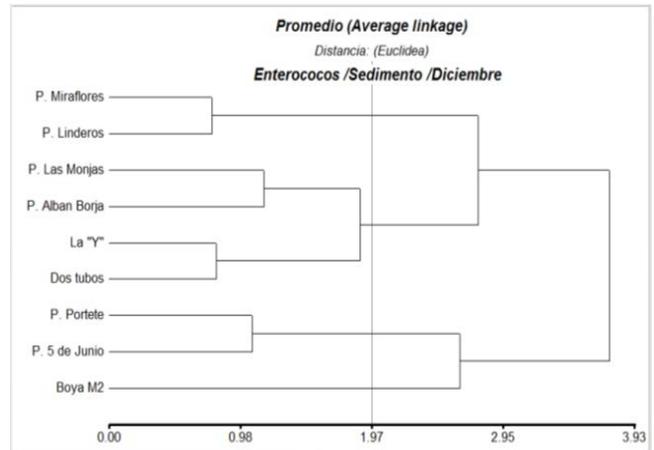


Figura 38. Análisis de conglomerados *Enterococos* en sedimento diciembre 2009.

En el mes enero 2010, en agua y sedimento, se encontraron valores menores en comparación con el mes de diciembre, identificándose tres y cuatro grupos similares. (Figuras 39 – 46)

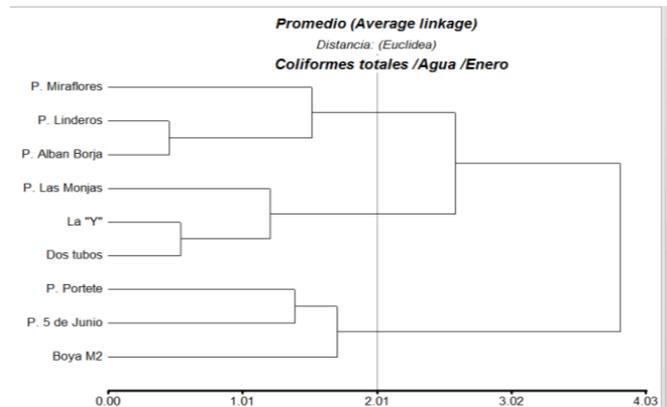


Figura 39. Análisis de conglomerados *Coliformes totales* en agua enero 2010.

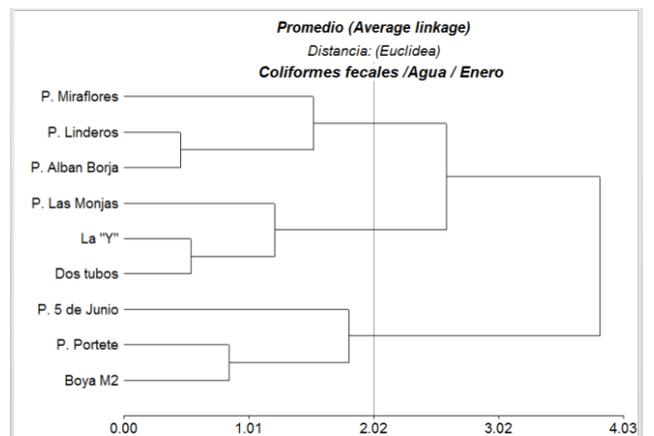


Figura 40. Análisis de conglomerados *Coliformes fecales* en agua enero 2010.

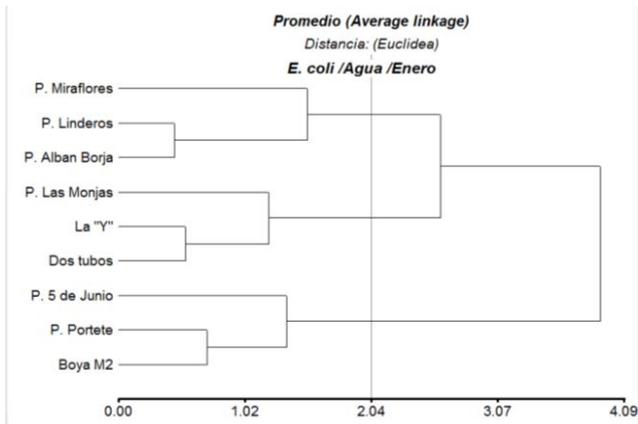


Figura 41. Análisis de conglomerados *Escherichia coli* en agua enero 2010

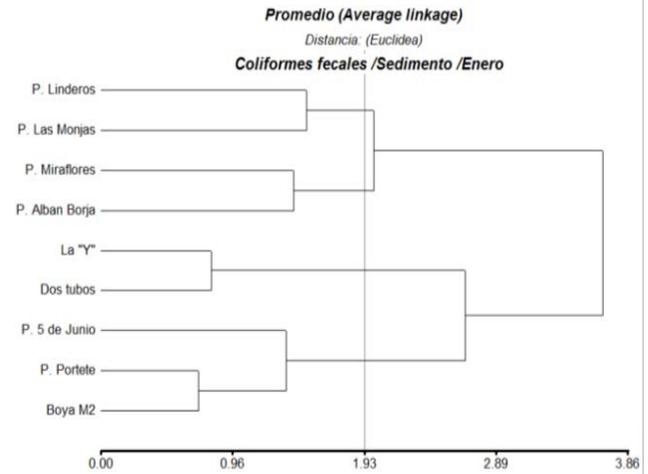


Figura 44. Análisis de conglomerados *Coliformes fecales* en sedimento enero 2010

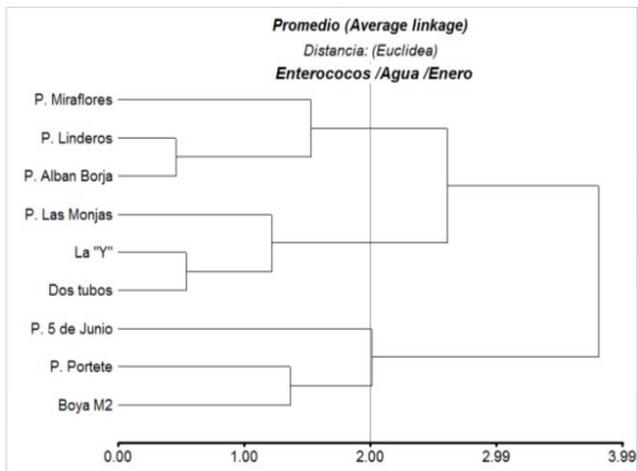


Figura 42. Análisis de conglomerados *enterococos* en agua enero 2010

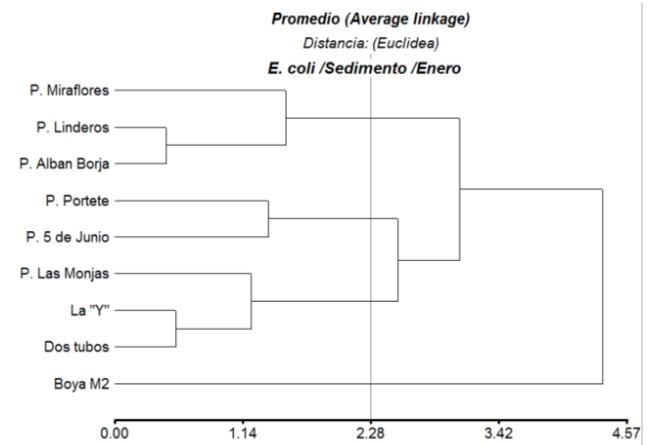


Figura 45. Análisis de conglomerados *Escherichia coli* en sedimento enero 2010.

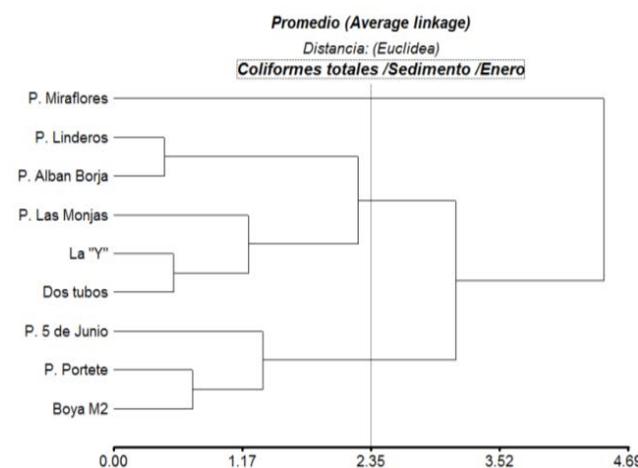


Figura 43. Análisis de conglomerados *Coliformes totales* en sedimento enero 2010

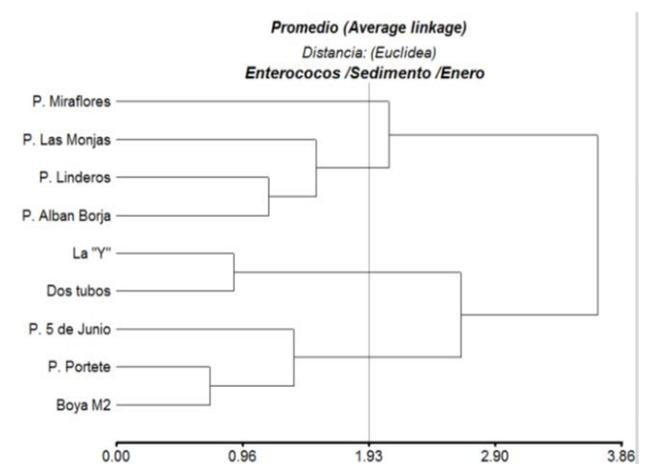


Figura 46. Análisis de conglomerados *Enterococos* en sedimento enero 2010.

4. Discusión

El presente estudio indica que la contaminación microbiana en el Estero Salado es el resultado de contribuciones de fuentes de contaminación, aunque posiblemente la principal sea el tratamiento inadecuado de aguas residuales (urbanas e industrializadas) y su vertido a través de tuberías a lo largo del estero. Sin embargo este estudio no toma en cuenta la contribución de la escorrentía durante el periodo de precipitación, el cual puede causar entrada local de bacteria fecal. Los niveles elevados de contaminación pueden presentar riesgo en la salud pública asociados con actividades recreacionales (botes y natación) a través del estero. Estos niveles de indicadores fecales permitirán a ayudar a las autoridades a determinar los riegos en las aguas del estero y cuáles son las prioridades en el manejo sanitario.

Sobre la base de estos resultados, se pueden definir áreas de alta y baja contaminación usando los indicadores de contaminación y tomando en cuenta la ocurrencia de coliformes totales, coliformes fecales, *E.coli* y enterococos. Dependiendo sobre los tramos del estero salado es posible caracterizar aquellos factores que determinan la calidad microbiana del agua: en el Tramo B del estero, la más contaminada por bacterias fecales y a medida que se va hacia la desembocadura los niveles de contaminación son más bajos.

La calidad del agua y sedimento fue significativamente afectado por la precipitación, ya que los niveles de contaminación fueron menores, a diferencia de otros estudios que afirman lo contrario (Ferguson et al., 1996). En lo que se refiere al sedimento, los valores altos sugieren que ellos actúan como reservorios, los cuales pueden ser relanzados al agua circundante debido a las fuertes precipitaciones y a las corrientes de marea.

Los resultados obtenidos en el Estero Salado en los meses de diciembre (2009) y enero (2010) demostraron que existe una fuerte contaminación microbiana tanto en agua como en el sedimento, cuyos valores sobrepasan los límites permisibles de acuerdo a la legislación ecuatoriana (Ministerio del Ambiente, 2002) y a las normas internacionales de APHA. Los parámetros

físicos-químicos analizados (pH, Temperatura) se encontraron dentro de los límites máximos permitidos para aguas estuarinas de acuerdo a las normas de calidad ambiental. En cuanto al oxígeno se determino valores por debajo del límite máximo permisible (6 mg/L). Estos valores fueron similares a los encontrados por Cárdenas (2009) y por Medina *et al.* (2007) en las inmediaciones de la Reserva de Producción Faunística Manglar el Salado cuyos valores fueron de 0.99 mg/L y de 6.65 mg/L.

Los valores de salinidad y oxígeno a lo largo del tramo B del Estero Salado fueron muy fluctuantes. Estas variaron desde cero en las estaciones Puente Av. Linderos, Puente Miraflores y Puente Alban Borja, donde hay poca renovación de marea; así como por la aportación de aguas provenientes de las alcantarillas que son vertidas al Estero, por aportación de aguas lluvias y de agua dulce desde el río que se lo realiza a través del Canal de Cascajal, cuyos valores están entre 12‰ y 23‰ y se debe a que las corrientes de marea empujan aguas de las dos cargas fluviales del Guayas hacia el estero (Pesantes 1998). Luego estos valores fueron incrementándose paulatinamente en las demás estaciones hasta llegar a tener salinidades de 27‰ y oxígeno de 4.35 mg/L. debido a que en estos tramos hay mayor renovación de agua por efecto de la marea.

Los valores estimados de coliformes totales, coliformes fecales, *E coli* y enterococos en los datos muestreados en diciembre(2009) en agua y sedimento no cumplen con las normas establecidas, debido a que si se comparan con los estándares internacionales que establecen un máximo de 1000NMP/100 ml para coliformes totales, 200NMP/100mL para coliformes fecales, para enterococos 35NMP/100mL, para *E coli* no hay valor para el agua marina de acuerdo a la Agencia de Protección del Medio Ambiente(USEPA,1986). A excepción de la Boya M2 que presento un valor de <180NMP/100mL para coliformes totales y para coliformes fecales valores también menores de <180NMP/100mL para la estaciones de Boya M2 y Puente Portete.

En muchas investigaciones de sobrevivencia, *E. coli* fue el único organismo estudiado y el uso de este como un indicador de contaminación fecal para todos los ecosistemas está siendo cuestionado. Algunos estudios han indicado que el *E. coli* se muere mucho más rápido que la *Salmonella spp.*, y por consiguiente no es un indicador adecuado para la presencia de este patógeno (Burton et al., 1987). Las altas concentraciones de bacterias coliformes encontradas en el Estero Salado concuerdan por lo manifestado por Winfield (2003) que afirma que existen altas concentraciones en numerosas regiones tropicales. El análisis de regresión múltiple sugiere que la salinidad, temperatura y oxígeno influyen las concentraciones bacterianas. Las estaciones caracterizadas por baja salinidad, en general, también están caracterizadas por altos niveles de indicadores bacterianos, igualmente sucede con el oxígeno disuelto y la temperatura, estos resultados son sostenidos por los análisis de correlación encontrados en otros estudios similares (Solo-Gabriele et al., 2008).

La significancia de la salinidad puede ser debido a que las bacterias mueren más rápidamente dentro de un rango de agua salina o posiblemente está asociada con una fuente grande de contribución dentro del estero. Este parámetro solo nos indica elevados niveles de coliformes en la presencia de baja salinidad.

El presente estudio también muestran una elevada concentración de contaminación bacteriana en el sedimento y el parámetro asociado en la correlación nos muestran que es el oxígeno, esta alta concentración de bacterias coliformes puede indicar la gran capacidad de supervivencia en el sedimento, estos patógeno pueden sobrevivir en los sedimentos por meses, que concuerda con los estudios efectuados por Burton en 1987 en los sedimentos de agua dulce.

Las bajas concentraciones de estos microorganismos que fueron detectados, tanto en el agua como en el sedimento se podría relacionar con la alta velocidad de la corriente de marea, consumo de oxígeno, acumulación de materia orgánica, precipitaciones, la estrechez del canal y la inestabilidad de los sedimentos de fondo. Estos

resultados se correlacionan con los encontrados por Ferguson et al. en sistemas estuarinos y también por Becerra-Tapia en 1995.

La distribución espacial de los microorganismos, tanto agua como sedimento parece estar bien correlacionado con fuentes de contaminación fecal cerca de las estaciones Av. Linderos, Puente Miraflores y Puente Alban Borja. La mayoría de los estudios microbiológicos realizados en ambientes costeros coinciden en reportar que las concentraciones más altas se localizan en los sedimentos y las menores en agua superficial y esto depende en gran medida de los aportes fluviales, precipitaciones y las corrientes de marea que juegan un papel importante dentro de los ecosistemas costeros (Becerra-Tapia, 1995).

5. Conclusiones

- Los resultados muestran que la calidad del Estero Salado está fuertemente relacionada con la actividad humana.
- Los valores altos se encontraron en el Tramo B (diciembre), y en los Tramos D, E y G (enero).
- La salinidad, la temperatura y el oxígeno ejercen un efecto inhibitorio sobre la viabilidad de los organismos indicadores.
- En el análisis de conglomerados en muestras de agua (2009) las estaciones más contaminadas fueron: Puente Miraflores, Av. Linderos: coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*.
- Puente Portete y Puente 5 de junio: Enterococos.
- En las muestras de sedimento (2009) las estaciones más contaminadas fueron: Puente Miraflores, Av. Linderos: coliformes totales, Coliformes fecales y *E. coli*.
- En muestras de agua (2010) las estaciones más contaminadas fueron: Puente Miraflores, Av. Linderos y Alban Borja: Coliformes totales, Coliformes fecales, *E. coli* y enterococos

- En las muestras de sedimento (2010) las estaciones más contaminadas fueron: Av. Linderos, Alban Borja, las Monjas, la “Y” y Dos Tubos: Coliformes totales.
- Puente Lindero y las Monjas: Coliformes fecales
- Puente Miraflores, Av. Linderos y Alban Borja: *E. coli*.
- Puentes Las monjas, Av. Linderos y Puente Alban Borja: enterococos

6. Recomendaciones

- Tratamiento de las aguas servidas antes de ser vertidas al Estero Salado.
- Reasentamiento a programas habitacionales
- Realizar Campañas de educación ambiental a los pobladores que se encuentran asentados a lo largo de las orillas del Estero Salado.
- Recuperar las orillas para planes de reforestación.

Han pasado años de destrucción, discusión, controversia y desinformación, ahora es necesario tomar decisiones en lo referente a la protección (Gobierno), restauración (Municipio) e investigación (Universidades) en un marco de cooperación entre ellas para la recuperación definitiva del Estero Salado.

Referencias

- [1] **American Public Health Association (APHA), 2005.** Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th ed.American public Health Association, Washington, D.C.
- [2] **Becerra-Tapia, N. y A.V.Botello, 1995.**Bacterias coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, Mexico.Hidrobiologica 5(1-2): 87-94.
- [3] **Burton, G.A., Gunnison, D. y G.R.Lanza, 1987.** Survival of Pathogenic Bacteria in Various Freshwater Sediments. Applied and Environmental Microbiology.Vol.53, No 4, Apr.1987, p.633-638.
- [4] **Chandran, A., y A.A.Mohamed Hatha, 2005.** Relative survival of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in a tropical estuary. Water Research 39(2005) 1397- 1403.Elsevier Ltd.
- [5] **Cárdenas. 2011.** Efecto de la contaminación hidrocarbúrica sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil.106p.
- [6] **Comisión Permanente del Pacífico Sur, 2000.** Estado del Medio Ambiente marino y costero del Pacífico Sudeste. Secretaria General.Quito, Ecuador.
- [7] **Davies C.M., Long J.A.H., Donald M. y Ashbolt N.J., 1995.** Survival of faecal microorganisms in marine and freshwater sediments. Appl.Environ.Microbiol. 61(5), 1888-1896.
- [8] **Davies E. M., Casserly D.M. y Moore J. D., 1977.** Bacterial relationships in stormwaters. Wat.Resourc.Bull. 13,895-905.
- [9] **Griffin D.W., Erin K. Lipp, Molly R. McLaughlin, y Joan B. Rose, 2001.** Marine Recreation and Public Health Microbiology: Quest for the Ideal Indicator.BioScience.October 2001/Vol.51 No.10.
- [10] **Henderson P. y R. Seaby, 2007.** QED Statistics 1.1. Pisces Conservation Ltda. England.
- [11] **Hendricks C. W., 1971.** Increased recovery rate of salmonellae from stream bottom sediments versus surface waters. Appl. Microbiol. 21,379-380.
- [12] **Hinrichsen, D., 1998.** Feeding a future world. People and the Planet 7(1): 6-9.
- [13] **Jay, D., 1991.** Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A Review Estuaries.Vol.14, 345-360p.
- [14] **Jeng, H.C., Ryan Sinclair, Rebecca Daniels y Andrew J.Englande. 2005.** Survival of enterococci facalis in estuarine sediments. International Journal of Environmental Studies, Vol.62.No.O, Month 2005, 1-9.
- [15] **Lahmayer-Cimentaciones, 2000.** Estudio de prefactibilidad y selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado ParteII.Informe final. Guayaquil, 94 p.
- [16] **McCambridge J. y T.A. McMeekin, 1981.** Effect of Solar Radiation and Predacious microorganisms on Survival of Fecal and Other Bacteria. Applied and Environmental. Microbiology, May 1981.Vol.41, No.5, p.1083-1087
- [17] **Medina, J. Monserrate, L.P.Calle.**Evaluación de las condiciones químicas, físicas y biológicas del Estero Salado en el sector dentro de la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil.
- [18] **Ministerio del Ambiente, 2002.** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Edición Especial. Corporación de Estudios y Publicaciones. Quito. 224 p.
- [19] **Pesantes V.F., 1998.** Algunas características geográficas y oceanográficas del estuario interior del

- Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo. Instituto Nacional de Pesca. Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca. 5-14 p.
- [20] **Pianetti A., W. Baffone, F. Bruscolini, E. Barbieri, M.R.Biffi, L.Salvaggio y A. Albano, 1998.** Presence of Several Pathogenic Bacteria in the Metauro and Foglia Rivers (Pesaro-Urbino, Italy), 1998. *Wat.Res.* Vol.32, No.5, pp.1515-1521, 1998. Elsevier Science Ltd.
- [21] **Ramaiah, N., y De, J., 2003.** Unusual rise in mercury resistant bacteria in coastal environments. *Microbial Ecology*, 45,444-454.
- [22] **Seaby, R., Peter Henderson, Jhon Prendergast y Roby Somes, 2007.** QED Statistics 1.1 Get to the heart of your data. Pisces Conservation Ltd. England.
- [23] **Solorzano, L., 1989.** Status of Coastal Water Quality in Ecuador. In: Olsen, S. and Arriaga, L., Editors. *A Sustainable Shrimp Mariculture Industry for Ecuador*. Narragansett, RI: Coastal Resources, University of Rhode Island. 18 p.