

# **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS (COLIFORMES TOTALES Y FECALES), EN AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN PUERTO LIBERTAD QUE DESCARGAN EN EL ESTERO LIBERTAD**

MICROBIOLOGIC ANALYSIS (COLIFORMS TOTALS AND COLIFORMS FECALS), IN WASTEWATERS GENERATED IN PUERTO LIBERTAD THAT DOWNLOAD IN THE ESTERO LIBERTAD

**<sup>1</sup>Denisse Romero-Choez**

*Egresada de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.*

*Av. Raúl Gómez Linces/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador*

[denissekrc@hotmail.com](mailto:denissekrc@hotmail.com)

**<sup>2</sup>Blgo. David García-Asencio. MSc**

*Docente de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.*

*Av. Raúl Gómez Linces/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador*

## ***Resumen***

Los estuarios a lo largo del tiempo se han convertido en lugares de depósito de aguas residuales que provienen de actividades antrópicas de asentamientos urbanos locales. Es así que surgió el interés de analizar la calidad del agua del estero Libertad, ya que la población de la comuna Puerto Libertad genera una contaminación puntual directo al estuario. Se tomaron muestras aleatorias de agua y se midieron parámetros ambientales in-situ en tres sitios de muestreo con sus respectivas replicas, con una periodicidad de tres meses (mayo, junio, julio). Para la identificación de presencia de comunidades bacterianas del grupo Coliformes se empleó el método de tubos múltiples en unidades Numero Más Probable (NMP),cuyos resultaron mostraron su máxima concentración en la estación PL2 (3846,67 NMP/100ml) de Coliformes totales en pleamar y Coliformes fecales en la estación PL3 (1876,67 NMP/100ml) en bajamar, estos valores superan la normativa ecuatoriana, ANEXO 1 Del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), criterios de calidad para aguas con fines. Existe evidencia suficiente para confirmar la hipótesis de la investigación.

***Palabras Claves:*** *Aguas residuales, Coliformes fecales, Coliformes totales, contaminación, estuario.*

## ***Abstract***

The estuaries over time have become places of wastewater storage that come from anthropic activities of local urban settlements. So, the interest to analyze the water quality of the Libertad estuary, the population of the Puerto Libertad commune generates a direct point pollution to the estuary. Random water samples were taken and environmental parameters were measured in-situ at three sampling sites with their respective replicas, with a periodicity of three months (May, June, July). For the identification of the presence of bacterial communities of the Coliform group, the multi-tube method was used in the Most Probable Number (MPN) units, whose results showed maximum concentration at station PL2 (3846.67 MPN / 100ml) of total Coliforms at high tide and faecal coliforms at station PL3 (1876.67 NMP / 100ml) at low tide, these values exceed Ecuadorian regulations, ANNEX 1 of book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULSMA), quality criteria for waters with Finnish. There is sufficient evidence to confirm the research hypothesis.

***Keywords:*** *estuary, faecal coliforms, pollution , Total coliforms, wastewater.*

## ***INTRODUCCIÓN***

Biológicamente los estuarios y lagunas costeras poseen características similares entre ellos, los servicios ambientales que brindan como su aporte en la diversidad de especies que caracterizan este ecosistema; además de su importancia económica por ser lugares de crianza y reproducción de muchas especies de interés comercial.

Los estuarios poseen condiciones topológicas particulares que hacen diferenciarlos entre ellos. Es así que los estuarios generalmente se encuentran en línea perpendicular a la costa, mientras que las lagunas costeras se encuentran en línea paralela a la costa. Contreras, F & Castañeda, O (2004). Los estuarios son “cuerpos de agua costeros, semicerrados con conexión libre al mar y dentro del cual el agua de mar se diluye significativamente con el agua dulce que proviene del drenaje terrestre”. (Lara, A., Contreras, F., Castañeda, O., Barba, E., Pérez, M., 2011, pag1).

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande de Sudamérica hacia el lado del Océano Pacífico. (Tazán, 1965) separa al Golfo de Guayaquil en dos sectores:

- Estuario interior, Región que comprende toda la parte Este del estuario del Río Guayas, hasta el límite determinado por la costa Oeste de la Isla Puná (80°16'W).
- Estuario exterior, región que se extiende al Oeste de la línea citada hasta el borde de la plataforma continental y que coincide con el límite exterior del Golfo de Guayaquil.

El estero La libertad que se encuentra dentro del Golfo de Guayaquil, se caracteriza por presentar una geomorfología del tipo delta del río, perpendicular a la costa, presenta cuencas con canales y alta sedimentación. (Pritchard, 1952).

(Botello, A; Rendón; Gold, G; Agraz, C., 2005) reafirman lo estipulado por (Colwell, 1979) y (Galindo, 1988), los cuales establecieron que los estuarios están siendo afectados por asentamientos humanos; las aguas domésticas son arrojadas al cuerpo sin previo tratamiento ocasionando alteraciones en el medio. Las descargas de agua residual generan un incremento de bacterias, hongos, virus, protozoarios, que ocasionan que la microflora nativa sea inhibida o destruida por una microflora diferente.

Los cuerpos de agua tienen la capacidad de autodepurarse, proceso que está asociado a las propiedades fisicoquímicas y biológicas. La autodepuración consiste en la reducción de la

materia orgánica por procesos de oxidación y mineralización, que son llevadas a cabo por bacterias y hongos autóctonos del medio; es así que el movimiento energético de las aguas permite el intercambio del oxígeno hacia la atmósfera a nivel superficial, en tanto en ambientes lenticos la acumulación de materia orgánica produce un agotamiento de los niveles de oxígeno, provocando un colapso en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en la columna de agua. (Botello & et al., 2005).

Naturalmente los asentamientos humanos se ubican en zonas con suficiente suministro de agua, pero a su vez la accesibilidad del recurso hídrico está afectando su calidad; producto de las actividades antropogénicas. El agua es un medio ideal para el transporte y multiplicación de microorganismos patógenos (virus, bacterias, parásitos), generalmente estos microorganismos se transmiten por contacto oral, ya sea por ingestión de agua o alimentos contaminados con materia fecal. Estos microorganismos, causantes de diarrea, ocasionan anualmente 1,6 millones de muertes en el mundo. (Tobón, S., Agudelo, R., Gutiérrez, L., 2017).

Las bacterias del tipo coliformes, se emplean como un indicador biológico de la mala calidad del agua producto de la contaminación. Es por ello, que se asume que en mayor proporción son de origen fecal (Mora, J., Calvo, G., 2010). Para garantizar la inocuidad del sistema se emplean métodos de detección específicos como el de Número Más Probable (NMP). (Arriaza, A., Waight, S., Contreras, C., Ruano, A., López, A. y Ortiz, D., 2015)

El Ministerio del ambiente como plan de protección de manglar otorgo Acuerdo de Uso Sustentable y Custodia de Manglar a comunas de la Zona costera; nuestra área de estudio forma parte del Acuerdo antes mencionado.

El presente estudio surge del proyecto de Vinculación “Generación de Información Geográfica en las Comunidades Rurales de la Provincia del Guayas”, teniendo como premisa que en Puerto Libertad se han evidenciado pasivos y activos ambientales que dieron apertura al desarrollo del trabajo de investigación.

## Área de estudio

Puerto Libertad es una pequeña comuna que se encuentra ubicada en el extremo sur de la ciudad de Guayaquil, estuario interior central del Golfo Guayaquil, Islas las Cajas, perteneciente a la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, Parroquia Puná, entre las coordenadas 0615726 N y 9736743 O. El ingreso a las Islas Las Cajas se realiza a través del canal de acceso al Terminal Marítimo de Guayaquil. El estero Libertad se monitoreó con una periodicidad mensual por tres meses.

En la localidad de Puerto Libertad, según datos preliminares del proyecto de vinculación: “Levantamiento de Información Geográfica en las Parroquias Rurales de la provincia del Guayas” se estableció que existen alrededor de 226 personas, distribuidas en 37 viviendas; su principal actividad económica es la pesca de camarón, cangrejos, ostiones, jaibas, etc.; en ocasiones trabajan en el cultivo de camarón en empresas camaroneras, aledañas a la zona. El estudio de análisis de agua se efectuó en el Estero Libertad, donde se establecieron 3 sitios de muestreo, seleccionados por presentar las siguientes características:

- PL1: Punto donde el estero Los gigantes y el estero Libertad se intersectan, sitio de referencia para conocer la calidad del agua que ingresa al estero antes de posible contaminación.
- PL2: Punto donde se encuentra el asentamiento de la comuna Puerto Libertad, donde se identifican tuberías de vertidos directos al estero, criadero de cerdos a orillas del estero, muelle y sitio de anclaje de lanchas destinadas a la pesca.
- PL3: Zona de Manglar, identificación de tubería de descarga de camaronera y sitio de pesca. Sitio de referencia después de posible contaminación. Tabla 1. Figura 1.

Se realizó un muestreo probabilístico del tipo aleatorio simple durante los meses de mayo, junio y julio, considerando ciclos de mareas a lo largo del estero Libertad.

## **METODOLOGÍA**

### **Metodología de campo**

Las muestras de agua fueron obtenidas mediante la metodología estándar convencional utilizada en microbiología general. Para posteriormente ser analizadas por los laboratorios de agua del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) y el Laboratorio de Análisis Químico y Microbiología de Alimento del Instituto Nacional de Pesca (INP). Se realizaron mediciones in situ parámetros físico químicos (pH, temperatura, salinidad, conductividad eléctrica, TDS)

### **Método de Laboratorio**

La determinación de Coliformes totales y Coliformes fecales en el presente estudio se realizó por la técnica de fermentación tubos múltiples los resultados de los análisis se reportaron en Número Más Probable (NMP) de organismos presentes (Standard Methods, 1998) o método de Poisson, es una estrategia para la estimación de densidades poblacionales, se emplea para determinar la presencia o ausencia y concentración de bacterias presentes en el agua o alimento, mediante réplicas de diluciones (diluciones en serie, de muestra de agua en un medio de crecimiento específico); Éste método se fundamenta en la capacidad que tienen las bacterias en desarrollarse y formar un medio de cultivo turbio, producto de la fermentación de la lactosa la cual forma gas (CO<sub>2</sub>) al ser incubada.

La densidad poblacional es estimada a partir de la tabla estadística en la que se usa los números de tubos positivos (presencia de turbidez y formación gas) por dilución. Las tablas estadísticas están basadas en la distribución de Poisson (dispersión aleatoria). Éste método abarca 2 fases: fase presuntiva y la fase confirmativa. Ésta última fase determina Coliformes totales o fecales mediante el tipo de cultivo que se utiliza. (Palacios, R., 2014)

### **Fase presuntiva**

Etapas que radica en la recuperación de los microorganismos que se han dañado, los cuales poseen la capacidad de producir gas en el caldo lauril sulfato triptosa que se interpreta por la fermentación de lactosa que usan como fuente de carbono. Ésta fase no indica la presencia del grupo bacteriano coliforme, sino más bien es una conjetura que habría que corroborar. Aunque un resultado negativo indicaría la ausencia de dicho grupo. (Fernández, M., 2017).

Antes de realizar el análisis se homogeniza la muestra, mediante agitaciones leves, logrando así la distribución unificada de los microorganismos. Posteriormente se realiza las diluciones correspondientes según la procedencia de la muestra, color y olor. En la fase presuntiva el medio de cultivo utilizado es el Caldo lauril sulfato triptosa.

### **Fase confirmatoria**

En ésta fase se trabaja con los tubos que resultaron positivos en fase presuntiva, se realiza la prueba confirmatoria para reducir la posibilidad de falsos positivos, se utilizan medios de crecimientos en los que la bacteria Coliformes totales (Caldo bilis verde brillante) y Coliformes fecales (Escherichia Coli) al ser incubadas logran desarrollarse. (Fernández, M., 2017).

### **Lectura**

La lectura debe realizarse al final del período de incubación de la fase confirmatoria, tanto para coliforme totales y coliforme fecales. Una vez finalizada se anota la cantidad de tubos positivos de cada una de las series; posteriormente para determinar la carga contaminante de coliformes nos dirigimos a la búsqueda del NMP en la tabla, cuyo nivel de confianza es de 95%, a partir de los tubos positivos por cada serie de dilución (1ml, 0.1ml, 0.01ml). En caso de utilizar volúmenes de dilución diferentes a las del manual se multiplica por factor de dilución correspondiente. (Vera., Acuña, J., Vargas, J y García, J., 2006)

## **RESULTADOS**

El estero Libertad se encuentra altamente influenciado por actividades humanas, durante las salidas de campo se pudo evidenciarlas: Tuberías de aguas residuales que descargan directamente al estero Libertad, tuberías de camarónicas, criadero de chanchos a orillas del estero y circulación y estacionamiento de lanchas. Estas fallencias no solo afectan a la ecología del estero, sino que también ocasionan un problema de Salud Pública

Los monitoreos se realizaron en los meses mayo, junio y julio en condiciones de bajamar y pleamar, se observaron cambios significativos en todos los parámetros, a excepción de los TDS y temperatura que permanecieron constantes; esto se podría deber por la influencia de la estación lluviosa del mes de mayo, aún las precipitaciones se encontraban presentes. Los cambios constantes de salinidad se deben por la dominancia de la zona marina en estación seca. A su vez esta dominancia guarda relación con la conductividad eléctrica. Tabla 2.

### **Monitoreo Preliminar**

#### Coliformes totales

Los valores de Coliformes totales por cada estación se presenta el valor más alto (2053,33 NMP/100ml) correspondiente a la estación PL3 y el valor más bajo (76,33 NMP/100ml) correspondiente a la estación PL1. No se evidenciaron diferencias significativas entre estaciones en los análisis estadísticos.

#### Coliformes fecales

Los valores de Coliformes fecales presentó su valor más alto (806,66 NMP/100ml) correspondiente a la estación PL3 y el valor más bajo (43 NMP/100ml) correspondiente a la estación PL1. No se evidenciaron diferencias significativas entre estaciones en los análisis estadísticos.



## **Monitoreo Final**

### **Contacto primario**

#### Coliformes totales

Las concentraciones de Coliformes totales muestran diferencias significativas entre las medias de las tres estaciones de estudio en pleamar con un estadístico  $f(8,66)$ ;  $p(0,017)$ ; registrándose en la estación PL2 la mayor concentración (3846,67 NMP/100ml) y en PL1 la menor concentración (53,33 NMP/100ml). En tanto los valores del grupo Coliformes totales en bajamar no se encontraron diferencias significativas  $F(0,55)$ ;  $p(0,604)$ . Sin embargo, se destaca la estación PL3 que presentó la mayor concentración (1843,33NMP/100ml) y en PL2 la menor concentración (443,33 NMP/100ml). Figura 2.

#### Coliformes fecales

Los Coliformes fecales no presentaron diferencias significativas  $f(3,81)$ ;  $p(0,085)$  pleamar,  $f(1,08)$ ;  $p(0,398)$  bajamar en ninguna de las condiciones de marea, es decir, que sus medias entre estaciones son semejantes; sin embargo, en la estación PL2 en condiciones de pleamar se encontró la mayor concentración (930 NMP/100ml), la menor concentración se evidencio en la estación PL1 donde no se encontró presencia de Coliformes fecales. Por otro lado, en condiciones de bajamar la estación que presentó mayor concentración es PL3 con (1876,67 NMP/100ml) sobrepasando el máximo permisible; la menor concentración fue de (23,33 NMP/100ml). Figura 3.

### **Contacto secundario**

#### Coliformes totales

Las concentraciones de Coliformes totales muestran diferencias significativas entre las medias de las tres estaciones de estudio en pleamar con un estadístico  $f(8,66)$ ;  $p(0,017)$ . Los análisis microbiológicos realizados revelaron que ninguna estación sobrepasa el máximo permisible ni en pleamar ni bajamar, sin embargo, no se descarta la existencia de contaminación por Coliformes totales puesto que la estación PL2 registró la mayor concentración (3846,67 NMP/100ml) valores muy cercanos al permisible. En los valores del grupo Coliformes totales en bajamar no se encontraron diferencias significativas  $F(0,55)$ ;  $p(0,604)$ . Figura 4.

## Coliformes fecales

Los Coliformes fecales no presentaron diferencias significativas  $f(3,81)$ ;  $p(0.085)$  pleamar,  $f(1,08)$ ;  $p(0.398)$  ni en bajamar, en ninguna de las condiciones de marea, es decir, que sus medias entre estaciones son semejantes. Los resultados de análisis microbiológicos arrojaron que en condiciones de pleamar ninguna estación supera el máximo permisible sin embargo no se descarta contaminación de origen fecal puesto que la estación PL2 presentó valores muy cercanos al máximo permisible (940 NMP/100 ml). Durante bajamar la estación PL3 presentó la mayor concentración (1876,67 NMP/100ml) sobrepasando el máximo permisible. Figura 5.

## **Análisis de Componentes Principales**

### Mayo - Bajamar (Monitoreo Preliminar)

El análisis de componentes principales en pleamar durante mayo 2019 presentó una varianza del 99.2% para los dos primeros ejes. El primer eje explica el 51,4% de la variabilidad de los datos y se encuentra asociado con la variable pH con una correlación moderada entre ( $r= 0,474 - r= 0,491$ ) correspondiente para Coliformes totales y Coliformes fecales respectivamente. El segundo eje explica el 42% está asociada a la variable salinidad, con una correlación muy moderada ( $r=0,414 - r= 0,420$ ) para coliformes totales y coliformes fecales. El tercer eje explica el 5,8% está relacionada a la variable conductividad eléctrica, con una correlación negativa moderada ( $r= -0,452$ ) para Coliformes totales y una correlación muy débil ( $r= -0,145$ ) correspondiente para Coliformes fecales. Tabla 3.

### Junio - Pleamar

Los resultados obtenidos fueron analizados por medio de una prueba estadística de correlación Spearman utilizando el programa Minitab, para cuantificar la fuerza y asociación entre variables fisicoquímicas (pH, salinidad, conductividad eléctrica) y la carga bacteriana (Coliformes totales y Coliformes fecales). Los resultados se muestran en tablas, considerando los valores de correlación. El análisis de componentes principales en pleamar durante junio 2019 presentó una varianza del 84.2% para los dos primeros ejes. El primer eje explica el 57,7% de la variabilidad de los datos y se encuentra asociado con la variable pH con una correlación fuerte entre ( $r=0.609$

–  $r= 0.622$ ) correspondiente para Coliformes totales y Coliformes fecales respectivamente. El segundo eje explica el 26.5% está asociada a la variable salinidad, con una correlación muy débil ( $r=0,198$ ) para coliformes totales y débil ( $r= 0,296$ ) para coliformes fecales. Tabla 4.

### Julio – Bajamar

El análisis de componentes principales en Bajamar durante julio 2019 presentó una varianza del 98.3% para los tres primeros ejes. El primer eje explica el 61.4% de la variabilidad de los datos y se encuentra asociado con la variable pH con una correlación moderada entre ( $r= 0,564$  -  $r=0,538$ ) correspondiente para Coliformes totales y Coliformes fecales respectivamente. El segundo eje explica el 31.1% está asociada a la variable salinidad, con una correlación muy débil ( $r=0,042$  -  $r=0,071$ ) para coliformes totales y coliformes fecales. El tercer eje explica 5.9% se encuentra asociada a la variable conductividad eléctrica, Las Coliformes totales poseen una correlación negativa pero débil ( $r=-0.261$ ) y moderada ( $r=-0,596$ ) correspondiente a Coliformes fecales. Tabla 5.

## DISCUSIÓN

Este estudio en forma general hubo presencia de bacterias coliformes entre las estaciones, cuya concentración fluctúa en función a los periodos de mareas y dinámica de la cuenca del río Guayas y sus aportantes. Siendo el punto PL2 donde registró la máxima concentración de coliformes totales con (3846,67 NMP/100ml) cuyos valores estarían asociados al asentamiento de la comuna Puerto Libertad, registros sobrepasan el máximo permisible de acuerdo a la normativa ambiental ecuatoriana.

En comparación con estudios realizado por Rodríguez y Arroga (2007) en la cuenca baja del estero Libertad determinan que no existe contaminación por microorganismo patógenos, puesto que los valores detectados (200NMP/100 ml), fueron comparado bajo norma solo con el criterio de calidad de agua para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas y en aguas marinas o estuarios. En tanto con el criterio de calidad para aguas con fines recreativos sus rangos están en el límite máximo permisible; lo cual supone que la contaminación que la descarga de aguas residuales de la comuna Puerto Libertad no solo afecta a su entorno, más bien se direcciona hacia el canal estero Salado y a su vez éste dirigido a la costa. Así mismo, es de importancia mencionar la existencia de más comunas asentadas en diferentes islas del Golfo de Guayaquil.

Estudios realizados por Plúas (2019) y Nacimba y Chango (2015), Arcos, V; Mero, Machuca, M; Vera, L; Fuentes, A; Flores, E; Egas, F; Espinoza, J; Velasteguí, V. (2010) muestran que los estuarios son la principal fuente de depósitos de aguas residuales provenientes de asentamientos rurales, es así que tanto el estuario Chulluype y el estuario del río Atacames muestran la presencia de microorganismos patógenos, debido al déficit de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las comunidades.

En el caso del estuario Chulluype que reportó los mayores niveles de coliformes totales ( $04 \times 10^7$  UFC/100ml); en el caso del estuario del río Atacames se encontró el valor máximo (110000 NMP/100ml) en Coliformes fecales, época lluviosa-enero; las concentraciones en época seca llegaron hasta (46000NMP/100ml); evidenciando una notable disminución en el contenido de Coliforme entre diferentes épocas, esto podría deberse ya que en época seca el plan de conexión al sistema de alcantarillado se puso en marcha, revelando la importancia de los sistemas de drenaje aguas residuales.

Comparando las variables físico químicas con las concentraciones de Coliformes en el presente estudio se obtuvo una correlación positiva a excepción de la variable conductividad eléctrica fue inversa y en rangos de muy débil y débil. En tanto estudios sobre calidad del agua han considerado las variables: salinidad, temperatura, radiación solar y pH influyen de manera decisiva en la supervivencia de estas bacterias en el ambiente. Solic, M y Krstulovic, N. (1992).

El estero Libertad al ser un ecosistema estuarino presenta fluctuaciones de salinidad constantes que van entre 16 – 24% y rangos de pH entre 6.8 – 7.7; condiciones de salinidad y pH que permiten la supervivencia de estos microorganismos, concordando con autores anteriormente mencionados Solic, M y Krstulovic, N. (1992) establecieron que una salinidad por encima del 25% y rangos de pH muy ácidos o básicos aumentan su tasa de mortalidad. Condición que ha sido reportado por otros autores que indican que algunas especies acuáticas tienen la capacidad de acumular bacterias fecales en su tejido, por proceso de filtración (Delgado, D. 2018).

El problema de las aguas residuales se evidenció con los resultados preliminares del proyecto de vinculación “Generación de información geográfica en las comunidades rurales de la provincia del Guayas” en el año 2019 a cargo del Director del proyecto Ing. Vinicio Macas ejecutado en la comuna Puerto Libertad no publicado, se recolectó la siguiente información, no poseen sistema de alcantarillado o drenaje sanitario las acciones para evacuación de aguas servidas con las siguientes: el 13.89% del agua que se utiliza para uso doméstico (lavaderos de vajillas y vestimenta), son vertidos directamente en los patios de cada una de las viviendas, el 27.78% desechan el agua en Fosas sépticas principalmente de las viviendas que se encuentran alejadas de la orilla del estero; sin embargo, ésta no sería la mejor solución ya que el 58.33% son vertidas por medio de ductos directamente a Río/quebrada/riachuelo sin previo tratamiento como se evidencio en las salidas de campo.

El manejo de las aguas ocasiona un foco puntual de contaminación. Por la importancia que representa el manglar y su estrecha relación con la salud, la presencia de comunidades bacterianas altera y modifican la calidad del agua perjudicando las actividades recreativas de contacto primario y secundario y preservación de flora y fauna, ya que supera el máximo permisible de coliformes fecales, criterio de calidad de agua para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas y en aguas marinas o estuarios

## Conclusiones

- El estero Libertad ubicado en el estuario interior central del Golfo de Guayaquil posee características micro y mesomareales debido que la altura de la marea varía entre 0.40–3.90m, por muestreos continuos definimos que es un estuario positivo, ya que el nivel de salinidad dentro del estero es menor a la de mar abierto, según las particularidades que presenta el Golfo de Guayaquil, el estero Libertad forma parte de canales meándricos, muy característicos de los estuarios tipo delta del río.
- Los resultados de ésta investigación muestran que el estero Libertad se encuentra contaminado por las actividades antropogénicas de la comuna Puerto Libertad y la actividad camaronera.
- Los resultados de esta investigación muestran que la estación PL2 en pleamar presentó la mayor concentración de Coliformes totales, en esta condición de marea se observó que el flujo de agua se encontraba estático y PL3 en bajamar posiblemente por el proceso de arrastre de la marea los microorganismos patógenos que provenían de la estación PL2, lugar donde se registró aportes constantes de materia orgánica procedentes de la población local que descargan directo al estero Libertad, se desplazaron a la estación PL3.
- El parámetro fisicoquímico pH cumple con los criterios de calidad en condiciones de pleamar y bajamar en cada una de las estaciones
- Las altas concentraciones de Coliformes en el área de estudio se determinó que la calidad de agua en el área estimada no se encuentra en condiciones aceptables para desarrollo de actividades recreativas según las regulaciones ambientales, puesto que existe altas concentraciones de Coliformes fecales tanto en las estaciones PL2 y PL3 demostrando que existe presencia de material fecal en el estero Libertad.
- Las variables ambientales de importancia en este estudio fueron el pH, salinidad y conductividad eléctrica cuyos valores se encuentran sobre la normal para el segundo cuatrimestre del 2019, siendo estos parámetros condicionantes para la proliferación de comunidades bacterianas en los estuarios.
- En base a los resultados obtenidos se confirma la hipótesis sobre la presencia de Coliformes totales y fecales en el estero Libertad como consecuencia de las actividades antropogénicas.

## Referencias bibliográficas

- Arcos, V; Mero, Machuca, M; Vera, L; Fuentes, A; Flores, E; Egas, F; Espinoza, J; Velasteguí, V. 2010. Evaluación del nivel de contaminación bacteriológica en agua y sedimento del estuario, y su relación con la calidad del agua subterránea de la comuna Cerrito de los Morreños, Golfo de Guayaquil-Ecuador. *Revista Investigación, Tecnología e Innovación* N2:36-51.
- Arreaga, P., Rodríguez, A. (2007). Caracterización físico química en los alrededores de la isla Orozco en el canal de acceso al puerto marítimo (Boya 59-Boya 66). Ecuador. Recuperado de:  
[https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta14/OCE1401\\_6.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta14/OCE1401_6.pdf)
- Arriaza, A., Waight, S., Contreras, C., Ruano, A., López, A. y Ortiz, D., (2015). Determinación bacteriológica de la calidad del agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- Botello, A., Rendón, J., Agraz, C. (2005). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnósticos y tendencias. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/280446298\\_Golfo\\_de\\_Mexico\\_Contaminacion\\_e\\_Impacto\\_ambiental\\_Diagnostico\\_y\\_Tendencias](https://www.researchgate.net/publication/280446298_Golfo_de_Mexico_Contaminacion_e_Impacto_ambiental_Diagnostico_y_Tendencias)
- Chango, A., Nacimba, N. (2015). Propuesta de un plan de monitoreo de estuario y evaluación de calidad del agua. Caso de estudio: Estuario de la Subcuenca del río Atacames. Tesis de grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador. Recuperado de:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14485/1/CD-6778.pdf>
- Delgado, D. (2018). Niveles de Coliformes totales y *Escherichia coli* en *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Recinto El Morro, Provincia Del Guayas. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: [repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29451/1/Dayana%20Delgado.pdf](https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29451/1/Dayana%20Delgado.pdf)
- Fernández-Santisteban, M. (2017). *Determinación de Coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas*. La Habana, Cuba. Recuperado de:  
[www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf)
- Mora-Molina, J., & Calvo-Brenes, G. (2011). Estado actual de contaminación con Coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Revista Tecnología En Marcha*, 23(5), pág. 34. Recuperado a partir de  
[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/56](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56)
- Plúas, A. (2019). Determinación de Coliformes totales y *Escherichia coli* en el estuario chullupe del cantón Santa Elena provincia de Santa Elena. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Recuperado de:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39709/1/TESIS%20PL%c3%9aAS%202019.pdf>

Ríos, S., Agudelo, R., Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev. Fac. Nac. Salud Pública Recuperado de:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

SOLIC M., KRSTULOVIC N. (1992). Separate and combine effects of solar radiation, temperature, salinity and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. Mar. Pollut. Bull., 24 (8): 411-416

Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Naturales - Proyecto “Generación de información Geográfica en las comunidades rurales de la Provincia del Guayas”

Vera., Acuña, J., Vargas, J y García, J., (2006). Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. San José, Costa Rica.



**Tabla 1.** Puntos de muestreo del área de estudio

**Tabla 2.** Parámetros físico-químicos y microbiológicos de las estaciones de monitoreo del estero Libertad

**Tabla 3.** Correlación entre variables ambientales y coliformes – Bajamar durante mayo 2019

**Tabla 4.** Correlación entre variables ambientales y coliformes – Pleamar

**Tabla 5.** Correlación entre variables ambientales y coliformes – Bajamar

**Figura 1.** Área de estudio

**Figura 2.** Concentración de Coliformes totales. Límite Máximo Permisible según la normativa nacional TULSMA libro VI - Criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario (1000NMP/100ml). Letras diferentes indican que existe diferencia significativa según la prueba de Tukey.

**Figura 3.** Concentración de Coliformes fecales - Límite Máximo Permisible según la normativa nacional TULSMA libro VI - Criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario (200NMP/100ml). Letras diferentes indican que existe diferencia significativa según la prueba de Tukey.

**Figura 4.** Concentración de Coliformes totales – Límite Máximo Permisible según la normativa nacional TULSMA libro VI - Criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario (4000NMP/100ml). Letras diferentes indican que existe diferencia significativa según la prueba de Tukey.

**Figure 5.** Concentración de Coliformes fecales - Límite Máximo Permisible según la normativa nacional TULSMA libro VI - Criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario (1000NMP/100ml). Letras diferentes indican que existe diferencia significativa según la prueba de Tukey.