

El costo de remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador

The cost of remediation the water resource due to contamination of fecal coliforms in the Estero Salado, La Chala sector, Guayaquil-Ecuador

PINO, Sergio L.¹
BARROS, Danilo V.²
SISALEMA, Lila A.³
FERNÁNDEZ, Pedro L.⁴
MOLINA, Carlos D.⁵

Resumen

El objetivo del presente estudio fue calcular el costo de la remediación del recurso agua, producto de la contaminación por Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador. Para ello, se empleó la metodología general de evaluación de daños ambientales, que considera el costo de los insumos y mano de obra que empleará la remediación total del recurso ambiental. Los resultados del estudio determinaron un costo de remediación de \$139.558,05 durante los cinco años que dura la restauración.

Palabras clave: valoración económica ambiental, costo de remediación, daño ambiental, coliformes fecales

Abstract

The objective of this study was to calculate the cost of remediating the water resource product from fecal coliform contamination in Estero Salado, La Chala sector, Guayaquil-Ecuador. To achieve it, the general environmental damage assessment methodology was used, which considers the cost of supplies and labor that will be used to fully repair the environmental resource. The results of the study determined a remediation cost of \$ 139,558.05 during the five years of the restoration.

key words: environmental economic valuation, remediation cost, environmental damage, fecal coliforms

1. Introducción

El aumento vertiginoso de la población en el planeta en los últimos decenios ha generado un incremento considerable en la demanda de fuentes de agua, tanto por su utilidad para satisfacer una necesidad básica, cuanto por sus distintos usos en actividades productivas. Esto a su vez, ha generado un incremento en los niveles de contaminación del recurso hídrico. Es así que, la descarga indiscriminada de residuos de origen doméstico e

¹ Docente Investigador, PhD. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil. sergio.pinop@ug.edu.ec

² Docente Investigador, MSc. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guayaquil. danilo.barross@ug.edu.ec

³ Docente Investigadora, Msc. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil. lila.sisalemam@ug.edu.ec

⁴ Asistente Investigador, Econ. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil. pedroluisfernandezu@gmail.com

⁵ Asistente Investigador, Econ. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil. carlos.molinat@ug.edu.ec

industrial a los cuerpos de agua origina problemas en la salud pública y en los ecosistemas. De forma particular, con respecto a los daños al medio natural de origen doméstico, la mayor amenaza se evidencia en las elevadas concentraciones de materia orgánica y microorganismos patógenos con capacidad de propagarse mediante el agua (Campos Pinilla *et al.*, 2008, pág. 103). En este contexto, se han realizado investigaciones previas, tal es el caso del estudio llevado a cabo por Garzón, Rodríguez & Hernández (2017) en el cual advierten sobre la necesidad de preservar o, en su defecto, restablecer, en la medida de lo posible, recursos hídricos, tanto por los beneficios que de ellos se deriva en la obtención de bienes y servicios de diversa índole, cuanto por su capacidad de sostener la vida. Esto último, considerando sus funciones de regulación y hábitat. (Jiménez, Torregrosa, & Aguilar, 2010)

En este sentido, SENAGUA (2009) como se citó en Campaña y Gualoto (2015) el Estado Ecuatoriano, a sabiendas de la relevancia que tiene la gestión adecuada del agua, se ha hecho cargo de manera más activa en la planificación del cuidado de los recursos hídricos, proponiendo un reciente modelo de desarrollo que toma en cuenta la sostenibilidad y sustentabilidad del agua.

Así mismo, desde una perspectiva local, el Estero Salado (estuario marino perteneciente a la ciudad de Guayaquil) es uno de los cuerpos de agua más contaminados de toda la costa ecuatoriana, principalmente por la descarga indiscriminada de desechos sólidos por parte de industrias y familias alrededor de sus riberas, siendo las de tipo doméstico, las que en la actualidad presentan mayor grado de afectación. Al igual que la presencia de asentamientos humanos ilegales, que merman además de forma progresiva el espejo de agua existente.

Adicionalmente, una de las zonas más afectadas por la presencia de Coliformes fecales en el Estero Salado, es el cuerpo de agua del Sector de La Chala, el cual ha sido deteriorado debido a varias adversidades ambientales, lo que ha impactado negativamente en la salud de los moradores de este sector, que hacen uso directa o indirectamente de este recurso. Cabe señalar, que el daño se ha venido produciendo por las descargas de aguas residuales de origen industrial y doméstico, siendo estas últimas las que han generado impactos más significativos en el deterioro progresivo del cuerpo de agua (Barros Salazar, Castro Cervantes & Pino Peralta, 2020, pág. 18). Con base en las consideraciones expuestas, el presente estudio pretende calcular monetariamente el costo de restaurar el recurso Agua producto de la contaminación por Coliformes fecales en el Estero Salado-sector La Chala.

En la actualidad, el Estero Salado está siendo afectado de forma importante por acciones antropocéntricas, siendo el principal destructor de este ecosistema. Una muestra clara de ello, es la reducción de su extensión geográfica por el rápido crecimiento de los asentamientos humanos, sobre todo en las zonas de manglar, debido a la pesca. Así mismo, son críticas las condiciones con respecto tanto a sus aguas como a sus riberas, a causa de los desechos industriales y domésticos que son arrojados indiscriminadamente por empresas y familias aledañas, respectivamente; mermando su valor paisajístico y sus cualidades ambientales (Vélez Cañarte, 2015, pág. 5).

Otro elemento que denota una impresión visual negativa y en la calidad de agua del Estero Salado, son los residuos sólidos, particularmente, en los segmentos internos del Suburbio de Guayaquil (Puerto Lisa, Esteros Mogollón, Palanqueado) donde, hoy por hoy, se retiran a diario 3.5 TM de residuos sólidos. Sumado a esta problemática, se añade que aún en muchas zonas del sur de la ciudad se prosigue utilizando las orillas de los esteros para urbanizar; estos rellenos reducen el cauce del estero e incrementan la cuantía de sólidos en suspensión (SENPLADES, 2015, pág. 10).

A este respecto, según un estudio reciente con referencia a la demanda bioquímica de oxígeno que hace posible hallar el nivel de daño en la fauna acuática, se evidencia que existe una grave contaminación, en vista de que esta concentración excede los límites tolerables según la Norma Ambiental Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. En lo que respecta a los Coliformes fecales, se demuestra que poseen elevadas concentraciones de Coliformes, excediendo a la Norma ambiental referida al menos en cuatro muestras

recolectadas. En la determinación de Coliformes fecales, se halló que el agua del Estero Salado-La Chala se encuentra en condiciones perjudiciales, tanto para las especies marinas como para el ser humano; además, se enfatiza en que estos últimos deben evitar bañarse en estas aguas, ya que podrían contraer afecciones contagiosas (Barros Salazar, Castro Cervantes & Pino Peralta , 2020, pág. 23).

Los recursos naturales, en un sentido amplio, se pueden definir como aquellos componentes que forman parte de la naturaleza, y que le reportan algún tipo de bienestar o desarrollo al ser humano. Según la Organización Mundial del Comercio (OMC), otra forma de conceptualizarlos sería, como ciertos elementos existentes en la naturaleza en un estado de escasez y con un alto valor económico en la producción y consumo, tanto en su estado natural como luego de haber sufrido algún proceso de transformación con agregación de valor (Orgaz Agüera, 2018).

También, la carencia de valoración de estos recursos puede tener como consecuencias la explotación descontrolada o el uso inapropiado, lo cual se puede traducir a futuro en una reducción de los flujos de bienes y servicios naturales, necesarios para el bienestar social (Osorio Múnera & Correa Restrepo, 2004, pág. 162).

De lo anterior, se evidencia la necesidad de valorar económicamente las afectaciones o pérdidas causadas por daños ambientales, fundamentados en la teoría del bienestar, con la intención de reparar o compensar a la población afectada, lo cual supone la posibilidad de sustitución entre bienes para lograr la mezcla que satisface nuestras necesidades de forma óptima. Es decir, que, frente a una situación de alteración en la provisión de algún bien o servicio, se estima un valor monetario que refleje las pérdidas o ganancias en términos de bienestar. Así, por ejemplo, ante una alteración que afecte negativamente a la calidad del Recurso Agua, se tendría que calcular en términos monetarios la cantidad que compense el daño, o en su defecto, que nos coloque en la situación inicial del estado del recurso, previo a la afectación (Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Asimismo, la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (2004) señala que la cuantificación de los costos del daño ambiental, no sólo es útil para remediar los daños causados al recurso natural, sino que además es básico para determinar penalizaciones, de ser necesarias, o inclusive obligaciones financieras relacionadas directamente con los daños causados al ambiente. En última instancia, de lo que se trata es de buscar los mecanismos de compensación por la pérdida de bienestar, ya sea en términos de los bienes y servicios, o bien, en los flujos monetarios que se dejan de percibir mientras el activo ambiental se encontraba deteriorado.

1.1. Valoración Económica Ambiental

De acuerdo con Figueroa (2013) el incremento exponencial de la actividad económica en los últimos años, con su consecuente impacto en los recursos ambientales, ha dado lugar a una dicotomía entre los economistas entre crecimiento económico y medio ambiente, que ha puesto de manifiesto la necesidad de cuantificar los componentes que constituyen los ecosistemas. (como se citó en Báez Quiñones , 2018, pág.162)

En lo que respecta a la cuantificación, o expresado en un sentido amplio, a la valoración Azqueta *et al.* (2007) señala que se trata de un proceso que permite representar el nivel de satisfacción o capacidad de las cosas para cubrir necesidades o generar algún tipo de bienestar, normalmente a través del precio. (citado en Cayo Velásquez, 2014, pág.26)

En tal sentido, la ciencia económica ha dirigido sus esfuerzos a la búsqueda de formas y métodos que permitan valorar en términos monetarios los daños causados al ambiente. Así, el propósito de estos elementos de análisis es ofrecer una valoración del medio ambiente, evidenciando su importancia, en tanto que “bien público”. Un acercamiento a dicho valor pasaría por determinar la predisposición de los individuos a pagar por él, lo cual estaría ligado directamente a la categoría de “preferencias” (Raffo Lecca & Mayta Huatuco, 2015, pág. 61).

Asimismo, a la hora de realizar el cálculo de la disponibilidad de pago que tienen los diferentes individuos en torno a un recurso ambiental, se presenta la limitante de la inexistencia de mercados donde se realicen las operaciones habituales de compra y venta, es decir, no existen mercados de bienes ambientales. Así, no hay un “mercado de la bulla” o un “mercado del buen estado del aire”, de tal suerte, que se precisa de los métodos desarrollados por la Economía Ambiental, con el fin de calcular el nivel de bienestar generado por un aumento de la calidad del ambiente (Raffo Lecca & Mayta Huatuco, 2015, pág. 61).

Finalmente, Azqueta (1994) afirma que la valoración económica ambiental se constituye como un acervo de técnicas y métodos que posibilitan el cálculo de las expectativas en torno a beneficios y costos que acarrearán diversas acciones relacionadas con el uso de activos ambientales, la realización de una mejora al ambiente o un daño al mismo. (como se citó en Báez Quiñones, 2018, pág.162)

La contaminación bacteriológica se produce por la presencia de microorganismos en el agua potable y la formación de biopelículas en los sistemas de distribución. El incremento bacteriano en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable produce un deterioro del índice de calidad del agua (ICA), produciendo una variación en su sabor y olor, aumentando, además, su turbidez (Sousa, Colmenares & Correia, 2008).

Los microorganismos patógenos son aquellos que dañan la salud humana, y son principalmente bacterias, virus y protozoarios (Arias *et al.*, 2010). Los Coliformes se constituyen en una familia de bacterias que habitan en grandes cantidades en el medio ambiente. Su presencia en cuerpos de agua se asocia -en una gran cantidad de casos- a un cierto nivel de contaminación, normalmente ligada a la descarga de aguas negras residuales, o heces de animales y humanos. Cabe señalar que, el grado de contaminación está directamente relacionado con la cantidad de Coliformes presentes en el agua. (Munn, 2004)

Por otra parte, cabe indicar que no todos los Coliformes existentes en el ambiente representan una amenaza para la salud del ser humano. No obstante, la presencia de Coliformes de tipo Fecales, como *Escherichia coli*, o bien Totales, se consideran los más nocivos, siendo indicadores de un daño a la calidad de los cuerpos de agua, que posteriormente, a través del consumo directo de estas aguas, causan serias enfermedades a la salud humana, tales como insuficiencia renal, fiebre tifoidea, poliomielitis, hepatitis, salmonelosis, etc. (Robert, 2014)

Lo anterior, es también sostenido por Munn (2004), quien indica que la familia de las Coliformes se encuentra presente en el ambiente en absolutamente todas las especies vivas; plantas, animales, seres humanos, e inclusive en el suelo. El hecho de que se evidencie la existencia de bacterias Coliformes en el agua suele estar asociado muy probablemente a una contaminación causada por el vertimiento de desechos en descomposición. Normalmente, las bacterias Coliformes se concentran en la superficie y sedimentos de los cuerpos de agua donde habitan (Ramos Ortega *et al.*, 2008).

Asimismo, existen diferentes vías de contaminación de Coliformes de tipo fecal. Quizá la más común tiene lugar cuando las fuertes precipitaciones terminan por arrastrar desechos de todo tipo a los sistemas de agua. Otra forma se da cuando ciertos animales de sangre caliente descargan sus heces en pequeños arroyos, que terminan desembocando en cuerpos de agua de mayor densidad. También, aunque con menor frecuencia, sucede cuando las plantas encargadas de tratar aguas residuales con desechos humanos, realizan la descarga a cuerpos de agua sin haber realizado una desinfección adecuada (Pure Aqua, s.f.).

Por último, es importante señalar que las bacterias Coliformes tienen una gran capacidad para sobrevivir y multiplicarse fuera del intestino, adaptándose con gran facilidad a sistemas de agua potable, razón por la cual son consideradas como un indicador de contaminación fecal en agua (Camacho *et al.*, 2009).

Los Coliformes fecales forman parte de los Coliformes totales. Son un grupo minúsculo de microorganismos, con la particularidad de ser resistentes a temperaturas de hasta 45° C; por esta razón, son llamados también “termotolerantes”. De hecho, en la actualidad, los especialistas recomiendan que el término “fecal”, sea reemplazado por este último. Asimismo, los Coliformes fecales son considerados como los mejores indicadores de calidad, tanto en agua cuanto en alimentos. En su mayoría se encuentran conformados por Coliformes de tipo *Escherichia coli*, aunque también en menores cantidades por las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Cabe indicar que la especie *Klebsiella pneumoniae*, pese a formar parte de los Coliformes termotolerantes, su presencia generalmente se encuentra fuera de organismos vivos, es decir, es ambiental (Larrea Murrell *et al.*, 2013, pág. 26).

Además de lo anterior, los Coliformes termotolerantes se diferencian de los Coliformes totales en que los primeros son indol positivo, tienen la capacidad de desarrollarse a temperaturas más altas que los segundos, y resultan ser mejores indicadores de calidad. Esto último, ya que permiten detectar la presencia de heces de origen animal (sangre caliente) o humano, esto debido a que estos microorganismos habitan en el tracto intestinal, siendo las bacterias *Escherichia coli* las de mayor presencia, alrededor de 90-100% (Larrea Murrell *et al.*, 2013, pág. 26).

En lo que respecta a los Coliformes totales, se consideran agentes microbianos importantes para la detección de alteraciones en la calidad de los cuerpos de agua. Es decir, su presencia puede estar asociada a un estado no apto del agua para consumo humano, producto de algún tipo de contaminación. Así mismo, otra cualidad que distingue a los Coliformes totales de otros tipos, es su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácidos y gas, a temperatura de 35 ° C (Redondo Solano & Arias Echandi , 2012, pág. 219).

Por otra parte, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, la presencia de Coliformes totales, por sí misma, no representa una amenaza para el ser humano, puesto que existen microorganismos de este tipo que no son patógenos. Sin embargo, la concentración de los mismos suele estar relacionada con la presencia de Coliformes de tipo fecal, siendo estos últimos causantes de amenazas a la salud humana, tales como diarrea, náuseas, cefaleas, etc., que tienden a afectar especialmente a personas con sistema inmune frágil (Salgado Zeballos, 2002, pág. 9).

Al igual que las bacterias Coliformes totales, los de tipo *Escherichia coli* (*E. coli*) tampoco son una amenaza para la salud humana en la gran mayoría de los casos. De hecho, los microorganismos *E. coli* son de los más comunes en el intestino de animales y seres humanos que se encuentran en buen estado de salud. Cuando se encuentran en cantidades considerables, tienden a causar diarrea leve. Sin embargo, existe una variedad que si es considerada de alta peligrosidad en niños y adultos con sistemas inmunes débiles, y es la cepa denominada *E. coli* O157:H7, la cual es causante de cólicos abdominales intensos, que producen sangrado y vómitos (Mayo Clinic, 2019).

Asimismo, se advierte que la forma habitual de exponerse a bacterias de la cepa *E. coli* O157:H7 se da mediante el consumo de agua y alimentos contaminados, siendo especialmente común en vegetales no cocidos y carne de res molida, no expuesta a un tiempo de cocción suficiente. Normalmente, los adultos que contraen bacterias de la cepa *E. coli* O157:H7 tienden a recuperarse en el lapso de una semana. En el caso de personas vulnerables, pueden llegar a desarrollar alguna forma de insuficiencia renal, que puede comprometer seriamente la salud (Mayo Clinic, 2019).

1.2. Valoración Económica de Recursos Naturales

La valoración económica de los recursos naturales se vuelve especialmente importante en un contexto en el cual existe un alto grado de contaminación, la cual se deriva en gran medida de la actividad económica sin que en el proceso se internalicen los costos, normalmente por parte de las empresas, aunque también suele ser de origen

doméstico, generando externalidades negativas a terceros, quienes terminan asumiendo dichos costos de la contaminación. (Raffo Lecca, 2015)

De lo anterior, ante un evidente fallo de mercado, surge la necesidad dentro de la ciencia económica de incorporar en el análisis de costos a aquellos que se derivan de la explotación de recursos naturales, con el objetivo de imputar dichos costos a las actividades contaminantes de origen industrial y doméstico, de tal manera que los precios de la economía reflejen este desgaste ambiental. Asimismo, la valoración económica tiene por objeto reflejar en términos monetarios el costo de la reparación o remediación (restaurar en la medida de lo posible) de dichos recursos.

Un recurso natural que se ha visto afectado con mayor intensidad en los últimos años -a escala global- es el agua, y en el caso particular del Ecuador esta no es la excepción. Los gobiernos autónomos descentralizados del país han prestado poca atención a la degradación de ríos y cuerpos hídricos en general. Apenas unos pocos han hecho esfuerzos mínimos por dar solución a esta problemática, siendo el principal problema la descarga indiscriminada de aguas de origen residual a cuerpos receptores; esto ha significado la pérdida gradual de la calidad de muchos afluentes importantes a escala nacional (Santillán, Pérez Villafuerte & Quishpi Guallo, 2016).

De igual forma, un estudio que pretendió determinar el grado de afectación sobre la fauna acuática, producto de la contaminación del agua en el Estero Salado-sector La Chala, en un tiempo aproximado de tres fechas (3 de diciembre de 2019, 3 de enero de 2020, y 5 de febrero del año 2020), se llevó a cabo empleando cuatro muestras de acuerdo a la norma del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), mismas que fueron enviadas para su posterior análisis físico-químico y microbiológico al laboratorio del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR). Los resultados determinaron la presencia de microorganismos patógenos por encima de los límites permitidos por las normas TULSMA para la calidad de vida de la fauna acuática. Se concluyó que los Coliformes fecales se encuentran altamente concentrados en los cuatro sitios muestreados, en promedio, en un valor aproximado de 1.915.000 NMP/100 ml en el cuerpo de agua, cuando la Norma Ambiental Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), según el acuerdo 028 respecto del límite permisible, establece un valor máximo de 200 NMP/100 ml, siendo un indicador de elevado daño a la vida acuática (Barros Salazar, Castro Cervantes & Pino Peralta, 2020, pág. 18).

En la misma línea de ideas, un estudio sobre la valoración económica de un bosque nativo ubicado en la provincia de Córdoba (Argentina) ciudad Río Ceballos, y perteneciente a la Reserva Hídrica Natural del Parque La Quebrada, que provee mediante sus funciones ecosistémicas un rol elemental en la conservación y calidad de las aguas de esta localidad, permitió revelar un estimado de la disposición a pagar por su conservación. Se planteó el supuesto de la posibilidad de establecer un fondo para la sostenibilidad de este bien ambiental. La metodología adoptada fue el método de valoración contingente, el cual -mediante encuestas- permitió revelar una DAP (Disposición a Pagar) de \$9,13 mensuales por hogar. Se debe agregar que este estudio además de la DAP, permitió revelar una marcada desconfianza de los pobladores de la localidad sobre la administración del fondo por parte de la autoridad provincial. No obstante, aprueban la creación de un fondo administrado por la propia comunidad (Arán, Iván, & Huais, 2015, pág. 131).

A su vez, es importante remarcar que existen importantes estudios en la literatura internacional referentes a la utilización de plantas (fitorremediación) para remover la contaminación microbiológica del agua, particularmente, a las Coliformes fecales. En este sentido, se exponen como antecedentes los siguientes estudios:

Una investigación llevada a cabo en Colombia, sobre la factibilidad de una técnica de fitorremediación basada en la utilización de la planta *Eichhornia crassipes* (repollo o jacinto de agua), con el objeto de tratar aguas residuales y determinar los costos implícitos en el proceso, reveló costos por tratamiento de \$3.143.900,00 de los cuales,

se dio la siguiente distribución: \$587.100,00 por materiales, cerca de \$250.000,00 derivado de la mano de obra empleada, y un aproximado de \$2.306.800,00 en costos legales (Rodríguez & Poveda, 2016).

Así mismo, se llevó a cabo un estudio en Perú, a través del uso de la planta *Eichhornia c*, que tuvo como objeto comprobar la capacidad de remoción de agentes contaminantes presentes en el agua (destinada al riego de espacios verdes en la Universidad Peruana Unión. Para el efecto, se instaló un método de tratamiento en la ubicación conocida como “La Mansión”, en la cual existe una laguna cuyas magnitudes son 3050.16 m², altura de 4 m, volumen de 6405.336 m³ y un fluido de 0.12 m³/sg, considerando un espacio de 5 años para la restauración. Adicionalmente, se instalaron 37 piscinas flotantes distribuidas en el área, con 7 piscinas en la zona intermedia. En lo que respecta a las plantas, se emplearon alrededor de 600 individuos, suficientes para los m² antes señalados. El análisis sobre la efectividad de la planta se hizo a través de una serie de parámetros que se compararon mediante el método estadístico de la prueba “t” de Student. Por último, se concluyó que la capacidad de remoción de la planta en cuestión fue totalmente eficiente, ya que permitió recuperar el cuerpo de agua, siendo un sistema amigable con el medio ambiente, capaz de remover metales, residuos, y otros contaminantes del agua. Con esto, se avala su capacidad para desinfectar cuerpos de agua, al mismo tiempo que no exige costos elevados (Cruz *et al.*, 2016, pág. 53).

En este sentido, el objetivo de la investigación fue estimar el costo de la remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, en la ciudad de Guayaquil-Ecuador, a fin de generar una cultura ciudadana de respeto a los recursos naturales de la zona, y también para concienciar a las autoridades encargadas de manejar la política ambiental, sobre los impactos que genera en la sociedad en su conjunto, los daños ambientales.

2. Metodología

El enfoque de la investigación fue de tipo cuantitativo y también de tipo descriptivo, ya que tiene como propósito detallar las cualidades, particularidades y los perfiles de las personas, conjuntos, colectivos, procesos, asunto o algún otro objeto de estudio que se considere para un análisis (Hernández Sampieri , Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 80).

En lo que respecta al lugar de ejecución de la investigación, la fig. 1 muestra su ubicación geográfica, siendo, 2°12'36" S y 79°55'11" W, y 7 msnm. Adicionalmente, esta zona alberga a alrededor de unas 800 familias, distribuidas en torno al brazo de mar (a lo largo de sus riberas) de aproximadamente 600 metros (Pino Peralta *et al.*, 2020, pág. 30).

Las acciones para reparar el daño ambiental demandan recursos humanos, financieros e insumos. Los precios y las cantidades de los recursos y de los insumos a utilizar, determinan el costo total de la restauración del cuerpo de agua afectado. Para valorar económicamente el costo total de reparación del daño ambiental del cuerpo de agua, se utilizó el modelo propuesto por Barrantes & Di Mare (2001).

Figura 1
Zona geográfica del área de estudio



Fuente: Google Earth Pro (2020)

Para calcular el costo de restauración del recurso agua en el agua del estero salado, situado en el sector La Chala de la ciudad de Guayaquil, se utilizó la siguiente fórmula matemática: (Barrantes, Gerardo; Di Mare, María, 2001).

$$CR = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i q_{tji} (1+r)^{-t}$$

y $T = \text{Max} \{t_j / j \text{ es el recurso agua y } j = 3 \text{ años}\}$

Donde:

- CR:** Costo de restauración biofísica del agua por Coliformes fecales (c/unidad del factor)
- T:** Tiempo total requerido para la restauración del daño causado, determinado por el estado de conservación de los recursos naturales alterados. (T = 3)
- p_i:** Precio del insumo *i* usado en la restauración del agua (c/unidad del insumo)
- q_{ij}:** Cantidad del insumo *i* usada en la restauración del recurso natural (agua) *j* (unidades del insumo)
- r:** Tasa de descuento para actualizar los valores en el tiempo (12%)
- t:** Tiempo (años)
- m:** Insumos requeridos en la restauración del recurso agua *i* ($m = 20$)

n: Recurso natural afectado (agua) por acción humana (n = 1)

Donde:

$$\begin{aligned}
 CR = & (P_1Q_{011} + P_2Q_{012} + P_3Q_{013})(1 + 0.12)^0 \\
 & + (P_1Q_{111} + P_2Q_{112} + P_3Q_{113})(1 + 0.12)^{-1} \\
 & + (P_1Q_{211} + P_2Q_{212} + P_3Q_{213})(1 + 0.12)^{-2} \\
 & + (P_1Q_{311} + P_2Q_{312} + P_3Q_{313})(1 + 0.12)^{-3} \\
 & + (P_1Q_{411} + P_2Q_{412} + P_3Q_{413})(1 + 0.12)^{-4}
 \end{aligned}$$

Considerando las condiciones naturales existentes en la zona de la investigación y las consultas realizadas directamente a expertos en fitorremediación, se determinó el tiempo requerido para recuperar el agua y las actividades por ejecutar (5 años máximo), más allá de que los daños sean similares en otras zonas del estero salado. Otra manera de expresar la fórmula anterior, se presenta en la tabla 1.

Tabla 1
Representación de la fórmula matemática utilizada para estimar el costo de reparación ambiental

Insumos (m=2)		Costo (USD)		Recursos Afectados (n=1)		
				Cantidad de cada insumo (q)		
		Unidad	Precio por unidad (p _i)	año 1	año 2	año 3
				t=0	t=1	t=2
		Agua j=1	Agua j=1	Agua j=1		
Mano de obra	i=1	Horas	\$	XYZ	XY	X
Materiales	i=2	Unitario	\$	XYZ	XY	X

Fuente: Tomado de Barrantes y Di Mare (2002).

Metodología para la evaluación económica de daños ambientales en Costa Rica. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS)

La información respecto de precios de insumos y costos de mano de obra, se obtuvieron a través de indagaciones en el mercado especializado (tiendas comerciales, etc.) de la ciudad de Guayaquil. Otra de las fuentes para recabar estos datos fueron obtenidos por internet, ya que como es conocido, cuando se realizó esta investigación, el Ecuador vivía un confinamiento causado por la pandemia del SARS-COV-2.

Para llevar a cabo el cálculo de los costos de reparación del recurso ambiental agua, afectado por la contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado-sector La Chala, fue necesario, además de la utilización del método general de evaluación de daños ambientales, desarrollado en Costa Rica por (Barrantes y Di Mare, 2001), la utilización de la técnica de fitorremediación, en la actualidad, ampliamente extendida, por su capacidad para remover agentes contaminantes en recursos hídricos. Dicho esto, a continuación, se exponen brevemente los principales hallazgos de la implementación de esta técnica basada en el método previamente señalado:

En primer lugar, se procedió a determinar la superficie del espejo de agua contaminada con Coliformes fecales, que se extiende a lo largo de 600 metros en zona de Puerto Lisa (La Chala). Para llevar a cabo este procedimiento, se hizo uso de las matemáticas más elementales, a través del cálculo aritmético básico, a partir de la estimación de las medidas de longitud y altura del cuerpo de agua en cuestión. Es decir, el producto de 600 m de longitud, 20 m de ancho y 2.5 m de altura o profundidad. Tabla 2.

Tabla 2
Superficie del espejo de agua m³

Dimensiones	Cantidad (m)
Longitud	600
Ancho	20
Profundidad	2,5
Volumen total	30.000 m ³

Fuente: Investigación de campo, año 2020

Cabe señalar, que se utilizó un distanciómetro, conocido también como medidor láser, para medir la distancia entre los dos puntos del estero. La profundidad se calculó en base a la información proporcionada por el personal que hace la limpieza de basura y escombros en ese ramal del estero. La estimación es bastante bien aproximada a la realidad, con lo cual, no se sacrifica calidad en la investigación. De esta manera, la superficie del espejo de agua tiene un aproximado de 30.000 m³ de agua contaminada.

Tabla 3
Concentración de Coliformes fecales en sitios
de muestreo del Estero Salado-La Chala

Código de muestreo	Fecha de muestreo	Coliformes fecales NMP/100ml	Límite permisible acuerdo 028 TULSMA coliformes fecales NPM/100ml
CH-1	5/2/2020	4,60E+06	200
CH-2	5/2/2020	1,50E+06	200
CH-3	5/2/2020	1,10E+06	200
CH-4	5/2/2020	4,60E+05	200

Fuente: Tomado de Barros Salazar, Castro Cervantes & Pino Peralta (2020).

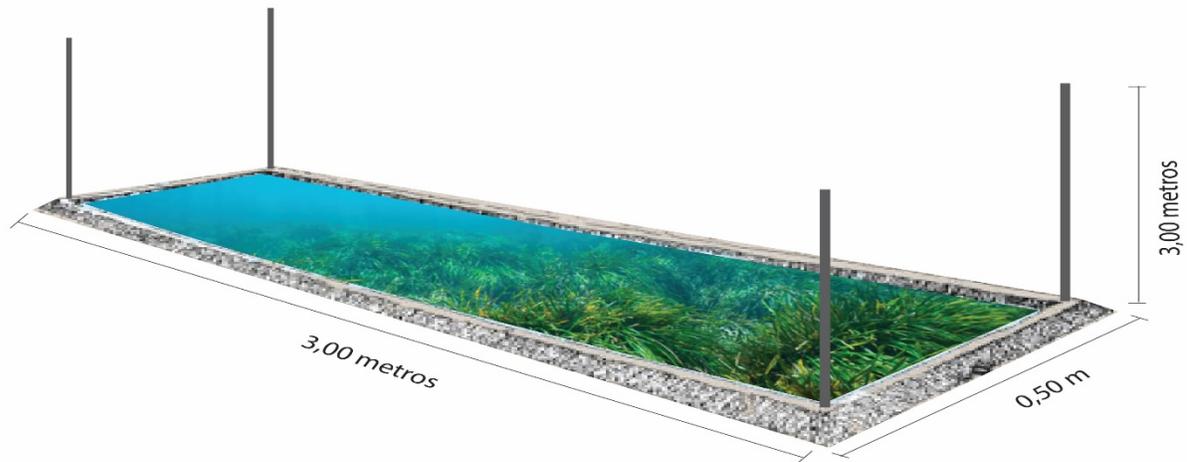
Calidad de agua del Estero Salado y su incidencia en la fauna acuática, sector La Chala-Guayaquil.

Como se puede visualizar en la tabla 3, respecto de la concentración de la bacteria coliformes fecales se encuentran que el sitio CH1 tienen una concentración de coliformes fecales 4,60E+06 NMP/100ml; mientras que el sitio CH2 se encontró en 1,50E+06, así mismo en el sitio CH3 1,10E+06; y, en el sitio CH4 se obtuvo una concentración de 4,60E+ 05, en todos los casos niveles exponencialmente superiores al límite permisible del acuerdo 028 TULSMA, cuyo límite máximo es de 200 NPM/100 ml, lo que demuestra que las aguas del Estero Salado se encuentran altamente contaminadas.

Habiendo determinado la superficie del espejo de agua, como se mencionó más arriba, se consideró la aplicación de la técnica de fitorremediación, con la cual se determinó el tipo y cantidad de insumos y materiales que es requerido para llevar a cabo la restauración de la superficie estimada. En este sentido, se consideró la construcción de sistemas flotantes; piscinas de 1,5 m² con un total de 188 piscinas distribuidas en un área total de 281,25 m². Para este propósito, se hizo uso de la planta *Eichhornia Crassipes*, más conocida como Jacinto o repollo de agua. La cantidad de plantas requerida para cubrir las dimensiones antes señaladas estuvo en torno a las 2.820.

Adicionalmente, cabe agregar que el diseño del sistema considerado, así como sus dimensiones y características, fueron tomados y adaptados del trabajo previo de Cruz *et al.* (2016), denominado "Tratamiento de las aguas de la laguna Mansión mediante la especie *Eichhorniacrassipes*, para el riego de áreas verdes en la Universidad Peruana Unión". En este trabajo se realizó un tratamiento de fitorremediación usando *Eichhornia crassipes*, empleando piscinas flotantes para una superficie menor, el cual sirvió como referencia permitiendo emplear dicho sistema en el presente estudio.

Figura 2
Diseño de piscinas flotantes para fitorremediación



Fuente: Tomado de Cruz *et al.* (2016). Tratamiento de las aguas de la laguna “Mansión” mediante la especie *Eichhorniacrassipes*, para el riego de áreas verdes en la Universidad Peruana Unión. Elaboración propia.

Asimismo, como se puede visualizar en la figura 2, para la construcción de las bases del sistema flotante, fue necesaria la utilización de tubos de desagüe PVC de 4”, los cuales fueron considerados por su densidad superior al agua y resistencia en el tiempo. Las dimensiones de las piscinas fueron de 3 m de largo por 0,5 m de ancho. Es decir, para un total de 188 piscinas, se requirió de al menos 1.316 m de los tubos en cuestión. Además, se requirió del uso de red de malla de nailon, también por un total de 1.316 m de longitud. Este tipo de malla es la de uso habitual en acuicultura, y en el caso de los sistemas flotantes, se emplean para bordear el perímetro de las piscinas y la superficie donde serán cultivadas. Adicionalmente, se precisa de amarres plásticos, los cuales son necesarios para sujetar las redes a las bases de los sistemas flotantes (tabla 3).

Conviene subrayar que los elementos mencionados previamente, constituyen los insumos que se consideraron para llevar a cabo el coste de reparación. Es decir, en total se requiere de 4 insumos básicos: las plantas de *Eichhornia crassipes*, tubos de desagüe PVC de 4”, red de malla de nailon para acuicultura y amarres plásticos. No obstante, además de insumos, la reparación demanda de una serie de materiales que se requieren para poder construir los sistemas flotantes, y dar mantenimiento a lo largo del período de remediación. Esta información de insumos y materiales es recogida en la tabla 3, donde además de listarlos, se muestran los costos totales incurridos.

3. Resultados

Los costos totales por insumos y materiales durante el período de restauración considerado tienen un valor aproximado de \$127.318,05 (tabla 3). De esta cifra, llama la atención que alrededor de \$109.698,00 correspondan a un solo insumo, la planta fitorremediadora *Eichhornia crassipes*. Es decir, sólo la planta en cuestión representa cerca del 93,73% de los costos todos los insumos requeridos para la restauración. Le sigue el costo por la compra (por única vez) de los 1.316 m de tubos de desagüe PVC de 4”, lo que corresponde a un 4,5% del total de costos. La red de malla de nailon representa el 1,69%, y las amarras no llegan ni al 1% del total de costos por insumos, con, aproximadamente, el 0,081%.

Tabla 4
Costo total de insumos y materiales requeridos

Insumos y Materiales	Unidad	Precio (p) (USD)	Cantidad (q)	Veces por año (n)	No. años de costos (m)	p*q*n*m (USD)
<i>Eichhornia crassipes</i>	planta	38,90	2.820	1	1	109.698,00
Plancha de fibra de vidrio de 16-18'	unidad	6.000,0	1	1	1	6.000,00
Tubos de desagüe PVC de 4"	metro	4,00	1.316	1	1	5.264,00
Red de malla de nailon para acuicultura	metro	1,50	1.316	1	1	1.974,00
Máquina de soldar	unidad	300,00	1	1	1	300,00
Gasto combustible	galón	1,04	200	1	5	1.039,00
Amarras <i>Escherichia coli</i> , <i>Escherichia coli</i> , plásticas 30 cm negra funda de 100 µ P-0303 Dexon	unidad	5,00	19	1	1	95,00
Overol enterizo tela gabardina (reusable)	unidad	27,65	3	1	1	82,95
Tapabocas (máscara media cara 6200)	unidad	22,00	10	1	5	1.100,00
Electrodos	libra	4,80	12	1	1	57,60
Overol enterizo desechable para uso industrial	unidad	16,00	3	1	1	48,00
Guantes de ultranitrilo	par	10,00	10	1	5	500,00
Botas pantaneras (caucho)	par	9,38	10	1	5	469,00
Extensión eléctrica con cortapicos de 3 tomas naranja 15 m	unidad	25,00	1	1	1	25,00
Filtro de máscara 6200	par	10,00	10	1	5	500,00
Guantes para soldar Api. cuero	par	6,50	3	1	1	19,50
Gafas de seguridad	unidad	2,65	10	1	5	132,50
Máscara para soldar marca Century	unidad	4,50	3	1	1	13,50
Total costos de insumos y materiales						127.318,05

Fuente: Precios de mercado. Tomados de productos y servicios en línea, de instituciones tales como: Aquaplantas, Mercado libre, Ferrocosta S.A., Megakons S.A., entre otras.

Otro aspecto que salta a la vista en la tabla 4, con respecto a la columna "Número de años que se incurre en costos" es que en la mayoría de los insumos y materiales se realiza la compra por una única vez, es decir, sólo se

incurre en dichos costos durante el primer año del proyecto de remediación, y empleándose posteriormente los mismos materiales. Dicho esto, se deduce que existe una reducción en el nivel de costos a través de los años, siendo el año uno, el de mayor costo por insumos y materiales. De hecho, sólo se incurre en costos por insumos durante el primer año. De esta manera, los materiales que requieren ser comprados y consumidos durante los cinco años que dura la reparación, son únicamente los siguientes: gasto por combustible, guantes de ultranitrilo, botas pantaneras (caucho), filtro de máscara 6.200 y gafas de seguridad.

Por otra parte, se procedió a estimar el costo de la mano de obra, imprescindible para llevar a cabo la reparación, a lo largo del período considerado (tabla 5). Para empezar, el requerimiento de mano de obra es dos tipos de trabajadores: trabajador acuícola y trabajador industrial (soldador). El primero, necesario para llevar a cabo las labores de plantación de las plantas de *Eichhornia crassipes*, además del control y mantenimiento de los cultivos durante todo el proceso de reparación. El segundo, para la construcción de la estructura de las piscinas.

Es importante señalar que, como se muestra en la tabla 5, el requerimiento de ambos operarios varía de forma considerable a lo largo del período de reparación, puesto que el servicio de los soldadores se requiere por única vez durante la construcción de los sistemas flotantes, mientras que los operarios del sector acuícola se requieren durante, prácticamente, todo el proceso de restauración. Esto es así, ya que la planta usada para la fitorremediación tiene un cierto tiempo de vida útil, aproximadamente, un mes. Posterior a ello, es necesario que las plantas que han absorbido las Coliformes fecales durante ese período sean desechadas. Además, como la *Eichhornia Crassipes* es una planta de rápida reproducción, en promedio, dos semanas, no es necesario volver a comprar nuevas plantas, de esta manera, se emplean las nuevas crías y se repite el ciclo durante todo el proceso de tratamiento.

Tabla 5
Costo total de la mano de obra requerida

Mano de obra	Cantidad (q)	Veces por año (n)	Costo por jornal (p) (USD)	Años de requerimiento (m)	Costo total (USD) $p*q*n*m$
Trabajador acuícola	10	12	20,00	5	12.000,00
Trabajador industrial	3	2	40,00	1	\$240,00
Total costos de mano de obra					12.240,00

Fuente: Cálculos a partir del sitio web Ecuador Legal Online.

De lo anterior, es evidente que se requerirá del trabajo de los operarios acuícolas durante todo el proceso de remediación para realizar labores de mantenimiento dentro de las piscinas. Para el estudio, se consideró una frecuencia de, al menos, una vez cada mes. De esta manera, se requerirá cerca de 120 operarios acuícolas por año, un total de 600 para la reparación. En tanto, que sólo se requerirán 6 operarios industriales. Así, el costo total en que se incurrirá por la mano de obra empleada es de \$12.240,00. De los cuales, el 98,04% corresponde a trabajadores acuícolas y sólo un 1,96% a trabajadores industriales.

Hasta aquí se han expuesto, de un lado, los costos de la utilización de insumos y materiales, y de otro, los costos derivados de la mano de obra. En la tabla 6 se sintetizan ambas variables. Para la elaboración de dicha tabla fue necesario el uso del “método general de evaluación de daños ambientales”, desarrollado en Costa Rica por Barrantes y Di Mare, en 2002, como se indicó en la metodología. En este sentido, se estimó de forma agregada, tanto los insumos y materiales, como los costos de la mano de obra, llevados a valor actual. El resultado final del

costo de restauración del recurso agua en el sector La Chala del Estero Salado, es de aproximadamente \$139.558,05 durante los cinco años que dura la restauración.

Tabla 6
Costo de reparación del recurso agua
en el Estero Salado, sector La Chala

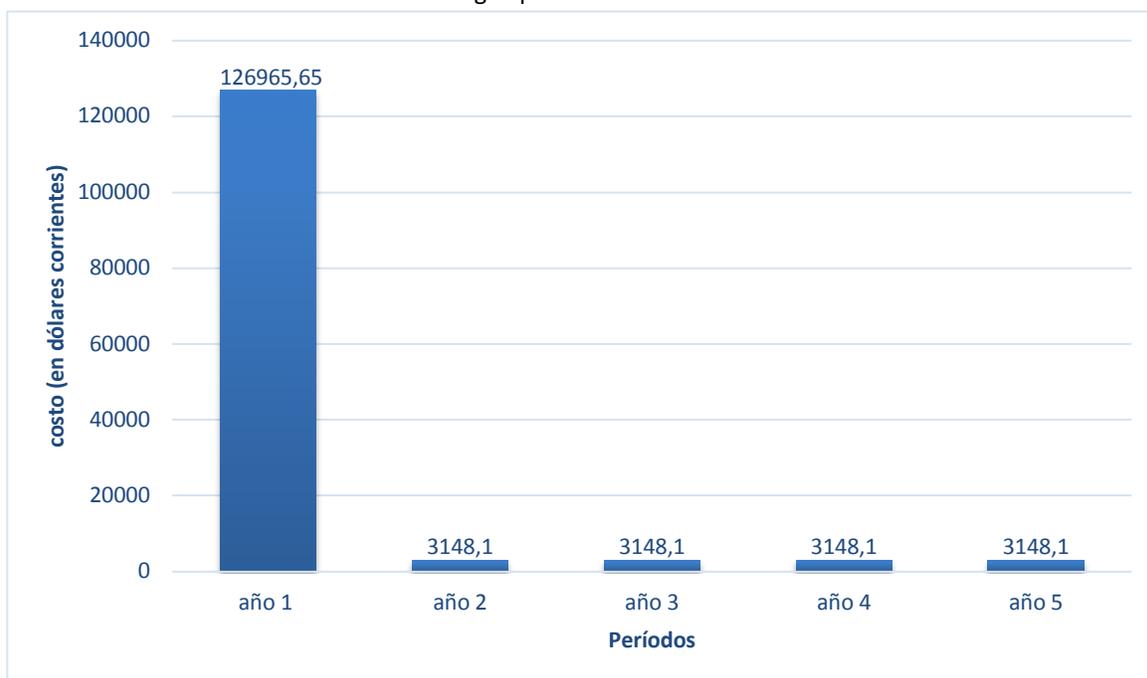
Insumos (m=4)		Costos (USD)		Recursos afectados (n=1)				
				cantidad del insumo (q)				
		Unidad	Precio Unitario (Pi)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
				t=0	t=1	t=2	t=3	t=4
Agua j=1	Agua j=1			Agua j=1	Agua j=1	Agua j=1		
Trabajador acuícola	i=1	jornal	20,00	120	120	120	120	120
Trabajador industrial	i=2	jornal	40,00	6	0	0	0	0
<i>Eichhornia crassipes</i>	i=3	planta	38,90	2.820	0	0	0	0
Lancha de fibra de vidrio de 16-18'	i=4	unidad	6.000,00	1	0	0	0	0
Tubos de desagüe de PVC de 4"	i=5	metro	4,00	1.316	0	0	0	0
Red de malla de nailon para acuicultura	i=6	metro	1,50	1.316	0	0	0	0
Máquina de soldar	i=7	unidad	300,00	1	0	0	0	0
Gasto en combustible	i=8	galón	1,04	200	200	200	200	200
Amarras plásticas de 30cm negra funda de 100 µ P-0303 Dexon	i=9	unidad	5,00	19	0	0	0	0
Overol enterizo tela gabardina (reusable)	i=10	unidad	27,65	3	0	0	0	0
Tapabocas (máscara media cara 6200)	i=11	unidad	22,00	10	10	10	10	10
Electrodos	i=12	libra	4,80	12	0	0	0	0
Overol enterizo desechable	i=13	unidad	16,00	3	0	0	0	0
Guantes de ultranitrilo	i=14	par	10,00	10	10	10	10	10
Botas pantaneras (caucho)	i=15	par	9,38	10	10	10	10	10
Extensión eléctrica 15 m	i=16	unidad	25,00	1	0	0	0	0
Filtro de máscara 6200	i=17	par	10,00	10	10	10	10	10
Guantes para soldar	i=18	par	6,50	3	0	0	0	0
Gafas de seguridad	i=19	unidad	2,65	10	10	10	10	10
Máscara para soldar	i=20	unidad	4,50	3	0	0	0	0
Valor actual del costo de reparación = USD 139.558,05								

Fuente: Tomados de productos y servicios en línea, de instituciones tales como: Aquaplantas, Mercado libre, Ferrocosta s.a., Megakons s.a., entre otras., y, del sitio web Ecuador Legal Online para determinar los precios de los jornales.

Adicionalmente, la tabla revela una cantidad importante de cifras en cero a partir del segundo año en adelante. Esto es porque, como se señaló en líneas anteriores, la mayoría de los materiales que se requieren para remediar este recurso se concentran en el primer año, a modo de inversión. A partir de este año, se reducen de forma significativa los costos totales, ya que, gran parte de los materiales se reutilizan, o simplemente, no se vuelven a emplear en años sucesivos.

Para finalizar, la figura 3 recoge la información de los costos de restauración por año, en términos de valor actual. En primer lugar, es insoslayable lo llamativo que resulta el costo de restauración del primer año, respecto del costo durante todos los años subsiguientes. Puesto que, sólo durante este año, se concentra el 90,98% de los costos totales de la restauración del recurso agua, con un costo total de \$126.965,65. A partir del segundo año, los costos son constantes, por un valor de \$3.148,10. De esta forma, se puede dividir el comportamiento de los costos en dos períodos; el primero, que está determinado por el primer año, y el segundo, que va del año dos al año cinco. Es importante precisar que no se consideró una tasa de variación de los precios ni costos para los años subsiguientes, pues como se está trabajando con valores futuros, es imposible predecir cual será la tasa de inflación; sin embargo, para corregir y ajustar los cálculos, la fórmula considera una tasa de descuento del 12%, cifra más que suficiente para traer valores futuros a valor actual.

Figura 3
Costo de reparación anual de la contaminación del agua por Coliformes fecales



Fuente: los autores

4. Conclusiones

En el Ecuador existen pocos estudios que hablen sobre la valoración económica ambiental. En este sentido, la presente investigación cobra un significado importante en la medida que contribuye a estimar con algún grado de detalle, el costo que equivaldría reparar el daño provocado por agentes externos en un recurso natural como es el agua.

Para reparar el daño ambiental en el tramo del Estero Salado considerado en este estudio se estimó una inversión de \$126.965,65, de los 90,98 % se invierten en el primer año.

Por otra parte, más allá de conocer el valor monetario de la remediación de un tramo del Estero Salado, estudios como este pueden incidir en la cabal y correcta aplicación de la Ley del Medio Ambiente vigente en el Ecuador. Una vez que el daño ambiental se ha consumado, es difícil que el recurso dañado vuelva a su estado original, aún si existieran los recursos financieros para ello.

Además los resultados de la presente investigación servirán para determinar, con fines didácticos y académicos, que cuidar los recursos naturales renovables como es el agua, en el corto y mediano plazo, sería un valioso ahorro para el Estado.

Referencias bibliográficas

- Arán, D., Iván, F., & Huais, P. (2015). Valoración económica de la población de Río Ceballos sobre el bosque nativo de la Reserva Hídrica Natural del Parque La Quebrada. *REVISTA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES*, 2(1), 131-138. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFN/article/view/9059/11326>
- Arias, N. M., Pérez, A. L., Ricalde, S. L., & Yáñez, J. M. (2010). *Los microorganismos: pequeños gigantes*. Universidad Autónoma de Puebla, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>
- Azqueta, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. McGraw-Hill. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Valoraci%C3%B3n_econ%C3%B3mica_de_la_calidad_amb.html?id=H4tKAAAYAAJ&redir_esc=y
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L., & O'Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental* (2da edición ed.). Madrid, España: Mc Graw-Hill/ Interamericana de ESPAÑA, S.A.U. Obtenido de https://www.academia.edu/38621803/Introducci%C3%B3n_a_la_econom%C3%ADa_ambiental
- Báez Quiñones, N. (julio-septiembre de 2018). Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano. *Pastos y Forrajes*, 41(3), 161-169. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v41n3/pyf01318.pdf>
- Barrantes, Gerardo; Di Mare, María. (2001). Metodología para la evaluación económica de daños ambientales en Costa Rica. *Instituto de políticas para la sostenibilidad*, 53. Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de http://www.ips.or.cr: www.ips.or.cr/publicaciones_web.htm?idcuerpo=477
- Barros Salazar, D., Castro Cervantes, D., & Pino Peralta, S. (Marzo de 2020). Calidad De Agua Del Estero Salado Y Su Incidencia En La Fauna Acuática, Sector La Chala - Guayaquil. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 13(3), 18-24. Obtenido de <https://www.iosrjournals.org/iosr-jac/papers/vol13-issue3/Series-2/B1303021824.pdf>
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). *Versión para Administrador de Manuales y Documentos 1 (AMYD)*, 1-17. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf
- Campaña Lozano, R., & Gualoto Kirochka, E. (2015). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la Red Hídrica del distrito metropolitano de Quito (DMQ). *Tesis*

de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10617/1/UPS-QT08465.pdf>

Campos Pinilla, C., Cárdenas Gúzman, M., & Guerrero Cañizares, A. (2008). Comportamiento de los Indicadores de Contaminación Fecal en diferente tipo de aguas de la Sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum*, 13(2), 103-108. Obtenido de file:///C:/Users/HEWLETT-PACKARD/Downloads/1414-Article%20Text-4477-1-10-20110616%20(1).pdf

Cayo Velasquez, N. E. (Julio-diciembre de 2014). Valoración Económica Ambiental según la disponibilidad a pagar por el turismo Rural vivencial en la isla Taquile-Perú, 2013. *COMUNI@CCIÓN*, 5(2), 25-34. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v5n2/a03v5n2.pdf>

Cruz, M., Carbo, N., L. Gonzales, J. L., Tito, G. M., Depaz, K., Torres, S., . . . Quispe, W. (2016). Tratamiento De Las Aguas De La Laguna "Mansión" Mediante La Especie Eichhorniacrassipes, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(8), 53-65. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/308080922_Tratamiento_De_Las_Aguas_De_La_Laguna_Mansion_Mediante_La_Especie_Eichhorniacrassipes_Para_El_Riego_De_Areas_Verdes_En_La_Universidad_Peruana_Union

Figueroa, A. (2013). Crecimiento económico y medio ambiente. *Revista CEPAL*(109), 29-42. Obtenido de file:///C:/Users/HEWLETT-PACKARD/Downloads/crecimiento_economico_y_medio_ambiente.pdf

Fundación Ambiente y Recursos Naturales. (2004). Simposio de Jueces y Fiscales en América Latina. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2014/06/p38.pdf>

Garzón, J., Rodríguez Miranda, J., & Hernández Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*, 309-318. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n2/0124-7107-reus-19-02-00309.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta edición ed., Vol. 736). México D.F., México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Jiménez, B., Torregrosa, M. L., & Aguilar, L. (2010). *El agua en México: cauces y encauces* (Primera edición ed.). México D.F., México : Academia Mexicana de Ciencias. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Victor_Barradas3/publication/263236435_Uso_ecologico/links/54f87cd90cf28d6deca2a2bd/Uso-ecologico.pdf

Larrea Murrell, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N. M., & Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

Mayo Clinic. (09 de 07 de 2019). *Mayo Clinic*. Obtenido de E. coli: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/e-coli/symptoms-causes/syc-20372058#:~:text=Por%20lo%20general%2C%20las%20bacterias,diarrea%20breve%20en%20t%C3%A9rminos%20relativos>.

- Munn, C. (2004). *Marine Microbiology: ecology and applications*. New York: Garland Science/BIOS Scientific Publishers. Obtenido de [https://webcat.uniandes.edu.co/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/5/?searchdata1=\(ocolc\)758126982](https://webcat.uniandes.edu.co/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/5/?searchdata1=(ocolc)758126982)
- Orgaz Agüera, F. (Octubre de 2018). Reflexiones en torno al concepto, clasificación e importancia de los recursos naturales y la biodiversidad. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/delos/32/francisco-orgaz.html>
- Osorio Múnera, J., & Correa Restrepo, F. (enero-junio de 2004). VALORACIÓN ECONÓMICA DE COSTOS AMBIENTALES: MARCO CONCEPTUAL Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN. *Semestre Económico*, 7(13), 159-193. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1650/165013657006.pdf>
- Pino Peralta et al. (2020). Calidad de vida de los hogares en el Estero Salado, Sector La Chala, Guayaquil – Ecuador. *Journal of Research in Humanities and Social Science*, 8(1), 29-47. Obtenido de <http://questjournals.org/jrhss/papers/vol8-issue1/G08012947.pdf>
- Pure Aqua. (s.f.). *Eliminación de Coliformes del Agua*. Obtenido de Pure Aqua, Inc.: <https://es.pureaqua.com/eliminacion-de-coliformes-del-agua/>
- Raffo Lecca, E. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(1), 108-118. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81642256013.pdf>
- Raffo Lecca, E., & Mayta Huatucu, R. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 18(2), 61-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81643819009.pdf>
- Ramos Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilardy Q., S., & Saavedra Díaz, L. (2008). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *Acta biol. Colomb.*, 13(3), 87-98. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>
- Redondo Solano, M., & Arias Ehandi, M. (enero-junio de 2012). Comparación de métodos para el análisis de coliformes totales y fecales en muestras de agua mediante la técnica de Número Más Probable (NMP). *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 3(2), 219-225. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651980006.pdf>
- Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Rodríguez Villacis, J. E., Hernández Gavilánez, L., Silva Huilcapi, C., Alvarado Alvarado, H. M., Mariscal García, R. S., García Larreta, F. S., & Mariscal Santi, W. E. (10 de 2017). Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de aguas del estero salado. *Dominio de las Ciencias*, 3(4), 672-691. Obtenido de [file:///C:/Users/HEWLETT-PACKARD/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaContaminacionFisicoquimicaYMicrobiol-6255082%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HEWLETT-PACKARD/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaContaminacionFisicoquimicaYMicrobiol-6255082%20(1).pdf)
- Rodríguez, P., & Poveda, C. (2016). *Diseño de un modelo costo-beneficio en la implementación de un sistema de fitorremediación de aguas residuales contaminadas con cromo en las curtiembres de San Benito sur de Bogotá*. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia: Fundación universitaria los Libertadores. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/713/Rodr%C3%ADguezPaula.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Salgado Zeballos, V. R. (2002). Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y Salmonella spp. en cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras. *Tesis de Pregrado*. Carrera de Agroindustria, Zamorano, Honduras, Honduras . Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1553/1/AGI-2002-T036.pdf>
- Santillán , P., Pérez Villafuerte , P. N., & Quishpi Guallo , A. R. (2016). Análisis de la calidad de agua de los ríos Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del Río Patate, de la Provincia de Cotopaxi. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2853>
- SENAGUA. (2009). *Problemática y conflictos sobre los recursos hídricos por efectos del cambio climático*. Obtenido de https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/3_ded-senagua_capt-0_resumen-ejecutivo.pdf
- SENPLADES. (2015). *Prioridad al proyecto "Recuperación de las áreas protegidas de la ciudad de Guayaquil - Estero Salado e Isla Santay"*. Guayaquil, Ecuador: Quipux. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/ESTERO-SALADO.pdf>
- Sousa, C. D., Colmenares, M. C., & Correia, A. (Junio de 2008). Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100002
- Vélez Cañarte, M. E. (2015). Análisis del Impacto social que tiene la contaminación del Estero Salado y su repercusión en la salud y el medio ambiente en la ciudadela La Chala, ubicado al Sur Oeste de la Ciudad de Guayaquil. *Tesis de pregrado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9704/1/MARJORIE%20ESTEFAN%C3%8DA%20V%C3%89LEZ%20CA%C3%91ARTE.pdf>

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 International

