



Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena

Removal Efficiency and impact of wastewater treatment system in the urban and rural sector of the Santa Elena Province

Juan José Humanante Cabrera^{1,*}; Lucrecia Cristina Moreno Alcivar^{1,2}; Ana Grijalva-Endara^{1,3}; Ricardo Williams Saldoya Tinedo⁴; Joan Alberto Suárez Tomalá²



1 Universidad Nacional de Tumbes. Escuela de Posgrado, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Pampagrande, Tumbes, Perú.



2 Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Avda. principal La Libertad – Santa Elena, Ecuador.

3 Universidad de Guayaquil (UG), Facultad de Ciencias Químicas, Avda. 10 NO Guayaquil, Ecuador.

4 Universidad Nacional de Tumbes. Departamento Académico de Química y Física, Tumbes, Perú.

*Autor correspondiente: jhumanante@hotmail.com (J. J. Humanante Cabrera).

J. J. Humanante Cabrera:  <http://orcid.org/0000-0003-1761-4159> L. C. Moreno Alcivar:  <http://orcid.org/0000-0001-8928-9813>

A. Grijalva-Endara:  <http://orcid.org/0000-0003-4143-5863> R. W. Saldoya Tinedo:  <http://orcid.org/0000-0002-0996-2594>

J. A. Suárez Tomalá:  <http://orcid.org/0000-0002-9885-1633>

RESUMEN

Un sistema de tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua. El objetivo de la investigación es evaluar los sistemas de tratamiento de aguas residuales del sector Punta Carnero, parroquia Ancón y Anconcito, mediante una investigación de tipo experimental descriptiva para conocer el impacto que generan los parámetros de contaminación por el incorrecto tratamiento de estas respecto al análisis de su eficiencia y descarga final de la zona urbana – rural de la Provincia de Santa Elena. La eficiencia de remoción de cargas contaminantes fue evaluada en porcentaje y la descarga final por la media y desviación estándar del año 2015 al 2020. Se determinó que los sistemas de Ancón y Anconcito presentan mejor eficiencia de remoción que Punta Carnero, sin embargo, el porcentaje no es el óptimo. La descarga de coliformes fecales, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y tensoactivos en ninguno de los sistemas da cumplimiento a los límites máximos permisibles de la normativa ecuatoriana. Se conoció que estos sistemas generan impactos negativos a la salud y al medio ambiente del sector en estudio.

Palabras clave: medio ambiente; salud humana; carga contaminante de entrada; carga contaminante de salida.

ABSTRACT

A wastewater treatment system consists of a series of physical, chemical, and biological processes that aim to eliminate the contaminants present in the water. The objective of the research is to evaluate the wastewater treatment systems of the Punta Carnero sector, Ancón and Anconcito parish, through an experimental descriptive investigation to know the impact generated by the contamination parameters due to the incorrect treatment of these with respect to the analysis of its efficiency and final discharge from the urban-rural area of the Province of Santa Elena. The removal efficiency of pollutant loads was evaluated in percentage and the final discharge by the mean and standard deviation from 2015 to 2020. It was determined that the Ancón and Anconcito systems have better removal efficiency than Punta Carnero, however, the percentage is not optimal. The discharge of fecal coliforms, chemical oxygen demand, total suspended solids, and surfactants in none of the systems complies with the maximum permissible limits of Ecuadorian regulations. It was known that these systems generate negative impacts on health and the environment of the sector under study.

Keywords: environment; Human health; input pollutant load; output pollutant load.

Recibido: 23-02-2022.

Aceptado: 09-05-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos más importantes para la vida del planeta y desarrollo de las sociedades (Arévalo et al., 2011; Fernández, 2012). A criterio de FAO (2013), el agua es un recurso renovable pero que por su demanda excesiva podría provocar su escasez. Como señala Navarro (2004), este recurso es cada vez más escaso, que a criterio de Martos (2015), tiene una responsabilidad primordial en el medio ambiente y la materia viva, y que según Villas (2020), el agua se clasifica en: salada, soluble, pluvial, potable y residual.

El crecimiento demográfico de la población urbana y rural en el mundo, genera que día a día aumente el consumo del agua (Cedeño, 2019; Cedeño, 2020; Durán & Torres, 2006), de la misma manera el desarrollo industrial genera problemas de contaminación de este líquido tanto de procedencia superficial como subterránea (Garcés et al., 2004) y al medio ambiente en general (Chulluncuy, 2011; Suárez & Molina, 2014), junto con un tratamiento no adecuado, escaso o nulo, originan muchos efectos negativos en la calidad del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2011), particularmente cuando el agua no es tratada debe realizarse un análisis de la calidad de la misma (Gorchev & Ozolins, 1984), siendo una necesidad evidente en la población debido al peligro que representa para la salud y el ambiente (Arocutipá, 2013).

Un problema serio y de gran importancia a la salud pública es la contaminación del líquido vital (Guadarrama et al., 2016; SENAGUA, 2016a; Trejo & Bonilla, 2001), problema que consigo trae la falta de agua segura, de saneamiento y de higiene (ONU-Agua, 2010). El mal tratamiento o las descargas de este recurso contaminado generan enfermedades producidas por parásitos que viven en estas y que pueden penetrar a través de la piel si estamos en contacto con estas aguas (AECID, 2017), concentraciones significativas de virus son detectados en los fluidos vertidos al ambiente y en los biosólidos generados en plantas de tratamiento de agua residual (Bofill et al., 2005), se conoce que en el mundo se registran mil millones de casos anuales de diarrea, de los cuales el 88% puede atribuirse a la insalubridad del agua y a deficiencias de saneamiento y de higiene (Who, 2007).

Las aguas residuales se las denomina aguas negras por la coloración que presentan, que son originadas por actividades antrópicas (Eduard et al., 2020), y representan un peligro inminente, debido a que contienen una gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (Estrada et al., 2017), Las aguas residuales son tratadas por un conjunto integrado, tecnologías, operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos (Baquerizo et al., 2019; Bustamante, 2020), que se presentan con el fin de depurar estas hasta un nivel tal que permita obtener la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso (Sehircilik, 2009). De acuerdo con el criterio de Baque et al. (2016), los contaminantes pueden provenir de una diversidad de fuentes y según,

Barreto & Chica (2021), el agua residual varía en función de la situación socioeconómica, costumbres de la población y clima.

Más del 80% de las aguas residuales en el mundo son vertidas sin recibir tratamiento alguno (UNESCO, 2019), tratar su materia orgánica antes de ser vertida podría disminuir emisiones de gases invernadero (UNESCO, 2020). Son los países con ingresos económicos altos los que tratan en un 70% estas aguas, este porcentaje baja relativamente en un 38% en países de ingresos medios-altos y a un 28% en países de ingresos medios-bajos, finalmente en países donde se presentan bajos ingresos económicos, solo el 8% del agua residual recibe tratamiento (Bokova & Ryder, 2017).

En América Latina el 70% de las aguas residuales no reciben tratamiento alguno dificultando el ciclo del agua (Larios et al., 2015); por otra parte en el Ecuador, la producción de aguas residuales es considerada una problemática a la que se ha intervenido de forma poco eficaz debido a que existe ausencia de infraestructuras físicas suficientes para tratarlas, por esto se considera que el 90% de estas aguas se descargan en fuentes de agua dulce sin recibir tratamiento (Montero et al., 2020). Las empresas industriales, agroindustriales, comercio y de servicios generan más de un 80% de aguas residuales de proceso con una alta carga orgánica que suelen ser muchas veces sustancias tóxicas no depuradas y descargadas a cuerpos receptores de agua (Cabrera et al., 2012).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden presentar carencias en la calidad de los efluentes, como afirma Nasamues (2019), estas pueden estar conformadas por grandes infraestructuras y además según, Maita (2019), al no contar con un pretratamiento y la presencia de sólidos gruesos y flotantes en las lagunas genera el no cumplimiento de los parámetros de calidad. Las lagunas de oxidación es el sistema de tratamiento de las aguas servidas en la provincia de Santa Elena. Según INEC (2010), existe un alto riesgo sanitario y ambiental por la falta de alcantarillado, por lo que De la Peña (1993) establece que, el saneamiento de las aguas residuales depende de una adecuada recolección, conducción y tratamiento, para conservar la salud de la población y no contaminar al medio ambiente, finalmente Guevara et al. (2020), mencionan que el cumplimiento de los límites permisibles y recuperación de su calidad se puede lograr con un diseño adecuado del sistema de tratamiento.

La provincia de Santa Elena está ubicada en la punta más saliente de Sudamérica, por lo tanto, el incremento de visitantes, sumado a la saturación de los demás componentes turísticos generan varios impactos negativos al componente acuático del sector (Mora et al., 2020). Según estudio "La calidad del agua de la zona costera del cantón La Libertad" realizado por Villón (2012), sostiene que otro impacto negativo que genera contaminación al recurso hídrico de la provincia, es la existencia de residuos de petróleo a causa del inadecuado control de barcos petroleros y pesqueros,

impidiendo el desarrollo de la flora y fauna, también perjudicando la salud de los bañistas (Lindao, 2018).

Otro factor de riesgo al recurso agua que se presenta en la provincia de Santa Elena, es la actividad petrolera que es una fuente de contaminación ambiental y como consecuencia afecta a la salud de los pobladores, como es el caso del sector San Raymundo de la parroquia José Luis Tamayo (Escandón, 2019). Así también como cita Moreno et al. (2019) en las parroquias Ancón y

Anconcito se presentan infiltraciones de petróleo provenientes de explotaciones marginales que se dan en estos sectores y generan contaminación a cuerpos receptores de agua marina, pudiendo estas infiltraciones ingresar a las redes de alcantarillado sanitario y contaminarlas.

El objetivo de esta investigación fue determinar la eficiencia de la laguna, la calidad de efluente que es descargado sobre los cuerpos receptores de agua dulce y agua marina y el impacto al medio ambiente y en la salud.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente indagación es de tipo experimental descriptiva, que tal como menciona (Guevara et al., 2020) en esta el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de variables y sus efectos en las conductas observadas (Alonso et al., 2012; Arias, 2006), mientras que la investigación descriptiva se encarga de especificar las características de la población en estudio (Abreu, 2012; Barnet et al., 2017); por lo expuesto anteriormente, esta investigación se desarrolló con el objetivo de conocer el impacto que generan los parámetros de contaminación por el incorrecto tratamiento de aguas residuales respecto al análisis de su eficiencia y descarga final de la zona urbana de la Provincia de Santa Elena, por ello la investigación toma en cuenta tres de los ocho sistemas lagunares que existen en la Provincia: Ancón, Anconcito y Punta Carnero, área de estudio que se muestra en la Figura 1.

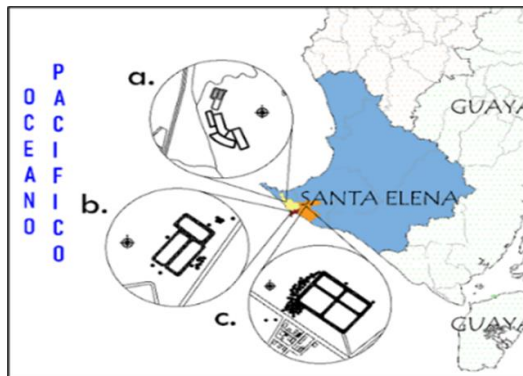


Figura 1. área de estudio: a. Sistema Lagunar de Punta Carnero, b. Sistema Lagunar de la Parroquia Ancón, c. Sistema Lagunar de la Parroquia Anconcito.

Eficiencia de remoción de cargas contaminantes

La eficiencia en un tratamiento de aguas residuales es la relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración del efluente para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico, normalmente es expresada en porcentaje (Malacatus et al., 2016; Mejía et al., 2017), la determinación de esta es la base esencial para corroborar el correcto funcionamiento de un sistema de depuración para aguas residuales (Navas, 2016; Reina et al., 2015) y se determina por la siguiente fórmula (Romero, 2004):

Determinado el valor de la media del efluente final respecto a los años de estudio (2015 – 2020) de los

$$E(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

Donde E (%): Eficiencia de remoción de carga contaminante; S: Carga contaminante de salida (mg/L); S₀: Carga contaminante de entrada (mg/L). El estudio considera los siguientes parámetros para analizar su eficiencia: Aceites y Grasas (mg/l), Coliformes Fecales (NMP/100 ml), Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l), Demanda Química de Oxígeno (mg/l), Potencial de Hidrogeno (unidades de pH), Sólidos Suspendedos Totales (mg/l) y Tensoactivos (mg/l). Estos son analizados en un periodo de estudio comprendido del año 2015 al año 2020 en donde se toma en cuenta la carga contaminante de entrada y de salida de cada sistema lagunar y para comparar el cumplimiento de la eficiencia, se considera la normativa ecuatoriana (SENAGUA, 2016b).

Evaluación de la Descarga Final de los Sistemas de Tratamiento de Aguas residuales

La evaluación del efluente de los sistemas lagunares se da en base al software estadístico Minitab 19, mismo que proporciona el valor de la media \bar{x} , que a definición de (Paz, 2007) esta muestra el valor central de los datos generalmente es hallada por la suma de los valores de interés y dividiendo entre los valores sumados. Para el cálculo de esta se emplea la ecuación de datos no agrupados (Ver Ecuación 2), estos conforman el conjunto de observaciones que se presentan en forma original tal y como fueron recolectados (A. Rodríguez et al., 2020) y se determina de la suma de una cantidad finita de números ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$), dividida entre el número de sumandos (n) (Quevedo, 2011).

$$\bar{x} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{n}$$

Además de la media, se busca la desviación estándar, una medida de la dispersión de los datos (Abraira, 2002), cuanto mayor sea la dispersión mayor es la desviación estándar (Calderon, 2006), se puede tomar sobre un conjunto de datos agrupados o no agrupados y se la expresa por la ecuación 3, donde: σ es la desviación estándar, X_i es un valor de un conjunto de datos, \bar{X} es la media del conjunto de datos y N es el número de datos (Mora, 2015).

$$= \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

parámetros analizados estadísticamente, estas valoraciones son comparadas con (TULSMA,

2015): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, donde se toma en cuenta la sección 5.2.4. de normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce y la sección 5.2.5. de normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina de esta normativa. En la Tabla 1 se observan los límites máximos permisibles de descarga que establece esta norma respecto a los parámetros en estudio. La normativa ecuatoriana TULSMA (2015), tiene como objeto la prevención y control de la

contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua. Además, también tiene el objetivo de proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interacciones y del medio ambiente en general. Las acciones tendientes para preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en lo establecido en la norma, detalles que se observan en la Tabla 1.

Tabla 1

Norma General de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua para parámetros en estudio

Parámetro	Unidad	TULSMA (2015): Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua	
		Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Límites de descarga a un cuerpo de agua marina en zona de rompientes
Aceites y Grasas	mg/L	30,00	30,00
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	200,00	200,00
DBO ₅ *	mg/L	100,00	200,00
DQO**	mg/L	200,00	400,00
pH***	****	6 - 9	6 - 9
SST****	mg/L	130,00	250,00
Tensoactivos	mg/L	0,50	0,50

Nota: *DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno; **DQO: Demanda Química de Oxígeno; *pH: no tiene unidad de medición; *SST: Sólidos Suspendedos Totales; ****pH no tiene unidad de medición.

Impacto que genera la descarga excesiva al medio ambiente y a la salud humana

El sistema lagunar del sector Punta Carnero cuenta con un tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización y realiza su descarga en el río de agua dulce (Achayan), mismo que recorre su cuenca hasta desembocar en la playa La Diablica del Cantón Salinas, por tanto, es de suma importancia conocer los niveles de descarga de los parámetros en estudio para constatar que nivel de

impacto generan o pueden generar a futuro en el ecosistema y en las personas que visitan esta playa. El sistema lagunar Ancón y Anconcito son sistemas lagunares menos complejos que el de Punta Carnero, sin embargo, sí cumplen con los límites de descarga a un cuerpo de agua marina en zona de rompientes de TULSMA (2015), de la misma manera que el sistema lagunar anterior se determinara el nivel de impacto que genera a la naturaleza y a las personas del sector.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de remoción de los sistemas lagunares

Para determinar el % de eficiencia de remoción de los parámetros es necesario contar con las valoraciones medias y de desviación estándar de la carga contaminante de entrada, también conocida como afluentes de los 3 sistemas lagunares en estudio (Tabla 2). La valoración media y la desviación estándar de la carga contaminante de salida (S) o conocida también como el efluente de

los sistemas lagunares estudiados respecto a los mismos parámetros del Afluente del periodo (2015 - 2020) se presentan en la Tabla 3.

Teniendo en cuenta las valoraciones medias de la carga contaminante de entrada y de salida, se efectúa la fórmula para determinar la eficiencia de remoción donde toma en cuenta las valoraciones ya presentadas en el periodo de estudio (2015 - 2020), cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 2

Valoraciones medias y desviación estándar de los parámetros estudiados de la S₀ en el periodo (2015 - 2020)

Sistema Lagunar	Carga contaminante de Entrada (S ₀)						
	Aceites y Grasas	Coliformes Fecales	DBO ₅ *	DQO**	pH	SST***	Tensoactivos
Punta Carnero	7,11 ± 8,34	484690,18 ± 605171,86	263,68 ± 163,81	637,68 ± 663,12	7,88 ± 0,40	514,62 ± 119,41	2,43 ± 1,28
Ancón	9,50 ± 0,00	2600000 ± 822192,19	854,67 ± 630,22	733,92 ± 196,64	7,41 ± 0,09	506,38 ± 138,75	1,51 ± 0,28
Anconcito	7,38 ± 2,29	2560000 ± 1606437,05	214,25 ± 63,72	692,4 ± 314,51	7,34 ± 0,01	714,02 ± 67,03	2,16 ± 0,22

Nota: *DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno; **DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno; ***SST: Sólidos Suspendedos Totales.

Tabla 3

Valoraciones medias y desviación estándar de los parámetros estudiados de la S en el periodo (2015 – 2020)

Sistema Lagunar	Carga contaminante de Salida (S)						
	Aceites y grasas	Coliformes fecales	DBO ₅ *	DQO**	pH	SST***	Tensoactivos
Punta Carnero	3,28 ± 4,70	173534,48 ± 112686,08	140,45 ± 78,89	370,55 ± 273,84	7,88 ± 0,16	302,22 ± 109,18	1,56 ± 0,69
Ancón	6,58 ± 6,58	45694,46 ± 37016,78	160,57 ± 135,24	345,44 ± 115,40	8,23 ± 0,27	258,80 ± 43,43	0,47 ± 0,34
Anconcito	5,13 ± 2,47	131314,14 ± 93504,79	125,72 ± 18,00	381,17 ± 83,86	8,02 ± 0,32	366,84 ± 126,77	0,54 ± 0,19

Nota: *DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno; **DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno; ***SST: Sólidos Suspending Totales.

Tabla 4

Eficiencia de remoción de carga contaminante de los sistemas de tratamiento de aguas residuales

Sistema Lagunar	Eficiencia de remoción de carga contaminante (%)						
	Aceites y Grasas	Coliformes Fecales	DBO ₅ *	DQO**	pH	SST***	Tensoactivos
Punta Carnero	53,86	64,20	46,73	41,89	****	41,27	36,05
Ancón	30,72	98,24	81,21	52,93	****	48,89	69,06
E. Anconcito 1	30,51	94,87	41,32	44,95	****	48,62	75,05
E. Anconcito 2	50,20	94,27	47,00	39,03	****	45,83	65,65

Nota: *DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno; **DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno; ***SST: Sólidos Suspending Totales; ****pH no tiene unidad de medición.

De la eficiencia de remoción de los siete parámetros examinados, en el Ecuador la normativa SENAGUA (2016) solo regula al DBO₅ y la DQO, mientras que TULSMA (2015) exige que para la remoción de Coliformes Fecales debe existir un porcentaje de 99,9%. De esta manera, los niveles de DBO₅ en 3 de los sistemas lagunares están debajo por lo requerido en SENAGUA (2016) donde la remoción que se exige es del 70 al 85%, por tanto, el único sistema lagunar que cumple esta premisa es el de la Parroquia Ancón con un 81,21%. Respecto a la Demanda Química de Oxígeno, se exige una remoción del 70 al 85%, premisa que no se cumple en ninguno de los sistemas lagunares, incluso solo el sistema lagunar de la Parroquia Ancón tiene un 52,93%, valor que sobrepasa por muy poco el 50% de la eficiencia de remoción. Coliformes Fecales no se cumple en ninguno de los sistemas lagunares, sin embargo, en el sistema lagunar de la Parroquia Anconcito, existe un aproximado puesto que el Sistema lagunar respecto a los efluentes 1 y 2 de este presentan eficiencias de 94,87% y 94,27%, respectivamente. Finalmente, Aceites y Grasas, Sólidos Suspending Totales y Tensoactivos no se acogen a ninguna

normativa que regule su eficiencia de remoción de carga contaminante, sin embargo, se presentan valoraciones medias y no altas como es de esperarse en sistemas de tratamientos que den una óptima remoción de la carga contaminante.

Evaluación a las descargas finales de los sistemas de tratamientos de aguas residuales

De la evaluación a la descarga final de los sistemas: Punta Carnero, Ancón, Anconcito E1 y E2 se determina los siguientes resultados en graficas obtenidas por el software estadístico Minitab 19. De la figura 2, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de los Aceites y Grasas, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero da cumplimiento a la normativa expuesta siendo así 3,28 mg/L < 30 mg/L, acogiéndose a los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce De la misma manera en el sistema lagunar Ancón (6,58 mg/L < 30 mg/L), en el sistema lagunar Anconcito E1 (5,13 mg/L < 30 mg/L) y Anconcito E2 (3,67 mg/L < 30 mg/L) se presenta el cumplimiento de la descarga final con los límites máximos permisibles a un cuerpo de agua marina en zona de rompientes.

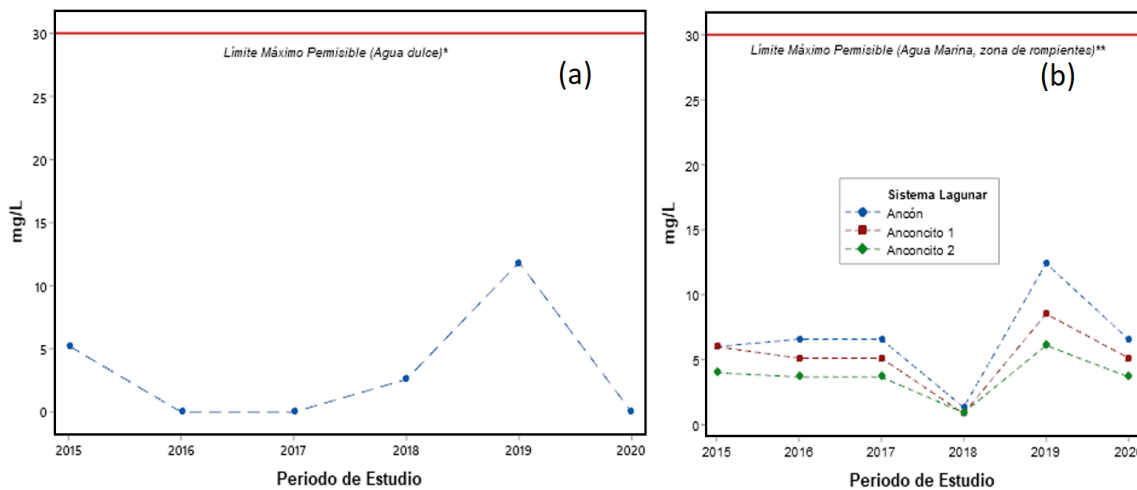


Figura 2. Evaluación de la descarga de Aceites y Grasas durante el periodo (2015 – 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente 1 y 2.

De la Figura 3, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de los Coliformes Fecales, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero no presenta cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (173534,45 NMP/100ml > 1000 NMP/100ml), valor que supera los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. De la misma manera en el sistema lagunar Ancón

(45694,46 NMP/100ml > 2000 NMP/100ml), Anconcito E1 (131314,14 NMP/100ml > 2000 NMP/100 ml) y Anconcito E2 (146573,29 NMP/100ml > 2000 NMP/100ml) se presentan valoraciones que superan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes.

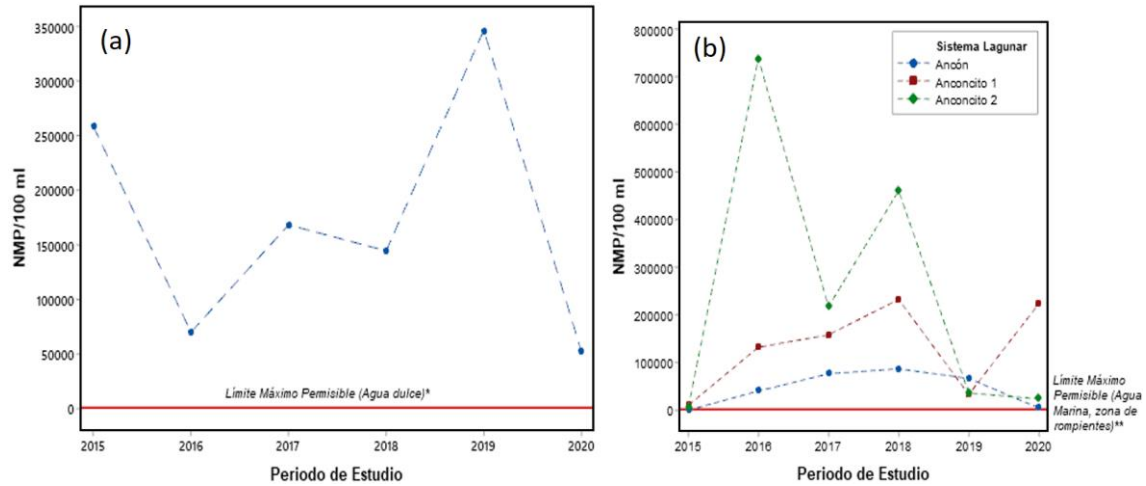


Figura 3. Evaluación de la descarga de Coliformes Fecales durante el periodo (2015 - 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente 1 y 2.

De la Figura 4, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero no presenta cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (140,45 mg/L > 100 mg/L), valor que supera los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.

No obstante, en el sistema lagunar Ancón (160 mg/L < 200 mg/L), Anconcito E1 (125,72 mg/L < 200 mg/L) y Anconcito E2 (113,56 mg/L < 200 mg/L) se presentan valoraciones que no sobrepasan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes.

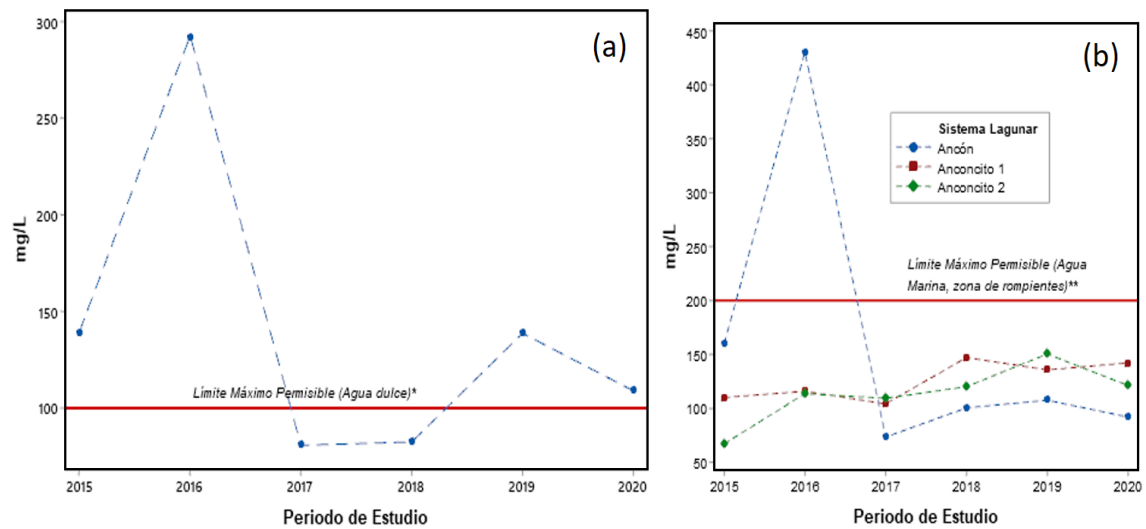


Figura 4. Evaluación de la descarga de DBO₅ durante el periodo (2015 - 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente E1 y E2.

De la Figura 5, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de la Demanda Química de Oxígeno, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero no presenta cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (370,55 mg/L > 200 mg/L), valor que supera los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. No obstante, en el sistema lagunar Ancón (345,44

mg/L < 400 mg/L), Anconcito E1 (381,17 mg/L < 400 mg/L) se presentan valoraciones que no sobrepasan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes, pero en Anconcito E2 (422,16 mg/L > 400 mg/L) se presentan valoraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes.

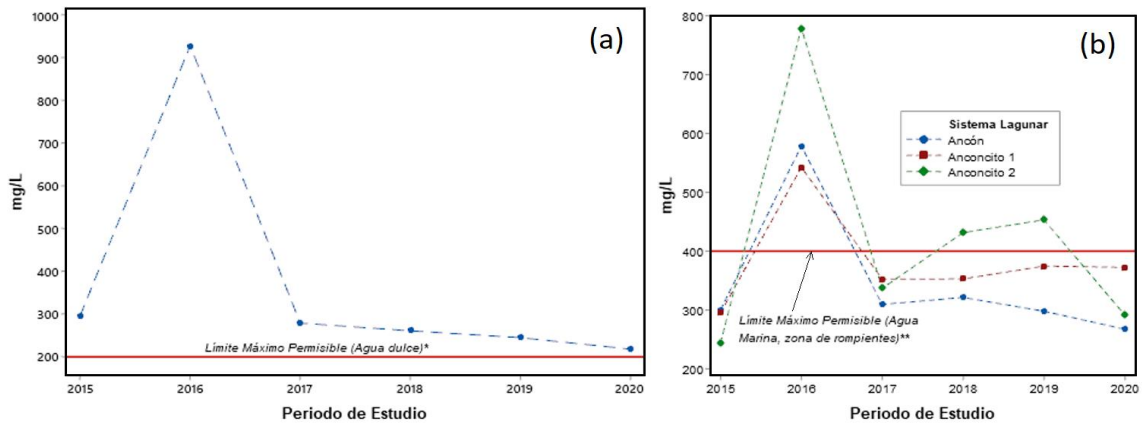


Figura 5. Evaluación de la descarga de DQO durante el periodo (2015 – 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente E1 y E2.

De la figura 6, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) del pH, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero da cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (7,88 < 9), acogiéndose a los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.

De la misma manera en el sistema lagunar Ancón (7,71 < 9), en el sistema lagunar Anconcito E1 (8,02 < 9) y Anconcito E2 (8,14 < 9) se presenta el cumplimiento de la descarga final con los límites máximos permisibles a un cuerpo de agua marina en zona de rompientes.

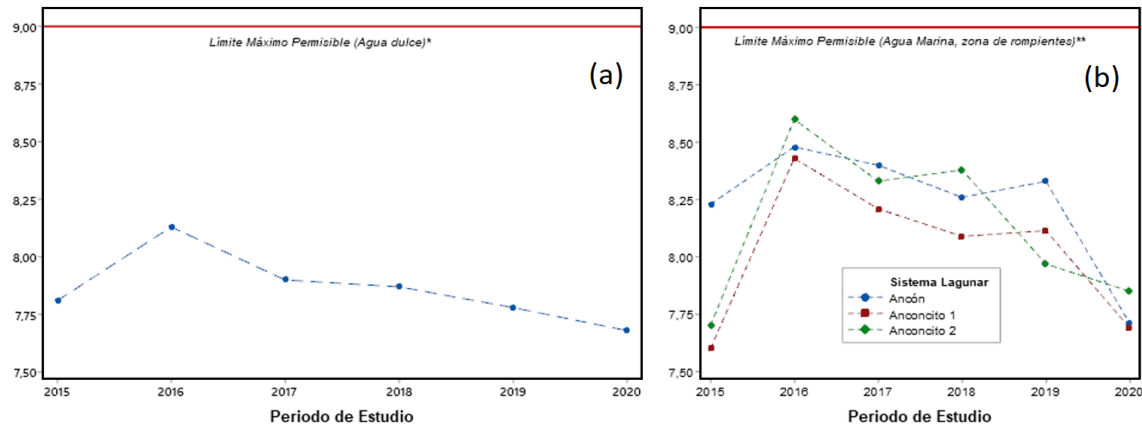


Figura 6. Evaluación de la descarga de pH durante el periodo (2015 – 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente E1 y E2.

De la Figura 7, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de los Sólidos Suspendidos Totales, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero no presenta cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (302,22 mg/L > 130 mg/L), valor que supera los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.

De igual manera, en el sistema lagunar Ancón (258,80 mg/L > 250 mg/L), Anconcito E1 (366,84 mg/L > 250 mg/L) y Anconcito E2 (386,82 mg/L > 250 mg/L) se presentan valoraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes.

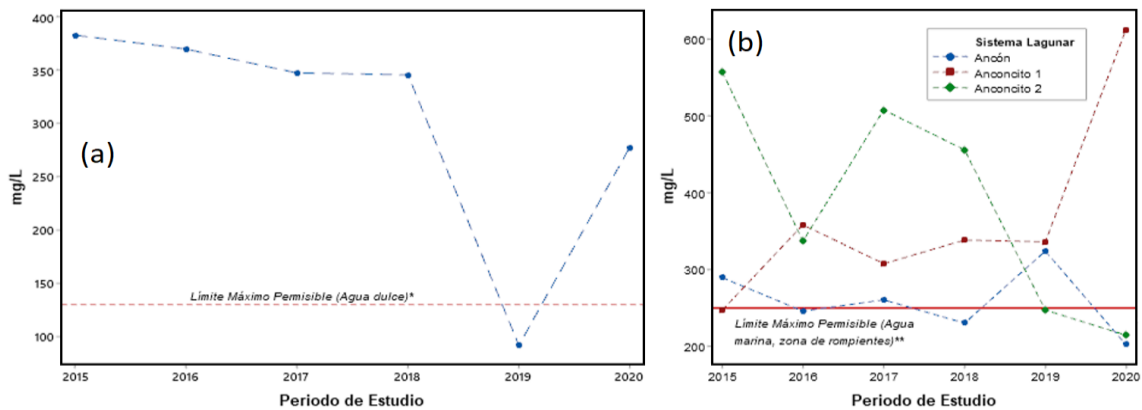


Figura 7. Evaluación de la descarga de SST durante el periodo (2015 – 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente E1 y E2.

De la Figura 8, la descarga final evaluada en el periodo de estudio (2015 - 2020) de los Tensoactivos, en el Sistema Lagunar de Punta Carnero no presenta cumplimiento a la normativa expuesta siendo así (1,56 mg/L > 0,5 mg/L), valor que supera los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. No obstante, en el sistema lagunar Ancón (0,47 mg/L < 0,5

mg/L) se da el cumplimiento de los límites máximos permisibles a un cuerpo de agua marina en zonas de rompientes, finalmente en el sistema lagunar Anconcito E1 (0,54 mg/L > 0,5 mg/L) y Anconcito E2 (0,74 mg/L > 0,5 mg/L) se presentan valoraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua en zona de rompientes.

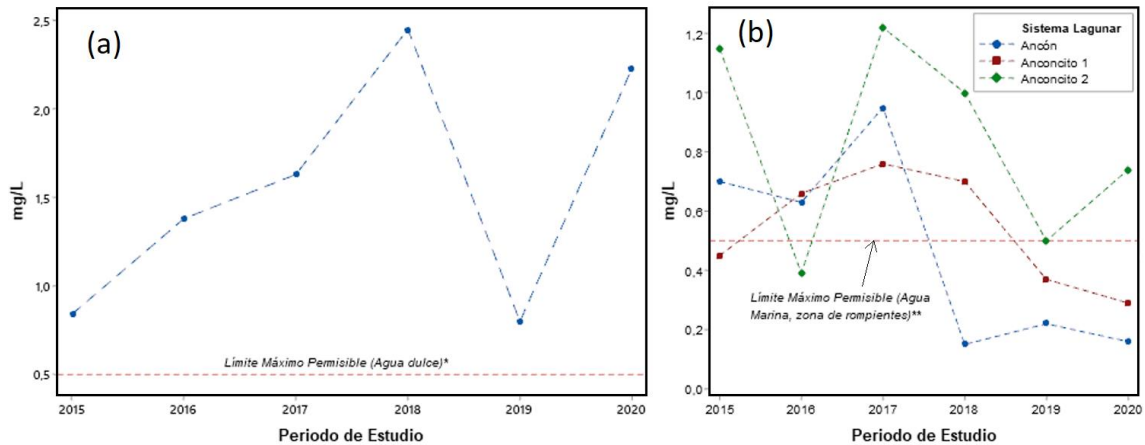


Figura 8. Evaluación de la descarga de Tensoactivos durante el periodo (2015 - 2020) de: a) Sistema Lagunar Punta Carnero y b) Sistema Lagunar Ancón, Anconcito Efluente E1 y E2.

Impacto de las descargas no controladas al medio ambiente y a la salud del ser humano

Según Jacobo (2018), las descargas no controladas y poco tratadas de aguas residuales a cuerpos receptores de aguas, respecto al parámetro Aceites y Grasas (mg/L), generan malos olores, enfermedades a la piel, alergias y diarreas. Por otra parte (Rodríguez & Santana, 2017) mencionan que el impacto que generan los aceites y grasas se relacionan con alteraciones en la epidermis y el tracto respiratorio de los personas, además de ser un parámetro referente de las condiciones sanitarias de un ecosistema.

Rivera (2014) & Larrea et al. (2013) manifiestan que el impacto que genera el parámetro microbiológico Coliformes Fecales (NMP/100 ml) a cuerpos de agua mediante microorganismos patógenos que abundan en ambientes acuáticos puede provocar cólera, fiebre tifoidea, poliomiéltis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades en los seres vivos. (Ramos et al., 2010) por su parte indica que este parámetro es un indicativo de salud de un ecosistema contaminado por aguas residuales o materiales acumulados, que se detectan sobre todo en la capa superficial de los cuerpos de agua y en el sedimento de los lechos, representando un peligro para la población la unidad aplicada es NMP por su sensibilidad, tiene la capacidad de detectar hasta 1/100 ml de muestra hídrica estudiada (García, 2020). La Investigación denota que respecto a los resultados de CF en los tres sistemas lagunares, los efluentes descargados presentan alta contaminación demostrándose así el exceso de carga contaminante en sus límites máximos permisibles de descarga por lo que pueden provocar las enfermedades antes mencionadas.

Altas concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en cuerpos de agua puede

ocasionar: la desaparición de organismos acuáticos inferiores indispensables a la alimentación de los peces, en casos extremos puede provocar la desaparición de peces, putrefacción que genera la aparición de olores desagradables, así mismo el desprendimiento de gases ofensivos (metano, sulfhídrico) afectado a los seres vivos (Beldarrain, 1999; Raffo & Ruiz, 2014). Los resultados de este parámetro indica que las lagunas de tratamiento de Punta Carnero no cumplen con la normativa para cuerpo receptor de agua dulce sin embargo para los otros sistemas lagunares con descargas a aguas marinas en zona de rompiente sus resultados están próximos al límite máximo permisible.

Mañunga et al. (2010) afirman que los altos niveles de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) pueden generar el agotamiento del oxígeno en el agua, lo que puede provocar la muerte masiva de animales acuáticos. Los niveles de DQO en el sistema lagunar de Punta Carnero y el efluente de Anconcito 2 están por encima de los límites máximos permisibles en todos los años estudiados, sin embargo, las lagunas de Ancón y el efluente de Anconcito 1 cumple con los LMP.

El rango de pH para agua natural oscila entre 4 y 9 U-pH, siendo la mayoría ligeramente básicas influenciadas por los bicarbonatos y carbonatos de los sustratos que las contienen (INVEMAR, 2003). Un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas, esto impacta en los organismos acuáticos de manera que puedan desaparecer (Japac, 2016). En los tres sistemas lagunares en estudio, los niveles de pH se encuentran entre 6 y 9 unidades de este, lo que es un indicativo que estas aguas no poseen impacto negativo alguno respecto a este parámetro.

Los Sólidos Suspendedos Totales se presentan como pequeñas partículas sólidas o coloidales en

suspensión o debido al movimiento del agua, Permiten identificar condiciones anaerobias desarrolladas en cuerpos de agua sobre las que se han vertido agua residual sin tratamiento previo, afectando la calidad de sistema acuático (Hernández, 2017; INVEMAR, 2003). Este parámetro afecta la calidad del agua, lo que a su vez puede generar enfermedades en los seres humanos, identificándose así a las enfermedades diarreicas agudas unas de las principales causas de muerte por año (Rodríguez et al., 2016). En los tres sistemas lagunares se identificó que los niveles de SST sobrepasan los límites máximos permisibles, lo que puede inferir negativamente en los seres humanos.

Los surfactantes son sustancias conformadas por partículas de naturaleza polar que presentan hidrofilia y un segundo componente polar de naturaleza lipofílica. Son utilizados ampliamente como agentes de limpieza, aseo y cuidado personal, entre otros usos. Teniendo un alto impacto económico, sin embargo, al ser vertidos directamente a los cuerpos de agua causan afectaciones ambientales, debido a la dificultad de su degradación y disposición final (Brand, 2019). Los tensoactivos se presentan con exceso en los sistemas lagunares en estudio, exceptuando a Ancón que cumplen los límites máximos permisibles.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de eficiencia de remoción de los tres sistemas lagunares respecto a DBO, DQO y Coliformes Fecales, se presentan por debajo de los porcentajes permitidos en SENAGUA (2016) y TULSMA (2015), al no darse el cumplimiento de la DBO5 y DQO, la acumulación diaria de estos representa un grave problema, debido a la materia orgánica en exceso y a los organismos patógenos responsables de la aparición de enfermedades que afectan a la salud humana. Por otra parte, se conoce que la mayoría de las bacterias son inofensivas, pero existen bacterias que, si causan enfermedades, y sus principales síntomas a la salud humana son síntomas generales similares a los de la gripe, fiebre, calambres abdominales y diarrea. De la misma manera, el impacto que generan efluentes con elevadas concentraciones en su carga

puede ocasionar riesgos a corto a largo plazo en la salud humana, no obstante, en el ecosistema se puede también presentar un deterioro debido a los niveles altos de contaminación que un futuro se puedan presentar en las playas a donde llegan residuos de estas aguas, mismas que son visitadas por turistas.

Finalmente, este estudio servirá como antecedente de futuras investigaciones de sistemas lagunares en el Ecuador y en el mundo; es así que, estos resultados permitirán ahondar en comparaciones de la eficiencia de remoción de carga contaminante de sistemas lagunares por lagunas de estabilización con algún otro tratamiento que se emplee para depurar aguas residuales de cualquier tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraira, V. (2002). notas estadísticas Desviación estándar y error estándar. *Unidad de Bioestadística Clínica. Hospital Ramón y Cajal. Madrid*, 28(11), 2001-2003.
- Abreu, J. L. (2012). Investigación Descriptiva. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187-197.
- AECID. (2017). *Enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento Son enfermedades que pueden ser causadas por la contaminación*. Disponible en: https://fconcordiaylibertad.org/hmasd/losbaos/Enfermedades_agua.pdf
- Alonso, A., García, L., León, I., García, E., Gil, B., & Ríos, L. (2012). Métodos de investigación de enfoque experimental. *Metodología de La Investigación Educativa*, 167-193. <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimenta1.pdf>
- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de huella hídrica Colombia Sector Agrícola. *Tecnología y Humanismo*, 6, 101-126.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (E. Episteme (ed.); 6 Edición). Ediciones El Pasillo 2011.
- Arocutipá, J. (2013). Evaluación y propuesta técnica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia. *Universidad Nacional Del Altiplano-Puno*, 81.
- Baque, R., Simba, L., Gonzales, B., Suatunce, P., Diaz, E., & Cadme, L. (2016). Calidad de agua destinada al consumo humano. *Revista Ciencia UNEMI*, 9, 109-117.
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solís-Castro, M. (2019). Contamination of river: case Guayas river and its affluent. *Manglar*, 16(1), 63-70.
- Barnet, S., Arbonés, M., Pérez, S., & Guerra, M. (2017). Construcción Del Registro De Observación Para El Análisis Del Movimiento Fundamentado En La Teoría De Laban. *Pensar En Movimiento: Revista de Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 15(2), 27334.
- Barreto, D., & Chica, M. (2021). *Aplicación de humedales artificiales verticales para tratamiento de aguas residuales en Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Beldarrain, H. (1999). "Enfermedades Transmitidas a Traves De Las Aguas." *La Habana*, 108.
- Bofill, S., Clemente, P., Albiñana, N., De Porta, C., Gonfa, A., & Llop, R. (2005). Effects on health of water and food contamination by emergent human viruses. *Revista Espanola de Salud Publica*, 79(2), 253-269.
- Bokova, I., & Ryder, G. (2017). Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (Vol. 3). http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Brand, D. (2019). Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente. *Repositorio Institucional USC*, 1-15. <https://repositorio.usc.edu.co/handle/20.500.12421/623>
- Bustamante, G. (2020). *Selección de microorganismos con capacidad de biorremediación provenientes de aguas residuales del Río Quevedo, Provincia de Los Ríos*. Tesis Maestría. Quevedo. UTEQ. 70 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6390>
- Cabrera, H., Garcés, M., & Paredes, P. (2012). Proyecto de desarrollo de capacidades para el uso seguro de aguas servidas en agricultura. Producción de Aguas servidas, tratamiento y uso en el Ecuador. *Magap, Msp, Emapag-Ep*, 1-12.
- Calderon, F. (2006). Desviación Estandar. In *Universidad Nacional Del Callao Facultad de Ciencias Administrativas*. http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cd/citra/Informes_Finales_Investigacion/IF_JUNIO_2012/IF_CALDERON_OTOYA_FCA/capitulo_6_y_7.pdf
- Cedeño, D. (2019). Impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. Sector Colinas San José,

- Ciudad de Rocafuerte. *Polo Del Crecimiento*, 5(01), 257–280.
- Cedeño, H. (2020). *Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador*. 5(02), 579–604.
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29(1025–9929), 153–224.
- De la Peña, M. (1993). Evaluation of a Clinical Advancement System. *Journal of Nursing Administration*, 23(2), 13–19.
- Durán, J., & Torres, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral*, XII(36), 129–162.
- Eduard, J., Lindao, F., Roberto, I., & Valverde, V. (2020). "Diagnostico, Evaluación y Planteamiento de mejora en la planta de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil". Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Título: *Carrera de Ingeniería Industrial*.
- Escandón, P. (2019). Delimitación de riesgos de la industria hidrocarburífera en el sector San Raymundo del cantón Salinas, provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6(1), 27–33.
- Estrada, L., Gutiérrez, M., Ibarra, E., Rojas, M., & Velaverde, J. (2017). *Agua Residual y Tratamiento*. Universidad Mayor de San Simón.
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. In *Informe Sobre Temas Hídricos no. 38*. <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
- Garcés, L., Mejía, E., & Santamaría, J. (2004). Photocatalysis as an alternative to treat waste water. *Revista Lasallista*, 1(1), 83–92.
- García, A. (2020). *Evaluación de contaminación microbiológica (coliformes totales, Escherichia coli y enterococos) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México*.
- Gorchev, H. G., & Ozolins, G. (1984). WHO guidelines for drinking-water quality. *WHO Chronicle*, 38(3), 104–108.
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación del Agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Educational research methodologies (descriptive, experimental, participatory, and action research). *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 4(3), 163–173.
- Hernández, A. M. (2017). Sólidos Suspendidos Totales En Agua Secados. *Subdirección De Hidrología - Grupo Laboratorio De Calidad Ambiental*, 1–4.
- INEC. (2010). Fascículo provincial Santa Elena. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Fascículo Provincial Sta. Elena*, 0–8. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/santo_domingo.pdf
- Instituto Superior del Medio Ambiente. (2013). *El tratamiento de Aguas Residuales y su Marco Normativo*. ISM. <https://www.ismedioambiente.com/el-tratamiento-de-aguas-residuales-y-su-marco-normativo/>
- INVEMAR. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos)*.
- Jacobo, F. (2018). Aguas residuales urbanas y sus efectos en la comunidad de Paso Blanco, municipio de Jesús María, Aguascalientes. *Revista de El Colegio de San Luis*, 8(16), 267.
- Japac. (2016). *Importancia del pH en los arroyos y los lagos*. Descubre cómo afecta el pH al agua. <https://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/#:~:text=Un alto o bajo pH,haciendo que las poblaciones declinen.>
- Larios, J. F., Gonzáles, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, 2(2), 9–25.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas. *Cenic*, 44, 24–34.
- Lindao, C. (2018). *La contaminación ambiental de playa la caleta y su incidencia en el desarrollo del turismo del cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena, Año 2017*. <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/handle/46000/4362>
- Lozoya, E. (2012). El progreso de la estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo Papeles de Población. *Papeles de Población*, 18(73), 1–31.
- Maita, J. (2019). Implementación de filtros verdes para mejorar el efluente en el sistema de alcantarillado del distrito de Matahuasi. *Universidad Peruana Los Andes*, 1–20.
- Malacatus, P., Chamorro, E., & Orellana, G. (2016). Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 61–68.
- Mañunga, T., Gutiérrez, H., Rodríguez, A., & Villarreal, A. (2010). Treatment of COD analysis liquid wastes generated in environmental laboratories. *Ingeniería e Investigación*, 30(2), 87–95.
- Martos, Á. (2015). La importancia del agua en nuestro planeta. *El Agua*, 73. Disponible en: http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/2374/1/MARTOS_LÓPEZ%2C_ÁNGEL.pdf
- Mejía, A., Cabrera, M., & Carrillo, Y. (2017). Remoción de contaminantes orgánicos presentes en agua residual doméstica mediante prototipo a escala de laboratorio. *LA GRANJA, Revista de Ciencias de La Vida*, 26(2), 71–86.
- Montero, F., Molina, C., Pillco, B., Sarduy, L., & Diéguez, K. (2020). Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(1), 23–39.
- Mora, F., García, S., & Chiriboga, E. (2020). Certificación turística como herramienta de diferenciación clave para las playas: Caso Playa Chipipe. Salinas- Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 233–244.
- Mora, L. (2015). *Qué Es La Desviación Estándar Y Como Interpretarla*. Kimeria. Disponible en: http://kimeria.com/data/redlocal/ver_demos/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA_CAFETERA/N_ASPECTOS_FINANCIEROS/desviacion_estandar.pdf
- Moreno, L., Muñoz, M., & Ramirez, R. (2019). Caracterización Mecánica De Suelos Del Perfil Costero Entre Ancón Y Anconito. *Ciencia UNEMI*, 12(31), 13.
- Nasamues, J. (2019). *Metodologías Para Evaluar Sistemas De Tratamiento De Aguas Residuales En El Ecuador*.
- Navarro, O. (2004). Representación social del agua y de sus usos Psicología desde el Caribe. *Psicología Desde El Caribe*, 14, 22–236.
- Navas, O. (2016). Comportamiento De La Eficiencia De Remoción De Materia Orgánica En Un Bioreactor De Lecho Móvil Alimentado Con Agua Residual Doméstica, Con La Variación Del Volumen Del Lecho. Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Ambiental Y Sanitaria. In *Universidad de La Salle*.
- ONU-Agua. (2010). Agua y salud humana. *Química Viva*, 9(3), 105–119.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. In *Mundi-Prensa Madrid*.
- Paz, K. (2007). Media Aritmética Simple. *Facultad de Ingeniería*, 07, 1–13.
- Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *Medwave*, 11(03), 1–6.
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71–80.
- Ramos, L., Vidal, L., Sandra, V., & Saavedra, L. (2010). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 87–98.
- Reina, J., Muñoz Isaías, & Jaramillo, L. (2015). *Evaluación de la eficiencia y cinética de remoción de materia orgánica en un reactor biológico aerobio horizontal con medio de soporte pet (politereftalato de etileno)*.
- Rivera, B. (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. *The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Cooperative Extension, March*, 1–5. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez, A., Lima, R., Pisco, P., & Quimis, A. (2020). Comprensión y manejo de la media aritmética, mediana y moda con datos agrupados en intervalos. *Revista Científico Educativa de La Provincia de Gramma*, 16, 1470–1483.
- Rodríguez, D., & Santana, M. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la bahía de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(2), 391–400.
- Rodríguez, J. P., García, C. A., & García, J. C. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(5), 738–745.
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño* (E. C. de Ingeniería (ed.); Tercera Ed). Nuevas Ediciones S.A.
- Sehircilik, B. (2009). Tratamiento y reuso de aguas residuales. *Manual Para Municipios Ecoeficientes*, 2(511), 179.
- SENAGUA. (2016a). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 97.

- https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- SENAGUA. (2016b). Normas para estudio y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Secretaría Del Agua*, 6, 420. http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- Suárez, S., & Molina, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363.
- Trejo, R., & Bonilla, A. (2001). Exposición a fluoruros del agua potable en la ciudad de Aguascalientes, México Comunicación breve. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, 10(2), 108-113.
- TULSMA. (2015). Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. *Libro VI, Anexo 5*, 184. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
- UNESCO, W. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>
- UNESCO, W. (2020). Agua y cambio climático. *Revista de Obras Publicas*, 167, 3618.
- Villas, J. (2020). *Reúso de las aguas residuales como alternativa al estrés hídrico en Colombia*. Universidad de Antioquia.
- Villón, J. (2012). *Evaluación de la calidad del agua en la zona marino costera del cantón la libertad, octubre 2011 y enero 2012* [Universidad de Guayaquil].
- Who. (2007). Lucha contra Las enfermedades transmitidas por el agua en Los hogares. *Cdrwww.Who.Int*, 36. http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf