



Calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al río carrizal

Quality of waste discharge served from the wastewater treatment lagoons to the Carrizal River

Qualidade da descarga de resíduos atendida dos lagos de tratamento de águas residuais ao rio carrizal

Horacio Antonio Cedeño-Muñoz ¹
horacioantonio_3@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6799-5979>

Correspondencia: horacioantonio_3@hotmail.com

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 13 de noviembre de 2019 ***Aceptado:** 31 de diciembre de 2019 * **Publicado:** 17 de enero 2020

¹ Máster Universitario en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos, Ingeniero Hidráulico, Docente de la Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la investigación fue analizar los parámetros de calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al Río Carrizal del cantón Bolívar en el Ecuador. La investigación fue de tipo experimental descriptiva. Se empleó una muestra compuesta y la frecuencia de muestreo fue mañana, tarde y noche fue realizada in situ y poder apreciar la variación de las propiedades de las mismas respecto al tiempo. El muestreo fue compuesto para conocer la variación de los parámetros de calidad de las aguas en el día. Se emplearon procedimientos estandarizados para evitar la alteración de las muestras al momento de la realización de los análisis de laboratorio. Para el manejo de las muestras se consideró el tipo de muestra, el intervalo de tiempo entre la toma de muestra y el análisis y las condiciones de almacenamiento y transporte. Los resultados fueron comparados con las normas TUSLMA 2015 encontrándose que, de un total de 11 parámetros analizados, 6 cumplen con la normativa, 4 no cumplen y 1 no cumple en el primera muestreo, pero en el segundo muestreo si cumple; es decir que del 100% cumplen el 59.09% mientras que el 40.91% no cumplen. Los 6 parámetros que cumplen con la normativa son el pH, temperatura, dureza, cloruros, sólidos totales y DBO; En cuanto a los 4 parámetros que no cumplen encontramos la conductividad eléctrica la cual está relacionada con la presencia de sales en disoluciones, la turbidez.

Palabras clave: Solidos totales; turbidez; salud.

Abstract

The objective of the research was to analyze the quality parameters of the wastewater discharge from the sewage treatment lagoons to the Carrizal River of the Bolivar canton in Ecuador. The research was descriptive experimental. A composite sample was used and the sampling frequency was morning, afternoon and night was carried out in situ and to be able to appreciate the variation of their properties with respect to time. The sampling was composed to know the variation of the water quality parameters in the day. Standardized procedures were used to avoid the alteration of the samples at the time of the laboratory analysis. For the handling of the samples, the type of sample, the time interval between sampling and analysis, and storage and transport conditions were considered. The results were compared with the TUSLMA 2015 standards, finding that out of a total of 11 parameters analyzed, 6 comply with the regulations, 4 do not comply and 1 do not meet in the first sampling, but in the second sampling it does; that is to say that 100% comply

with 59.09% while 40.91% do not comply. The 6 parameters that comply with the regulations are pH, temperature, hardness, chlorides, total solids and BOD; As for the 4 parameters that do not meet we find the electrical conductivity which is related to the presence of salts in solutions, turbidity.

Keywords: Total solids; turbidity; health.

Resumo

O objetivo da pesquisa foi analisar os parâmetros de qualidade da descarga de águas residuais das lagoas de tratamento de esgoto do rio Carrizal, no cantão de Bolívar, no Equador. A pesquisa foi descritiva experimental. Utilizou-se uma amostra composta e a frequência de amostragem foi manhã, tarde e noite, realizada in situ e para apreciar a variação de suas propriedades em relação ao tempo. A amostragem foi composta para conhecer a variação dos parâmetros de qualidade da água no dia. Procedimentos padronizados foram utilizados para evitar a alteração das amostras no momento da análise laboratorial. Para o manuseio das amostras, foram considerados o tipo de amostra, o intervalo de tempo entre a amostragem e a análise e as condições de armazenamento e transporte. Os resultados foram comparados com as normas do TUSLMA 2015, constatando que de um total de 11 parâmetros analisados, 6 atendem às normas, 4 não atendem e 1 não atendem na primeira amostragem, mas na segunda, atendem; ou seja, 100% atendem a 59,09%, enquanto 40,91% não atendem. Os 6 parâmetros que atendem às regulamentações são pH, temperatura, dureza, cloretos, sólidos totais e DBO; Quanto aos 4 parâmetros que não atendem, encontramos a condutividade elétrica que está relacionada à presença de sais em soluções, turbidez.

Palavras-chave: sólidos totais; turbidez; saúde.

Introducción

A nivel mundial existe un incremento en la demanda de recursos hídricos en virtud del aumento constante de la población, los nuevos hábitos de vida y el desarrollo urbano e industrial sin una adecuada planificación, esto tendrá incidencia directa en las limitadas fuentes de agua existentes en el mundo. La UNESCO (2003) ha realizado numerosos estudios y proyecciones en torno al consumo y reservas existentes de agua en el planeta y que son de interés investigativo. Unas de estas afirmaciones señalan que los seis mil millones de habitantes del planeta ya se han adueñado

del 54% del agua dulce disponible en ríos, lagos y acuíferos subterráneos; además de indicar que el 69% del agua dulce disponible en el planeta está siendo destinada a la agricultura, a la industria el 23% y el 8% al consumo doméstico. Del mismo modo proyecta que en el 2025, el hombre consumirá el 70% del agua disponible. Esta estimación se ha realizado considerando únicamente el crecimiento demográfico. Sin embargo, si el consumo de recursos hídricos per cápita sigue creciendo al ritmo actual, dentro de 25 años el hombre podría llegar a utilizar más del 90% del agua dulce disponible, dejando sólo un 10% para el resto de especies que pueblan el planeta.

Según la UNESCO (2008), el 87% de la población mundial y el 84% de la población en países en vías de desarrollo tenían acceso a fuentes de abastecimiento de agua potable mejoradas; alrededor de 884 millones de personas seguían sin disfrutar de ese beneficio. En tanto que el 61% de la población mundial y el 52% de la población en vías de desarrollo tenía acceso a servicios de saneamiento mejorados, sin embargo, aproximadamente 2,600 millones de personas no disponían de ese beneficio”.

Lo anterior permite afirmar que las consideraciones de la UNESCO (2008) señalan que existen un gran porcentaje de la población sin acceso al agua la cual se ve afectada en gran parte de sus actividades relacionadas con el buen vivir, los países desarrollados son los que poseen un menor número de personas que no se ven beneficiados por el líquido vital, teniendo así un total de 10 millones de habitantes sin acceso al agua, mientras que en Latinoamérica 32 millones de habitantes carecen del servicio del agua y por último el continente Africano es el territorio en el que existe mayor carencia de agua entre sus pobladores, llegando a una cifra de 345 millones de personas que no poseen acceso al agua, razón por la cual existe mayor insalubridad, brote de enfermedades y muertes en este continente.

Es importante señalar que el agua que es utilizada por el ser humano bien sea en los hogares, industrias y en los centros poblados y ciudades se denominan aguas residuales, Mara (1976) las define de la siguiente manera: “Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.”

Partiendo de las ideas anteriores, la disposición final de las aguas residuales producidas por las diferentes actividades humanas (principalmente usos domésticos e industriales) representa un problema cuya dimensión está en constante aumento y que se ve agravado cuando se trata de grandes ciudades. Es por ello que para afrontar este problema la Organización de Naciones

Unidas (2008) plantea un dilema crucial, en virtud que, por un lado, el agua residual se constituye en una fuente alternativa importante para el riego de los cultivos, pero, por otro lado, su uso para este fin, sin un adecuado tratamiento, puede crear a su vez en un problema mayor, por todos los riesgos que esto supone. En efecto, se han registrado a nivel mundial, muchos casos de brotes de enfermedades, casos de intoxicaciones masivas y se ha propiciado la degradación de diversos cuerpos de agua como consecuencia del tratamiento inadecuado de las aguas residuales bien sean urbanas, industriales y domésticas.

Es importante considerar que las aguas residuales no tratadas causan efectos inmediatos en el medio al que se encuentre expuesto, las principales afectaciones son la contaminación del medio ambiente y el patrimonio acuífero de la sociedad, como consecuencia de la materia orgánica, compuestos de nitrógeno y fósforo, patógenos, aceites y grasas, metales pesados y muchos otros productos químicos tóxicos. La presencia de estos elementos en cantidades excesivas origina lo que se llama eutrofización. (Rodríguez: 2009). Según indica la OMS, considera que los ecosistemas de agua dulce han sido severamente dañados: se estima que se ha perdido cerca de la mitad de los humedales del planeta, y más del 20% de las 10 000 especies conocidas de agua dulce en el mundo se han extinguido o están amenazadas o en peligro.

Ahora bien, contextualizando esta investigación se tiene que según la información suministrada por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) (2015), el Ecuador tiene una alta disponibilidad hídrica que bordea los 20.700 m³/habitante/año, que supera por mucho la media mundial de alrededor de 1700m³/habitante/año. Lamentablemente, debido a la distribución de la población en el Ecuador, el 88% de los habitantes viven en la vertiente Pacífico y se estima una dotación de 5.200 m³/hab/año, que contrasta con la vertiente amazónica en donde viven el 12% de los ecuatorianos con una dotación de 82.900m³/hab/año. Sin embargo, la disponibilidad hídrica no es igual a lo largo del año, ya que, en la costa, la estacionalidad es mucho más marcada que en la Amazonía y en algunas zonas como Manabí en los meses entre julio y diciembre, la sequía llega a algunas zonas, siendo son estas mismas zonas las que entre los meses de enero y mayo sufren de inundaciones. En ambos casos con pérdidas cuantiosas en los cultivos agrícolas y reducción de la producción ganadera.

Por otra parte, como se ha señalado anteriormente, los cuerpos de agua a nivel mundial y específicamente en el Ecuador están sometidos a procesos de contaminación ambiental producto de las aguas residuales, tal es el caso del Río Carrizal. En tal sentido, Izquierdo y Manzal, (2010)

manifiestan que una de las principales fuentes de contaminación de las aguas es el vertido de efluentes residuales sin depurar o insuficientemente depurados y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales y prácticas agrícolas inadecuadas, lo que se constituye una de las principales causas de contaminación de los cuerpos de agua.

El río Carrizal es la principal cuenca hidrográfica del Cantón Bolívar, cuyo territorio tiene una extensión de 552 km², atravesada por una red hidrográfica con vertientes provenientes de la cordillera, siendo el río Carrizal el principal, pasando por el límite oriental de Calceta, a la que ingresa desde el sur y se desvía en dirección al oriente. Dos afluentes del Carrizal, llegan a éste, en el área de Calceta, desde el sur occidente. Son el río Mosca y el estero de Mocochoal (Avilés, 2002) El río Carrizal, del cantón Bolívar, no es ajeno a la problemática de degradación de los recursos naturales, principalmente referido al uso y manejo de los cuerpos de agua.

Este río está siendo afectado por acciones antropogénicas, tales como: la deforestación, ya que se destruyen grandes áreas de bosque natural para convertirlos en zonas agro pastorales y para explotación de la madera; la mala práctica agrícola, que se evidencia por un excesivo uso de fertilizantes inorgánicos y pesticidas, que luego son acarreados por la escorrentía del agua lluvia hasta el río aportando nutrientes a los mismos.

Partiendo de la problemática señalada se planteó como objetivo general: Analizar los parámetros de calidad de la descarga de aguas servidas de las lagunas de tratamiento de aguas residuales al Río Carrizal del cantón Bolívar en el Ecuador.

Desarrollo

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce. De esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo. (ONU: 2008)

Esta misma organización mundial señala que del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, menos del 1% se encuentra en lagos, ríos y atmosfera, mientras que aproximadamente el 30% se encuentra en depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o encarece su utilización efectiva.

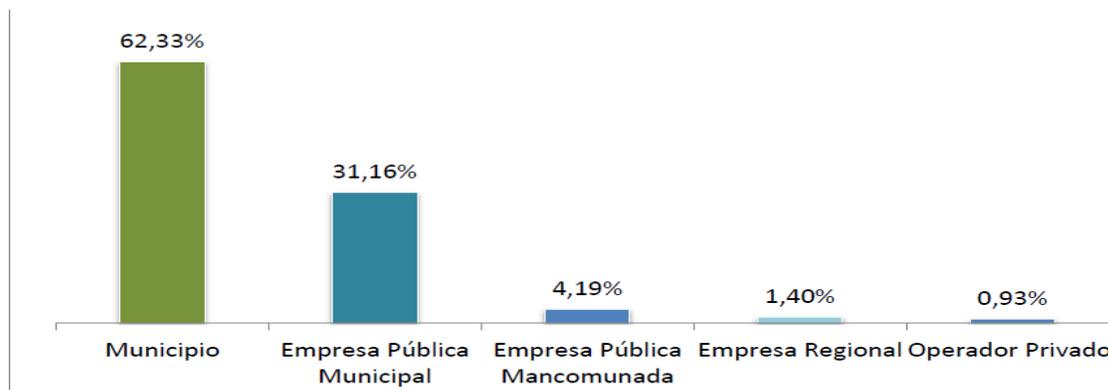
Es importante señalar que el agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud

pública, ya sea que se utilice para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza. En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico (OMS, 2015).

Dada la importancia del agua y su estrecha relación con el desarrollo socio-económico, es necesario que los países eviten instrumentar políticas específicas sobre desarrollo sectorial y recursos hídricos y adopten, por el contrario, un enfoque global e integrado de gestión del agua (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, 2006).

En Ecuador 6 de cada 10 GAD Municipales, gestionan la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado a través del Municipio, 3 mediante Empresa Pública Municipal y la diferencia opera con gestión de Empresa Pública Mancomunada, Empresa Regional y Operador Privado

Ilustración 1. Modelo de gestión del servicio del agua en el Ecuador



Fuente: AMEC-INEC (2015) Registro de Gestión de agua potable y alcantarillado

Del mismo modo, en Ecuador los 215 GAD Municipales, que proporcionaron información, prestan el servicio de Agua Potable en el área urbana. De los 215 GAD Municipales, 148 municipios dan cobertura en el área rural, los restantes 67 presta el servicio mediante juntas de agua. Se debe tomar en consideración que los GAD Municipales de Muisne, Balzar, Daule, Montalvo, Vinces, Buena Fé, no proporcionan información Santa Elena y La Libertad se

encuentran en mancomunidad con el cantón Salinas.

En la línea de las ideas anteriores, el gobierno del Ecuador como forma de dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2016), puntualmente con el Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, donde una de las metas cita “Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos”. Establece como prioridad la accesibilidad a la que la gestión municipal debe apuntar para mejorar el servicio de agua potable para toda la población.

Del mismo modo señala el INEC (2015) que se plantea para 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial.

En cuanto al aspecto específico del tratamiento de las aguas residuales, según el INEC (2015) el 90,23% de los GAD Municipales cuentan con sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, el 1,86% compra agua tratada y el 7,91% no cuenta con sistemas de tratamiento. Los cantones de Jaramijó, Nobol, Rocafuerte y Lomas de Sargentillo compran agua potabilizada. Esta misma institución señala que el 74,42% de los GAD Municipales cumplen con la Norma INEN 1108, que establece los requisitos de calidad del agua apta para consumo humano y a nivel regional es la Amazonía la que mayor cumplimiento registrando posee con un 80,49%.

La causa principal de la contaminación del agua es la descarga directa de desechos domésticos e industriales no procesados en los cuerpos de agua superficial. Ello contamina no sólo los cuerpos de agua sino también los acuíferos de agua subterránea adyacentes. Con la expansión de la industria, la minería y el uso de agroquímicos, los ríos y acuíferos se contaminan con sólidos orgánicos, químicos tóxicos y metales pesados. (UNEP, 1999)

Alrededor del 70%–75% de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre. Un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar. Por otro lado, entre un 70% y 80% de la población mundial (aproximadamente 3.6 billones de personas) se ubica en las costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en el océano. (Escobar, 2002)

El 90% de la contaminación por aguas residuales vertidas a la zona costera es va los ríos y

arroyos que desembocan al mar (...). Para Latinoamérica y el Caribe, de acuerdo con las cifras reportadas en GEO-ALC 2000, se estima que apenas 2% de las aguas residuales reciben un tratamiento adecuado. En particular se menciona que la calidad de las aguas costeras ha disminuido debido a las descargas de aguas residuales municipales directamente sin ningún tratamiento, para el Caribe refiere que entre el 80 y 90% de las aguas residuales se descargan a aguas superficiales sin tratamiento alguno. (PNUMA, Informe de la Secretaría al foro de Ministros del Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, 2000).

Ahora bien, el tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales

En el caso de agua urbana, los tratamientos suelen incluir la siguiente secuencia: El Pre tratamiento, el cual busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

En segunda instancia o fase, el tratamiento primario o tratamiento físico-químico, que se realiza como forma de reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química. El tercer paso consiste en el tratamiento secundario o tratamiento biológico, cuyo objetivo es eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

Y por último, el tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico, el cual utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

El segundo método empleado para la purificación de las aguas residuales son las lagunas de estabilización, las cuales comprenden el método más simple para el tratamiento de las aguas residuales existentes. Su construcción está comprendida por una excavación poco profunda delimitada por taludes de tierra que por lo general poseen geometrías cuadradas o rectangulares

entre las más comunes. La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema.

Ahora bien, para la determinación de la calidad del agua existen una serie de parámetros: Pruebas Químicas, las pruebas físicas, Microbiológicas y la determinación de las características fisicoquímicas que determinan la calidad agrologica del agua para riego. (Toro, 2011)

Metodología

La presente investigación es de tipo experimental descriptiva, la cual se desarrolló con el objetivo de analizar la calidad del agua residual vertida en el Río Carrizal del cantón Bolívar. Está ubicado aproximadamente a 860 metros de las lagunas de tratamiento la cual descarga directamente sus aguas al río. La zona de estudio se encuentra a unos 50 metros de distancia de una zona poblada y a unos 200 metros de terrenos agrícolas donde se existen grandes extensiones de plataneras en las cuales se aprovecha el agua del río para su riego.

Para ello se realizaron pruebas de laboratorio mediante un muestreo compuesto para conocer la variación de los parámetros de calidad de las aguas en el transcurso del día. Una vez conocidos los resultados de los análisis se pudo determinar si estas aguas cumplen con los rangos de tolerancia de descargas a cuerpos de agua dulce regidos por la normativa TULSMA.

Los ensayos de laboratorio se realizaron en la Escuela Superior Politécnica de Manabí (ESPAM), ubicada en la ciudad de Calceta lugar de origen de la investigación. Al momento de la obtención de los resultados se procedió a la comparación de los datos dados con los valores de tolerancia de descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua dulce propuestas por las normas TUSLMA 2015.

Las lagunas de tratamiento de aguas residuales se encuentran situadas geográficamente en la zona Noroeste de la ciudad de Calceta, en la cual se encuentra la salida de la descarga final de las aguas residuales de las lagunas cuyas coordenadas son:

Tabla 1. Coordenadas del punto de inicio de la descarga

Coordenadas	
Latitud	Longitud
00°50.438' S	80°10.560' O

Fuente: Suministrada por el INEC (2015)

Ilustración 2. Punto de salida de aguas residuales de las lagunas de tratamiento



Fuente: Observación realizada por el autor.

La llegada al Rio Carrizal de la descarga final de aguas residuales está situada aproximadamente a 860 metros de las lagunas de tratamiento conducido por un sistema de tuberías 200mm impulsadas por gravedad, este punto se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 2. Coordenadas del punto de descarga final

Coordenadas	
Latitud	Longitud
0°50'1.96"S	80°10'19.64"O

Fuente: Información suministrada por el INEC (2015)

Ilustración 3. Punto de descarga final de aguas residuales de las lagunas de tratamiento



Fuente: Observación realizada por el autor.

Ilustración 4. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de salida y descarga final de aguas residuales en el Río Carrizal



Materiales y equipos

En el desarrollo de las actividades de tomas de muestra in situ y la realización de los ensayos de laboratorio, además de los trabajos de oficina, se necesitó la utilización de los siguientes equipos y materiales:

Tabla 3. Materiales y equipos para la investigación

<p>Materiales de Campo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla • Botas de Agua • Guantes Quirúrgicos • Frascos plásticos • Frascos de Vidrio • Hieleras portátiles
<p>Laboratorio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivos para análisis de aguas <ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Conductímetro • Placas Petri • Cámara de flujo • Laminar Digestor para DQO • Respirómetro para DBO5 • Incubadora para DBO5.
<p>Oficina</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora

	<ul style="list-style-type: none"> • Celular • Cámara • Útiles de oficina
--	--

Elaboración: propia

El plan de muestreo se estableció como parte de la planificación para evaluar la calidad de las aguas que descargan las lagunas de tratamiento de aguas residuales directamente al río Carrizal, donde se definió el punto de monitoreo, frecuencia de muestreo, etc.

Para la identificación del punto de muestreo se realizó previamente un recorrido con el tutor a cargo de la investigación en compañía del encargado del cabildo municipal del Cantón Bolívar el cual es el responsable de la funcionalidad y mantenimiento de las lagunas de tratamiento de la ciudad.

El recorrido comenzó desde las lagunas de estabilización hasta el punto de descarga final al efluente del río, en el cual se determinó el punto de muestreo ya que cuenta con fácil acceso para las actividades a realizarse.

La Frecuencia de muestreo fue establecida como un plan para evaluar la calidad del agua y poder apreciar la variación de las propiedades de las mismas respecto al tiempo. Con estos indicios se pudo determinar la cantidad de muestras y la frecuencia de muestreo.

Tabla 4. Frecuencia de Muestreo

FRECUENCIA DE MUESTREO	
2018	
27 de agosto	27 de septiembre
Horarios de muestreo	
Mañana (7:00 - 7:30)	
Tarde (12:30 - 13:00)	
Noche (18:30 - 19:00)	

Elaboración: propia

En cuanto al tipo de muestra seleccionada, la presente investigación empleó una muestra compuesta, que tiene como objetivo el producir una muestra representativa de la calidad del agua en el punto de muestreo. Para la toma de las muestras in situ se llevó a cabo mediante procedimientos estandarizados para evitar la alteración de las muestras al momento de la realización de los análisis de laboratorio. Se realizó la recolección de muestras compuestas, en las cuales se utilizaron envases de vidrio de 5 litros, previamente lavados y esterilizados, los cuales se encontraban en perfectas condiciones para su posterior sellado con el fin de evitar el ingreso de partículas que puedan contaminar la muestra.

Para el manejo de las muestras se consideró el tipo de muestra, el intervalo de tiempo entre la toma de muestra y el análisis y las condiciones de almacenamiento y transporte. Para ello, en la Tabla 5, se presentan algunos aspectos relacionados con la toma, transporte y almacenamiento de muestras

Tabla 5. Modelo de preservación de la muestra

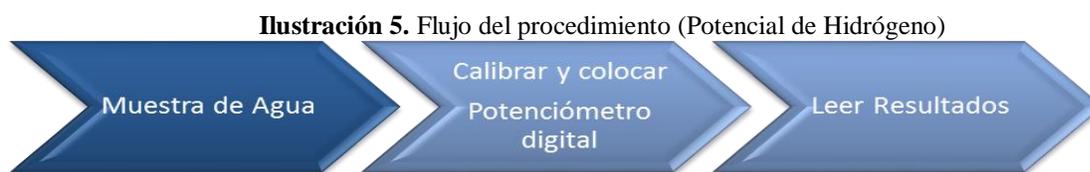
PARÁMETRO	ENVASE	TAMAÑO DE MUESTRA (ML)	TIPO DE MUESTRA	PRESERVAR
DBO	P, V	1000	p, c	Refrigerar
DQO	P, V	100	p, c	Analizar lo más pronto posible
CLORURO	P, V	50	p, c	No requiere refrigerar
DUREZA TOTAL	P, V	500	p, c	Analizar lo más pronto posible
SOLIDOS TOTALES	P, V	200	p, c	Refrigerar
SOLIDOS SUSPENDIDOS	P, V	200	p, c	Refrigerar
PH	P, V	50	p, c	Analizar inmediatamente
TEMPERATURA	P, V		p	Analizar inmediatamente

TURBIDEZ	P, V	100	p, c	Analizar lo más pronto posible
COLIFORMES FECALES	P, V	50	p	Analizar lo más pronto posible
CONDUCTIVIDAD	P, V	500	p, c	Refrigerar

Elaboración: propia

Para la realización de los ensayos de laboratorio se siguieron los siguientes procedimientos metodológicos:

Para de determinación del Ph:



Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM). **Elaboración:** propia

En relación a la conductividad eléctrica se realizarán los siguientes procedimientos



Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

En cuanto a la medición de Cloruros



Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

Para la determinación de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Ilustración 8. Flujo de procedimiento (Demanda Bioquímica de Oxígeno)



Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

Por último la Demanda química de oxígeno (DQO)

Ilustración 9. Flujo de procedimiento (Demanda Química de Oxígeno)



Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

Resultados y Discusión

En cuanto al análisis de laboratorio

El pH de un agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. En los efluentes de agua dulce debe estar entre 6 y 9, esto quiere decir que debe estar entre neutra y ligeramente alcalina. Ahora bien, según los resultados arrojados del análisis #1 y el análisis #2 (Ver tabla n°6) indican que los valores están dentro de los límites permisibles por lo cual no se encuentre ninguna alteración; es decir si cumplen con la normativa.

El segundo aspecto a evaluar los parámetros químicos es la presencia de cloruros, los cuales al estar presentes en grandes cantidades puede ser índice de contaminación ya que las materias residuales de origen animal siempre tienen considerables cantidades de estas sales. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable. Según la normativa los valores de tolerancia máxima son de 1000 mg/l por lo cual el análisis #1 y el análisis #2 están por debajo de los valores permisibles, es decir si cumplen con la normativa, por tanto en ellas no están presentes en forma elevada materias residuales de los animales.

El tercer elemento o parámetro químico es la demanda bioquímica de oxígeno, la cual mide la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en un proceso aeróbico. La norma contempla un límite de tolerancia de 100 mg/l para descargas a cuerpos de agua dulce. Al observar los resultados de estos análisis se observa que existe diferencia entre ambos análisis, siendo que en el # 2 no existen valores excedentes al límite de tolerancia por lo cual el análisis #2 si cumple la normativa. En el análisis #1 se encontró que los resultados de la mañana y la noche se encuentran por debajo de los límites de tolerancia, mientras que el resultado de la tarde excede el permisible en un 10%, es un valor mínimo por lo cual a nivel general se considera que el análisis #1 si cumple la normativa.

El cuarto parámetro es la demanda química de oxígeno, la cual indica la cantidad que necesitan las bacterias para degradar materia orgánica e inorgánica oxidables en las aguas residuales, su límite máximo es de 200 mg/l. Se encontró que tanto el análisis #1 como el análisis #2 sobrepasan exorbitantemente el límite máximo permisible para descargas en cuerpos de agua dulce, es decir, no cumplen con la normativa.

Por último, se encuentra la dureza total del agua, entendida como la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. La Organización Mundial de la Salud nos dice que se considera como concentración máxima deseable 100 mg/l CaCO₃ y como concentración máxima admisible 500 mg/l CaCO₃. Se observa en los resultados que los valores tanto del análisis #1 como del análisis #2 se encuentran dentro de los límites mínimos y máximos establecidos por la normativa internacional, por lo tanto, si cumplen la normativa.

Tabla 6. Pruebas químicas en las aguas residuales del Río Carrizal cantón Bolívar Ecuador

PH				
	UNIDAD	MAÑANA	TARDE	NOCHE
ANALISIS #1	-	7.58	7.68	7.6
ANALISIS #2	-	7.46	7.19	7.32
CLORUROS				
ANALISIS #1	mg/l	28	42	33
ANALISIS #2	mg/l	14	35	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)				
ANALISIS #1	mg/l	80	110	90
ANALISIS #2	mg/l	75	75	80

Demanda Química de Oxígeno (DQO)				
ANÁLISIS #1	mg/l	1460	1290	1380
ANÁLISIS #2	mg/l	7990	4910	5900
DUREZA TOTAL				
ANÁLISIS #1	mg/l CaCO ₃	330	280	300
ANÁLISIS #2	mg/l CaCO ₃	500	250	330

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) Elaboración: propia

El segundo grupo de análisis realizados a las muestras de aguas residuales del Río Carrizal, pertenecen a las pruebas físicas, dentro de ellas se encontró que, en cuanto a la temperatura, los resultados del análisis #1 y #2 (Ver Tabla n° 7) demuestran que están por debajo de la tolerancia máxima; es decir que, si cumple con la normativa, según la cual la temperatura debe ser $< 35^{\circ}\text{C}$. Este aspecto es relevante en virtud de que la temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua ya que ésta que afecta sus aspectos químicos y las funciones de los organismos acuáticos.

El segundo parámetro de pruebas físicas se refiere a los sólidos suspendidos. En este parámetro el valor máximo de tolerancia para descargas en cuerpos de agua dulce es de 130 mg/l, por lo cual de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se aprecia que en el análisis #1 existe un incremento considerable referente a los valores máximos permisibles teniendo un excedente de 623.07% en los resultados de la mañana, un 243.07% en los resultados de la tarde y un 273.07% en los resultados de la noche, con esto indica que el análisis #1 no cumple la normativa. Caso contrario en los resultados del análisis #2 en el cual se encontró que no existen excedentes en sus valores, referentes a los máximos tolerables para descargas en cuerpos de agua dulce, es decir que el análisis #2 si cumple la normativa.

En cuanto al tercer parámetro referente a los sólidos totales el valor máximo de tolerancia para descargas en cuerpos de agua dulce es de 1600 mg/l, por lo cual de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se aprecia que no existen valores excedentes a los permisibles, eso quiere decir que si cumple la normativa.

Tabla 7. Pruebas físicas del agua residual Río Carrizal. Cantón Bolívar

TEMPERATURA				
	UNIDAD	MAÑANA	TARDE	NOCHE
ANALISIS #1	°C	25.7	25.6	25.1
ANALISIS #2	°C	26.4	26.8	26.5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS				
ANALISIS #1	Mg/l	940	446	485
ANALISIS #2	Mg/l	53	56	60
SÓLIDOS TOTALES				
	Mg/l	760	210	330
	Mg/l	710	1100	900

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

Al analizar las pruebas microbiológicas en las aguas residuales del Río Carrizal del Cantón Bolívar se encontró que tradicionalmente los coliformes fecales se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por lo tanto, en este tipo de aguas de origen residual se encuentran cantidades excesivas como se evidencia en la tabla tanto para el análisis #1 como para el análisis #2, mientras que el límite máximo permisible es 77 UFC/100ml, es decir, no cumplen con los límites establecidos.

Tabla 8. Pruebas Microbiológicas a las aguas residuales del Río Carrizal Cantón Bolívar. Ecuador

COLIFORMES FECALES				
	UNIDAD	MAÑANA	TARDE	NOCHE
ANALISIS #1	UFC/100ML	160000	160000	180000
ANALISIS #2	UFC/100ML	879000	856000	1152000

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) **Elaboración:** propia

Ahora bien, en los análisis realizados se tomaron en cuenta parámetros que permiten medir las características fisicoquímicas que determinan la calidad agrologica del agua para riego, específicamente la conductividad del agua. Esta propiedad es producida por los electrolitos que lleva disueltos, según la normativa (TULSMA, 2015) “Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego” indica que el valor máximo de tolerancia de conductividad eléctrica

del agua es 1000 micromhos/cm. Al realizar el análisis de los resultados presentes en la tabla n°9 se pudo determinar que tanto en el análisis #1 como el análisis #2 sobrepasan los valores permisibles, es decir, no cumplen la normativa; por tanto, no son recomendables para ser empleadas para actividades agrícolas

Tabla 9. Parámetro para medir las características físico-químicas de la calidad agrológica del agua para el riego

CONDUCTIVIDAD				
	UNIDAD	MAÑANA	TARDE	NOCHE
ANALISIS #1	uS/cm	1240	1240	1230
ANALISIS #2	uS/cm	1200	1210	1220

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental y Suelos (ESPAM) Elaboración: propia

El último aspecto evaluado fue la turbidez, siendo que niveles altos pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua, las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua. Además, algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente.

Según la normativa TULSMA la turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites: Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica); Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y, Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN

Eso quiere decir que la turbidez se encuentra en condiciones media-alta al estar dentro de los rangos de 50 a 100 UTN.

TURBIDEZ				
	UNIDAD	MAÑANA	TARDE	NOCHE
ANALISIS #1	UTN	87	104	96
ANALISIS #2	UTN	77	90	85

Haciendo un balance general de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de las muestras de aguas servidas analizadas con los límites permisibles establecidos por las normas que rigen este tipo de descargas, se encontró que, de un total de 11 parámetros analizados, 6 cumplen con la normativa, 4 no cumplen y 1 no cumple en el primera muestreo, pero en el segundo muestreo si cumple; es decir que del 100% cumplen el 59.09% mientras que el 40.91% no

cumplen.

Los 6 parámetros que cumplen con la normativa son el pH, temperatura, dureza, cloruros, sólidos totales y DBO; En cuanto a los 4 parámetros que no cumplen encontramos la conductividad eléctrica la cual está relacionada con la presencia de sales en disoluciones, la turbidez que depende mucho de los sólidos en suspensión ya que entre más hayan más sucia parecerá el agua y la turbidez será mayor, el DQO que muestra valores considerablemente altos debido a que el agua en el tanque Imhoff mantiene un nivel escaso de bacterias por su función anóxica; haciendo casi imposible que se recupere en las lagunas el oxígeno que necesitan las bacterias facultativas para el respectivo ciclo simbiótico, y por último los Coliformes Fecales que son muy comunes en aguas residuales ya que su origen es principalmente fecal y debido a los problemas de retención hidráulica que presentan las lagunas no se le da el tratamiento adecuado para su eliminación. En lo que se refiere a los sólidos suspendidos encontramos que en el primer muestreo no cumplen con los límites de tolerancia, mientras que en el segundo muestreo si cumplen.

Los resultados negativos pueden surgir de varias problemáticas presentados en el sistema lagunas como en su funcionamiento, recalcando que en año 2018 en la ciudad de Calceta se realizó una aplicación de ramales colectores en el sistema de alcantarillado sanitario aumentando la aportación de caudal que ingresa a las lagunas en las cuales su caudal de funcionamiento está por debajo del caudal actual que ingresa a las mismas, de esta manera para albergar este volumen de agua se reducen los tiempos de retención hidráulica y no se cumple con el objetivo principal de este sistema de tratamiento que es la depuración de las aguas residuales para descargarla en condiciones óptimas según las normativas establecidas.

Una vez realizada la toma de la muestra y los procedimientos para el cálculo del pH de un agua DEL Río Carrizal se determinó que los datos del análisis #1 y el análisis #2 indican que los valores están dentro de los límites permisibles por lo cual no se encuentra ninguna alteración; es decir se cumplen con la normativa. Debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. En los efluentes de agua dulce debe estar entre 6 y 9, esto quiere decir que debe estar entre neutra y ligeramente alcalina.

Referencias

1. Avilés. (2002). Historia de Manabi. Portoviejo.
2. Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Santiago de Chile: Copyright © Naciones Unidas
3. INEC.(2015). Documento en línea. Disponible en. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambiental
4. Izquierdo, S., y Manzal Doménech, M. (2010). Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso. Obtenido de <http://roderic.uv.es/handle/10550/23403>
5. Mara, D. (1976). Sewage Treatment(2015).t in Hot Climates. Londres: John Wiley & Sons.
6. Objetivos de Desarrollo Sostenible, (2016). <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
7. ONU(2008). Programa conjunto de vigilancia del abastecimiento de agua y el saneamiento. Paris
8. Organización Mundial de la Salud, Nota descriptiva N°391 (Agua)
9. PNUMA. (2000). Informe de la Secretaría al foro de Ministros del Medio Ambiente de America Latina y el Caribe . Barbados .
10. PNUMA. (2001). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente . PARIS.
11. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, (2006).
12. Rodríguez, B. (2009). Tratamiento fisicoquímico y biológico de las aguas residuales. México: 200p.
13. Secretaria Nacional del Agua(2015)
14. Toro, C. G. (Octubre de 2011). Monitoreo de la calidad del agua. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>
15. UNEP. (1999). Conference of plenipotentiaries to adopt the protocol concerning pollution from land-based sources and activities to the convention for the protection and development of the marine environment of the wider caribbean region . Oranjestad.

16. UNESCO (2003) World Water Assessment Programme, People and the Planet, en www.wateryear2003.org
17. UNESCO. (2008). La Unesco y la Sociedad Civil . PARIS.

References

1. Aviles (2002). Manabi history. Portoviejo
2. Escobar, J. (2002). The pollution of rivers and their effects on coastal areas and the sea. Santiago, Chile: Copyright © United Nations
3. INEC. (2015). Online document Available in. http://www.eficenterencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambiental
4. Izquierdo, S., and Manzal Doménech, M. (2010). Removal of heavy metals in waters by bioadsorption. Materials evaluation and process modeling. Retrieved from <http://roderic.uv.es/handle/10550/23403>
5. Mara, D. (1976). Sewage Treatment (2015) .t in Hot Climates. London: John Wiley & Sons.
6. Sustainable Development Goals, (2016). <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
7. UN (2008). Joint monitoring program for water supply and sanitation. Paris
8. World Health Organization, Descriptive Note No. 391 (Water)
9. UNEP (2000). Report of the Secretariat to the Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean. Barbados
10. UNEP (2001). United Nations Environment Program. PARIS.
11. United Nations World Water Resources Assessment Program, (2006).
12. Rodríguez, B. (2009). Physicochemical and biological treatment of wastewater. Mexico: 200p.
13. National Secretary of Water (2015)
14. Toro, C. G. (October 2011). Water quality monitoring. Retrieved from <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>

15. UNEP (1999). Conference of plenipotentiaries to adopt the protocol concerning pollution from land-based sources and activities to the convention for the protection and development of the marine environment of the wider caribbean region. Oranjestad
16. UNESCO (2003) World Water Assessment Program, People and the Planet, at www.wateryear2003.org
17. UNESCO (2008). Unesco and Civil Society. PARIS.

Referências

1. Aviles (2002) História de Manabi. Portoviejo
2. Escobar, J. (2002). A poluição dos rios e seus efeitos nas áreas costeiras e no mar. Santiago, Chile: Copyright © Nações Unidas
3. INEC. (2015). Documento online Disponível em. http://www.eficienterencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambiental
4. Izquierdo, S. e Manzal Doménech, M. (2010). Remoção de metais pesados em águas por bioadsorção. Avaliação de materiais e modelagem de processos. Recuperado em <http://roderic.uv.es/handle/10550/23403>
5. Mara, D. (1976). Tratamento de esgoto (2015) .t em climas quentes. Londres: John Wiley & Sons.
6. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, (2016). <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
7. ONU (2008). Programa conjunto de monitoramento do abastecimento de água e saneamento. Paris
8. Organização Mundial da Saúde, Nota Descritiva No. 391 (Água)
9. PNUMA (2000) Relatório da Secretaria ao Fórum de Ministros do Meio Ambiente da América Latina e Caribe. Barbados
10. PNUMA (2001) Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. PARIS
11. Programa Mundial de Avaliação de Recursos Hídricos das Nações Unidas, (2006).
12. Rodríguez, B. (2009). Tratamento físico-químico e biológico de águas residuais. México: 200p.
13. Secretário Nacional da Água (2015)

14. Toro, C. G. (outubro de 2011). Monitoramento da qualidade da água. Disponível em <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>
15. PNUMA (1999). Conferência dos plenipotenciários para adotar o protocolo relativo à poluição de fontes e atividades terrestres à convenção para a proteção e desenvolvimento do ambiente marinho da região do Caribe em geral. Oranjestad
16. Programa Mundial de Avaliação da Água da UNESCO (2003), People and the Planet, em www.wateryear2003.org
17. UNESCO (2008). UNESCO e Sociedade Civil. PARIS

©2019 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).