



Análisis de calidad de agua para determinar el impacto ambiental generado por residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en el tramo del canal Mejía-Sosote

Water quality analysis to determine the environmental impact generated by organic and inorganic solid waste in the section of the Mejía-Sosote canal

Análise da qualidade da água para determinar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos no trecho do canal Mejía-Sosote

Arias Zambrano Genesis Leonela ^I
garias7102@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-8277-5049>

Sabando Macías Jimmy Fabricio ^{II}
jsabando2619@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-1318-4295>

María Shirlendy Guerrero Alcívar ^{III}
maria.guerrero@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-4912-5717>

Correspondencia: garias7102@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de enero de 2024 * **Aceptado:** 22 de febrero de 2024 * **Publicado:** 14 de marzo de 2024

- I. Estudiante de la Facultad de Ciencias aplicadas de la Carrera de Ingeniería Civil Portoviejo, Ecuador.
- II. Estudiante de la Facultad de Ciencias aplicadas de la Carrera de Ingeniería Civil Portoviejo, Ecuador.
- III. Ingeniera Civil, Magíster, Profesora del Departamento de Construcciones Civiles de la Facultad de Ciencias aplicadas de la Carrera de Ingeniería Civil Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La presente investigación se enfocó en el análisis y calidad de agua, resaltando que el agua es uno de los recursos básicos más sustancial para el bienestar humano, donde se estudió el impacto ambiental que generan los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en el tramo del canal del sitio Mejía –Sosote, mediante ensayos físicos y químicos en el agua dando como resultado no sustancial para el uso frecuente del consumo doméstico y apta para el riego de cultivos y el desarrollo económico y social de los moradores de la zona.

En los últimos años ha habido un incremento notable en la generación de residuos sólidos, incluyendo una proporción considerable de desechos orgánicos. Este aumento puede atribuirse a diversos factores que incluyen el crecimiento demográfico, los cambios en los patrones de consumo y la falta de conciencia sobre la gestión adecuada de los residuos (Banco Mundial, 2019).

El sitio Mejía-Sosote, ha sido identificado como un área específica donde se observa un deterioro ambiental causado por la acumulación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en un tramo del canal local. Uno de los antecedentes relevantes es el inevitable crecimiento demográfico, fenómeno que genera un aumento en la demanda de alimentos y como consecuencia, un incremento en la generación de residuos orgánicos desechados.

Otro antecedente importante es la falta de infraestructura y servicios adecuados para la gestión de los residuos sólidos orgánicos en la zona de estudio, es decir, un adecuado sistema de clasificación de los desechos generados en los hogares. La falta de programas de recolección selectiva, tratamiento y disposición final de estos desechos da lugar a su acumulación en el entorno natural, especialmente en el tramo del canal ubicado en el sitio Sosote.

Palabras Clave: TULSMA; impacto ambiental; calidad de agua.

Abstract

The present research focused on the analysis and quality of water, highlighting that water is one of the most substantial basic resources for human well-being, where the environmental impact generated by organic and inorganic solid waste in the section of the canal of the Mejía –Sosote site, through physical and chemical tests on the water, resulting in a result that is not substantial for frequent use for domestic consumption and suitable for irrigating crops and the economic and social development of the residents of the area.

In recent years there has been a notable increase in the generation of solid waste, including a considerable proportion of organic waste. This increase can be attributed to various factors including population growth, changes in consumption patterns and lack of awareness on proper waste management (World Bank, 2019).

The Mejía-Sosote site has been identified as a specific area where environmental deterioration is observed caused by the accumulation of organic and inorganic solid waste in a section of the local canal. One of the relevant antecedents is the inevitable demographic growth, a phenomenon that generates an increase in the demand for food and, as a consequence, an increase in the generation of discarded organic waste.

Another important antecedent is the lack of adequate infrastructure and services for the management of organic solid waste in the study area, that is, an adequate classification system for waste generated in homes. The lack of selective collection, treatment and final disposal programs for this waste leads to its accumulation in the natural environment, especially in the section of the canal located at the Sosote site.

Keywords: TULSMA; environmental impact; water quality.

Resumo

A presente investigação centrou-se na análise e qualidade da água, destacando que a água é um dos recursos básicos mais substanciais para o bem-estar humano, onde o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos no troço do canal do Mejía – Local Sosote, através de testes físicos e químicos à água, resultando num resultado que não é substancial para uso frequente para consumo doméstico e adequado para irrigação de culturas e para o desenvolvimento económico e social dos residentes da área.

Nos últimos anos tem havido um aumento notável na geração de resíduos sólidos, incluindo uma proporção considerável de resíduos orgânicos. Este aumento pode ser atribuído a vários factores, incluindo o crescimento populacional, mudanças nos padrões de consumo e falta de consciência sobre a gestão adequada de resíduos (Banco Mundial, 2019).

O sítio Mejía-Sosote foi identificado como uma área específica onde se observa deterioração ambiental causada pela acumulação de resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos num troço do canal local. Um dos antecedentes relevantes é o inevitável crescimento demográfico, fenómeno que gera

aumento na demanda por alimentos e, como consequência, aumento na geração de resíduos orgânicos descartados.

Outro antecedente importante é a falta de infraestrutura e serviços adequados para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos na área de estudo, ou seja, um sistema de classificação adequado para os resíduos gerados nas residências. A falta de programas de coleta seletiva, tratamento e disposição final desses resíduos leva ao seu acúmulo no ambiente natural, principalmente no trecho do canal localizado no sítio Sosote.

Palavras-chave: TULSMA; impacto ambiental; qualidade da água.

Introducción

La contaminación ambiental es un problema que afecta a todos; el gran interés que despierta su impacto en la actualidad de acuerdo a datos de Organización Mundial de la Salud "Más del 25% de los niños menores de 5 años mueren a causa de agua contaminada por un ambiente insalubre (Ambiente, 2020).

El objetivo principal fue conocer la problemática que produce la materia orgánica e inorgánica en el agua, la antigua miasmática sobre la enfermedad enseñaba que todas las enfermedades se debían a emanaciones del agua y de la tierra y a la influencia de las estrellas, la luna, los vientos y las estaciones del año. Hace más de 2,500 años, durante la era precristiana, Hipócrates, el “padre de la medicina”, en su tratado sobre aires, aguas y lugares (Chadwick y Mann, 1950) ,entre los contaminantes que se pueden apreciar normalmente son los sólidos suspendidos estos residuos sobre el agua disminuyen la calidad de la misma, a la vez que alteran los ecosistemas acuáticos, degradan el paisaje y su descomposición puede generar la liberación de gases de efecto invernadero y malos olores, al saber y verificar que esta agua aparte de servir para riego de cultivos de dicha ubicación es también utilizada por una planta de tratamiento de agua potable, para el consumo doméstico de una gran parte de familias de la localidad, tomando en cuenta que es agua cruda que se traslada por el canal, donde estudiaremos la contaminación por residuos más comunes generados ya sea naturalmente por árboles, maleza, musgos y sedimentos sólidos en el fondo del canal ya que no consta con una limpieza continua.(La guía para el análisis de la calidad de agua en el medio ambiente 2022).

La disponibilidad limitada de este recurso y el impacto que la actividad humana poseen tiende a tener impactos negativos. Por una parte, puede afectar la salud, en forma de enfermedades; o puede

también tener efectos perjudiciales al medio ambiente: en lo estético de las ciudades, los paisajes naturales y en sus especies, y en la contaminación del agua, suelo y aire. Todo esto afecta nuestra calidad de vida y todos los aspectos relacionados con la calidad del agua. Su estructura química presenta propiedades especiales que determinan que el agua sea un excelente disolvente de sustancias polares (orgánicas e inorgánicas), por lo que es tremendamente difícil encontrarla en la naturaleza como sustancia pura. Los compuestos presentes en el agua se originan debido al arrastre y disolución de los minerales que componen los lechos por los que discurren las aguas superficiales o a las escorrentías y filtraciones que recibe a lo largo de su cuenca. Además, hoy en día se sabe que el agua es una de las principales vías de transmisión de bacterias, virus y protozoos a los animales y al hombre. Debido a todos los daños causados por impacto ambiental natural o por el hombre se ve la obligación de estudiar a más profundidad este fenómeno y sus consecuencias el proceso y sus efectos se ha basado en tres diferentes principios.

- Observaciones de resultado durante y después del análisis.
- Ensayos físicos y químicos
- Análisis calidad de agua.

Se desarrollaron las diferentes pruebas en laboratorio de agua para el estudio de las muestras a cada metro de profundidad, evaluando su contenido de análisis de agua, dando de resultados ensayos físicos, organoléptico: Color, olor, sabor y turbidez y químico DBO y DQO, informe del impacto ambiental del agua ocasionado por residuos y propuesta de alternativas de solución que permitan incrementar la eficiencia del sistema de manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

Zona de estudio

El tramo del canal Mejía - sosote pertenecientes a los cantones Portoviejo y Rocafuerte provincia de Manabí– Ecuador, en la siguiente imagen se observa su ubicación en Google Earth.

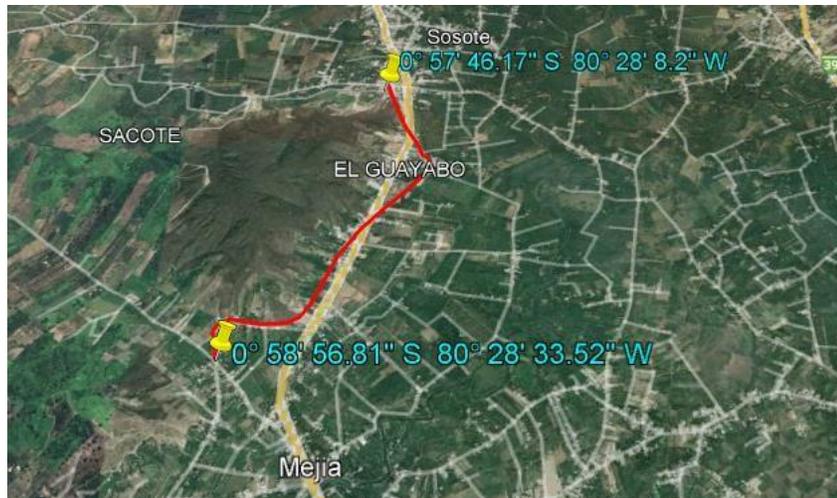


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio del sitio Meja - Sosote. Fuente: Google Earth.

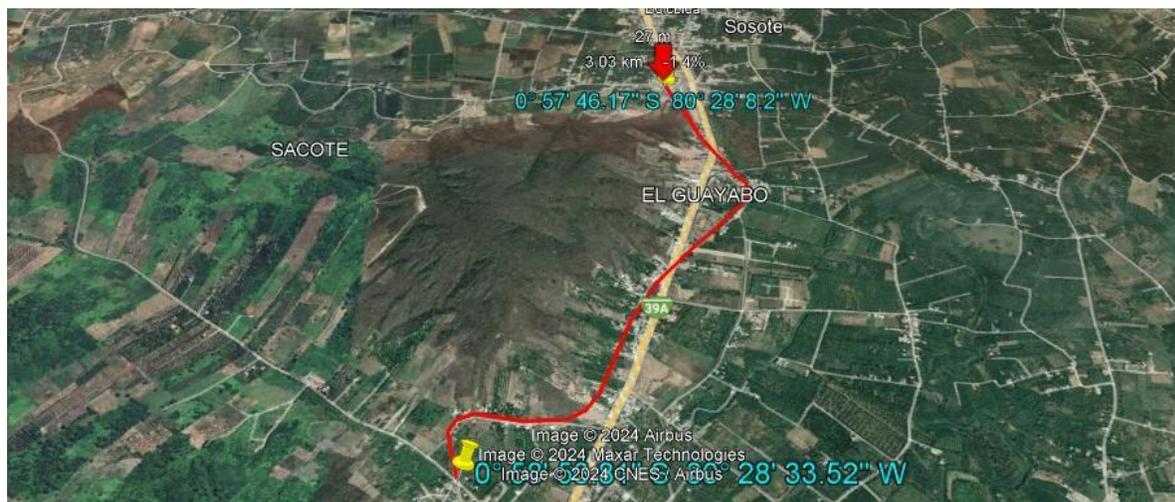


Figura 2: ubicación de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

Materiales y métodos

En el desarrollo de las actividades de la toma de muestra de agua y la realización de los ensayos de laboratorio, se necesitó del uso de los siguientes equipos y materiales (Colorímetro, equipo multiparámetro, medidor de PH, fotómetro, reactor para DQO, DBO y el test de jarra para la medición de los parámetros de análisis mostrados en la figura 3.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS EN EL TRAMO MEJIA-SOSOTE

Toma de muestras	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		Unidades	Equipo	tipo de analisis
	(muestra P1)	(muestra P2)	(muestra P1)	(muestra P2)	(muestra P1)	(muestra P2)			
PH	7.84	8.08	7.48	7.85	7.34	7.91	-	Multiparametros	Fisico
TDS (sólidos totales disueltos)	181	171	163	158	183	175	mg/l (miligramos por litro)	Multiparametros	Fisico
Salinidad	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	%	Multiparametro	Fisico
Color	75	67	71	31	68	25	P C U unidades platino cobalto	Fotometro	Fisico
Olor	Dilucion 1: de 3 a 25 grados centigrados	Sensorial	-	Fisico					
Sabor	Dilucion 1: de 3 a 25 grados centigrados	Sensorial	-	Fisico					
Oxígeno disuelto	11.5	11.1	10.3	11.4	10.5	11.3	mg/l (miligramos por litro)	Equipo de OD	Fisico
Turbidez	27	31	26	29	32	27	NTU	Test de jarra	Fisico
Demanda química de oxígeno DQU	69.71	53.32	61.32	71	66.35	58.34	mg/l (miligramos por litro)	Espectrofotómetro ultravioleta	quimico
Demanda bioquímica de oxígeno DBO	39	35	37	38	36	35	mg/l (miligramos por litro)	Espectrofotómetro ultravioleta	quimico

Figura 3: Análisis físicos y químicos realizados en el laboratorio de hidráulica de la UTM

Metodología de medición de los parámetros de análisis

Toma de muestra de agua

1. Se utilizó un GPS para obtener los puntos topográficos
2. Envase de plástico esterilizado para la recolección de muestras



Figura 4: Toma de muestras, realizadas en mejía-Sosote

Determinación de PH

Para los resultados de PH se utilizó el equipo multiparámetro(es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución), previamente se sumerge el Sensor multiparámetro o peachimetro en agua destilada verificando que el equipo este calibrado y liberando el Sensor de residuos de polvo entre otras impurezas y luego secar el Sensor con una toalla absorbente para proceder a tomar un volumen determinado de la muestra de agua nuevamente sumergiendo el Sensor en el volumen de agua para que nos arroje los resultados de PH.

Determinación de TDS (sólidos totales disueltos)

Es una métrica de calidad de agua general importante que se refiere a todas las sustancias que se pueden filtrar orgánicas e inorgánicas encontradas en el agua (CORPONARIÑO, 2017). Para este ensayo se utilizó el equipo multiparámetro, primeramente se verifica que el equipo este calibrado correctamente y con una solución 3 molar KCL (cloruro de potasio), se sumerge y posteriormente se enjuaga el Sensor multiparámetro con agua destilada para limpiar los residuos de solución anterior que pudieron haber quedado y secando el Sensor con una toallita absorbente, luego de esto se sumerge del Sensor multiparámetro en una volumen determinado de la muestra de agua para que nos arroje los resultados de sólidos totales disueltos en Mg/l (miligramos por litro).

Determinación de color

Se utilizó un fotómetro para determinar los resultados de color, este es un equipo que se basa en la capacidad que tiene las sustancias como propiedad física de absorber y emitir energía. De acuerdo a este principio se coloca en el fotómetro 5 ml (mililitros) de agua destilada para encerrar el equipo, para después tomar 5 ml de la muestra de agua para colocarla en la celda de vidrio para hacer la correcta lectura y de acuerdo a los sólidos suspendidos que contenga el agua el color de la muestra será mayor en unidad de PCU (platino cobalto)

Determinación de olor

Al momento de escoger la muestra en el laboratorio, mediante del análisis físico sensorial (olfato) se logró apreciar que esta agua producía una especie de olor fuerte de materia orgánica degradada.

Determinación de sabor

En el análisis de olor dio como resultado un agua de materia orgánica degradada. Por lo que se consideró no apta para determinar el Sabor.

Determinación de oxígeno disuelto

Se utilizó el medidor de oxígeno disuelto HL9142. Primero se coloca una solución de meta sulfito de sodio al 5% y calibrar en modo cero hasta que la lectura se estabilice para luego sumergir el censor en un volumen determinado de la muestra de agua para que posteriormente nos arroje una lectura de OD (oxígeno disuelto) en mg/l (miligramos por litro)

Determinación de turbidez

Se utilizó un turbidímetro que es un dispositivo portátil para medir la turbidez, revisando primeramente la calibración del equipo con un kit marca Hach que contiene 7 estándares cada una con una concentración de 0-400 NTU (niveles nefelometría de turbiedad), una vez verificada su calibración se toma 25 ml (mililitros) de la muestra de agua en un tubo de vidrio y se coloca dentro del equipo en el cual irradia un haz de luz por lo que será absorbida por los sólidos suspendidos del agua lo cual se transforma en lectura de turbiedad teniendo los resultados en NTU(niveles nefelometría de turbiedad).

Determinación de DQO (demanda química de oxígeno)

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida, se utiliza para medir el grado de contaminación. Se utilizó el equipo de espectrofotómetro ultravioleta para la determinación del DQO, se toma 1 mililitro de la muestra en un tubo de ensayo y un 1 ml de agua destilada en blanco en otro tubo a los cuales se les agrega 760 UL (micro litro) de reactivo digestor (color) y 1400 UL de reactivo catalizador para después ser tapados y llevados al equipo termo reactor para ser calentado a 150 °C durante un periodo de dos horas. Una vez frio los tubos de ensayos se llevan las muestras al espectrofotómetro ultravioleta para medir la concentración de la demanda química de oxígeno arrojando los resultados en mg/l (miligramos por litro).

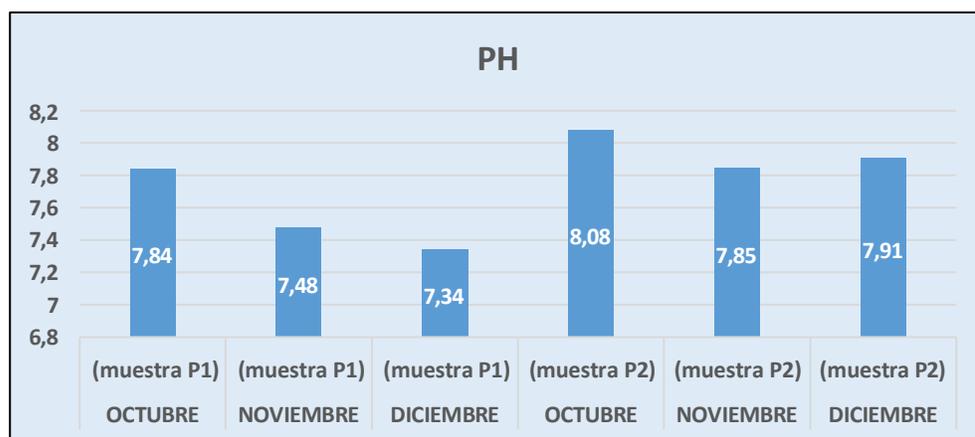
Determinación de DBO (demanda bioquímica de oxígeno)

Se utilizó el equipo de espectrofotómetro ultravioleta, el DBO es aproximadamente el 50% del DQO (demanda química de oxígeno), para degradar la materia orgánica presente en la muestra de agua para los cuales, se tomaron 21,3 ml de la muestra en un frasco ámbar (oscuro) al cual se le agregó una gota de nitrificante y en el capuchón del frasco 3 gotas de KOH (hidrogeno de potasio) el cual es el captador de CO₂, luego se coloca en el equipo espectrofotómetro ultravioleta la muestra en gestación constante por 5 días a una temperatura de 20 °C tiempo en el cual el equipo lee el DBO cada media hora en unidad de medida de mg/l (miligramos por litro) hasta su finalización

Análisis y Resultados

Potencial de hidrogeno (PH): Resultados obtenidos

De acuerdo a los resultados obtenidos del parámetro pH, que se muestran en la ilustración N°1, se puede apreciar que se halló una variación en el potencial hidrógeno (pH) de las muestras, se observa que el me mayor rango es de 8,08 ubicado en la muestra del P2, siendo que el TULSMA establece un rango entre 6,5-9 en cuerpos de agua dulce por lo que se considera acta para uso doméstico y potabilización (TULSMA, s.f.).

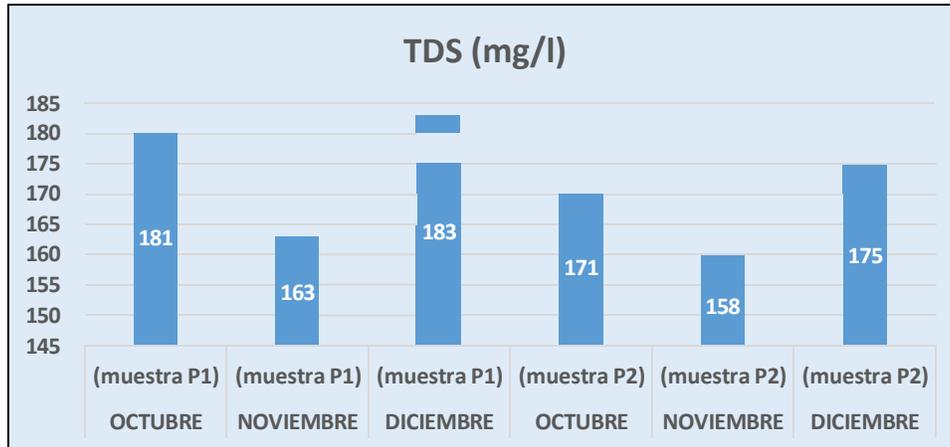


3.2 Sólidos totales disueltos (STD): Resultados obtenidos

De acuerdo a los resultados obtenidos del parámetro STD, que se muestran en la ilustración N°2, Los sólidos totales disueltos se encuentran por encima de los niveles óptimos para cuerpos de agua dulce. Elevados valores de STD pueden ser perjudiciales para la biota acuática debido a la salinidad o a cambios en la composición del agua. Pero un estudio hecho por la Organización Mundial de la

Salud OMS, menciona la recomendación de los niveles de sólidos disueltos totales TDS en el agua potable que el rango de 0-300 se considera excelente (Carbotecnia, s.f.).

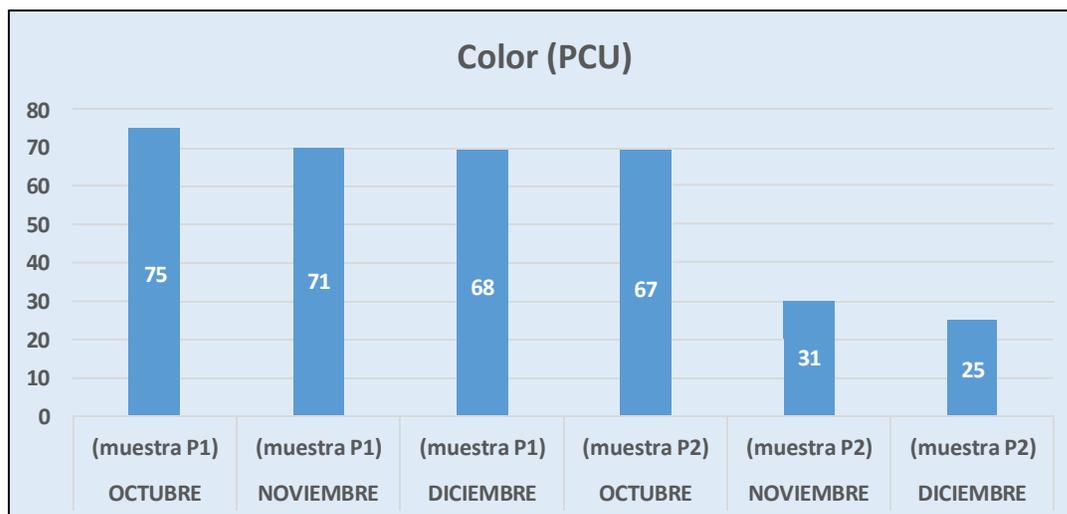
Ilustración 2: Concentraciones de sólidos totales disueltos en 2 puntos del tramo mejía-sosote



Color

De acuerdo a los resultados obtenidos del parámetro de color, que se muestran en la ilustración N°3, la norma de calidad ambiental y descarga de afluentes establece un rango de 75,0 óptimo para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional (User, 2013). Obteniendo como resultado de las muestras rangos dentro de lo permisible sabiendo que el mayor de estos se encuentra en el p1 de la muestra del mes de octubre siendo 75 PCU (unidades platino cobalto).

Ilustración 3: verificación de color de las muestras de agua en 2 puntos del tramo mejía-sosote



Olor

Dio como resultado un olor fuerte a materia orgánica degradada.

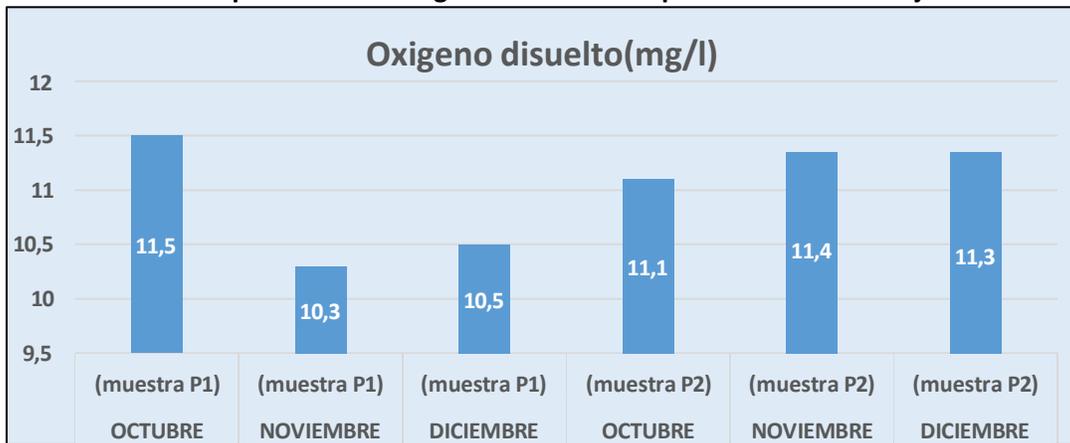
Sabor

Dio como resultado un agua no apta para el sentido sensorial

Oxígeno disuelto

Este es la concentración de oxígeno en el agua por debajo del límite de saturación, en condiciones de campo (elevación y temperatura). En cuanto a la cantidad de oxígeno disuelto, cuyo nivel normal es de 9 mg/l en contacto directo con la atmósfera (TULSMA, s.f.), todas las muestras de agua que se analizaron presentan valores que oscilan entre 10- 11 mg/L, aproximadamente, dato que confirma la ausencia de materia orgánica o bacterias en estas muestras.

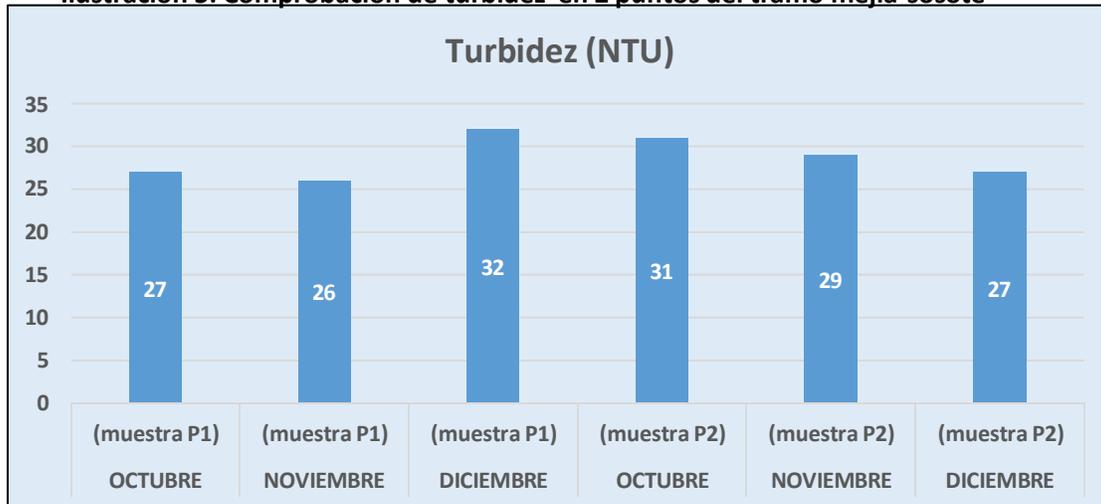
Ilustración 4: Comprobacion de oxigeno disuelto en 2 puntos del tramo mejia-sosote



Turbidez

Los niveles de turbidez se mantuvieron elevados durante los tres meses, esto podría originarse debido a la presencia de material particulado originado por erosiones o por la descarga de efluentes que contaminan el cauce, como se observa el rango más alto de turbiedad se presenta en el p1 del mes de diciembre.

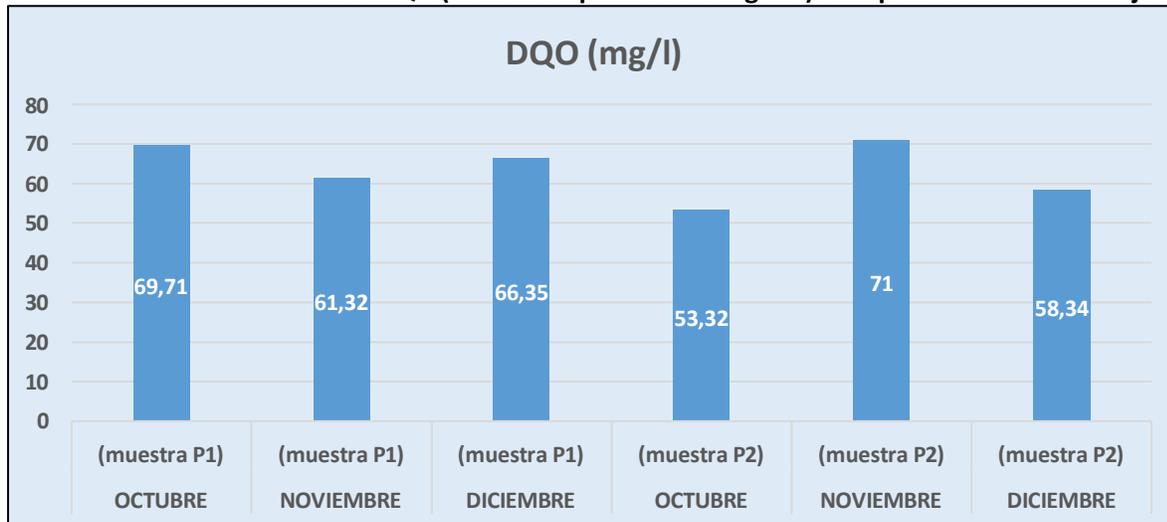
Ilustración 5: Comprobación de turbidez en 2 puntos del tramo mejía-sosote



DQO (Demanda Química de Oxígeno)

El análisis de DQO (mg/l) de las muestras sobrepasa los límites máximos permisibles acorde a los valores del TULSMA que establece un máximo de 40 mg/l (TULSMA, s.f.), considerándose un agua medianamente contaminada.

Ilustración 6: concentraciones de DQO (demanda química de oxígeno) en 2 puntos del tramo mejía-sosote

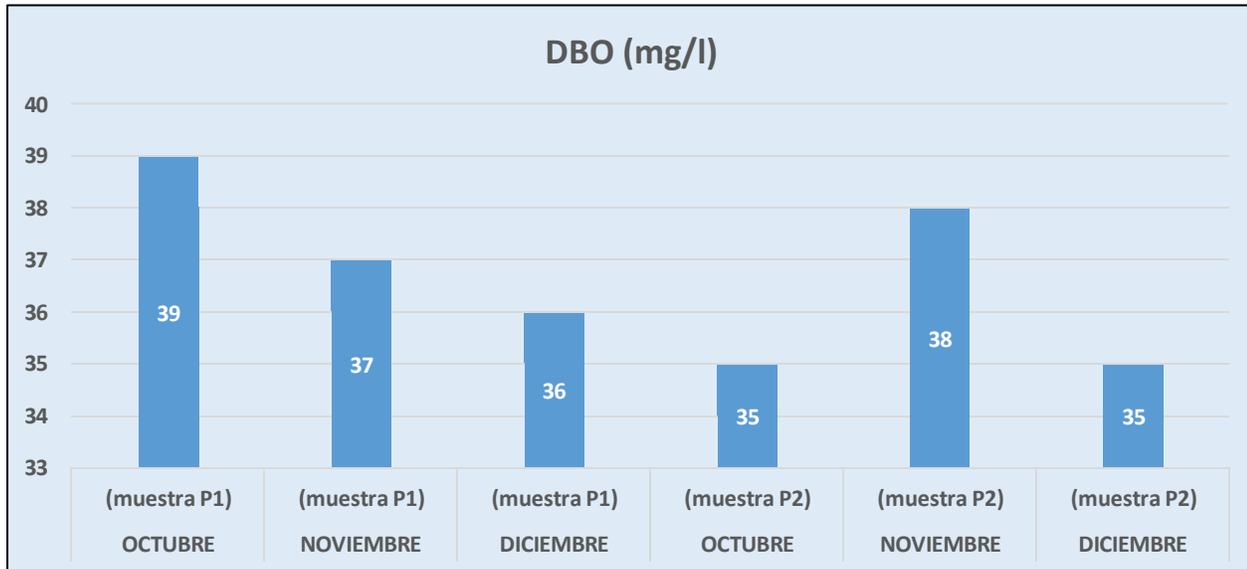


DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

Respecto a el análisis de DBO este también sobrepasa los máximos permisibles que son de 20 mg/L (TULSMA, s.f.). Los hallazgos obtenidos para los niveles de DBO evidencian que un incremento

de este parámetro, denotan a su vez una reducción de la cantidad de oxígeno, debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta.

Ilustración 7: concentraciones de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) en 2 puntos del tramo mejía-sosote



Planteamiento de alternativas de solución

Los resultados de este estudio proporcionaron información valiosa para desarrollar estrategias de gestión de residuos más efectivas y sostenibles, así como para promover la conciencia ambiental y fomentar cambios de comportamiento en la comunidad local, siendo no apta para el consumo humano. El análisis de DBO (mg/l) en las cuatro muestras sobrepasa los límites máximos permisibles acorde a los valores del TULSMA que establece un máximo de 40 mg/l, considerándose un agua medianamente contaminada, en relación con la generación y disposición de residuos sólidos orgánicos ya que si se encontraron en las rejillas del desemboque del canal, puesto que se buscó identificar las fuentes y evaluamos la forma y composición en que afectan la calidad del agua, tomando en cuenta que es una agua consumida para el uso doméstico ya que la necesidad de agua los obliga a usarla, a los moradores más cercanos, entre el mismo trecho hasta la planta de tratamiento de Mejía, se les dio charlas haciéndoles comprender que el agua es vital y al no ser usada con responsabilidad puede traer enfermedades mortales solo apta para cultivos. (González, A. J., & Martínez Díaz, N. M. (2017))

Conclusión

Se halló una variación en el potencial hidrógeno (pH) de las muestras, sabiendo que TULSMA establece un rango entre 6,5-9 en cuerpos de agua dulce. (Título preliminar de las políticas básicas ambientales 2006). Los sólidos totales disueltos (TDS) se encuentran por encima de los niveles óptimos para cuerpos de agua dulce. Elevados valores de TDS pueden ser perjudiciales para la biota acuática debido a la salinidad o a cambios en la composición del agua, de acuerdo a los valores que establece el TULSMA para cuerpos de agua dulce este parámetro tiene un máximo de 0,3. El análisis de DQO (mg/l) en las cuatro muestras sobrepasa los límites máximos permisibles acorde a los valores del TULSMA que establece un máximo de 40 mg/l, considerándose un agua medianamente contaminada. Respecto a el análisis de DBO este también sobrepasa los máximos permisibles que son de 20 mg/L. Los hallazgos obtenidos para los niveles de DBO evidencian que un incremento de este parámetro, denotan a su vez una reducción de la cantidad de oxígeno, debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta. (Texto unificado de legislación secundaria demedio ambiente 2003).

Referencias

- Aguamarket. (01 de 06 de 2005). Google. Obtenido de <https://www.aguamarket.com/tema-interes.asp?id=340&tema=%BFQue+es+el+pH%3F>
- ambiente, L. g. (2022). La guia para el analisis de la calidad de agua en el medio ambiente .
- Ambiente, P. d. (2020). Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Medio.
- Aquae. (s.f.). Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/>
- Carbotecnia. (s.f.). carbotecnia. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/#:~:text=Pero%20un%20estudio%20hecho%20por,600%20%E2%80%93%20900%20Nivel%20aceptable>
- TULSMA. (s.f.). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- User, A. E. (27 de 08 de 2013). Obtenido de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>

Avella González, A. J., & Martínez Díaz, N. M. (2017). Planteamiento de alternativas de potabilización y tratamiento de aguas residuales en la vereda Pipiral del municipio de Villavicencio – Meta. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/480

Organización Cuido el Agua. (12 de Enero de 2009). Cuido el Agua. Obtenido de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/plantatratamiento.html>

Instituto Nacional de Ecología. (2007). Proyecto Tipo Mediante el Proceso de Tratamiento Físico-Químico de Aguas Residuales Municipales para Diferentes Capacidades. México: Instituto Nacional de Ecología.

© 2024 por los autores. 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/>).