



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
CENTROAMERICANA FACULTAD DE INGENIERIA
SEGUNDO AVANCE PROYECTO DE INVESTIGACION FASE 1**

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO CHIQUITO EN
TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN.**

PRESENTADO POR:

11811181 LILY MICHELLE ROMERO ZELAYA

11841083 EDWIN MAURICIO DEL CID AGUILAR

ASESORA:

INGENIERA PAOLA MICHELLE PASCUA

CAMPUS TEGUCIGALPA; SEPTIEMBRE,2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, es fundamental expresar nuestro agradecimiento a Dios por que nos ha permitido recorrer este largo viaje, a todas las personas que nos han acompañado, familia, amigos y por supuesto a nuestros padres y docentes que con mucha paciencia nos han enseñado y nos han orientado, con su apoyo hemos logrado concretar este proyecto de investigación. Especial mención para nuestros asesores ya que con su paciencia y sabiduría nos han guiado de manera satisfactoria para la ejecución y desarrollo de este desafío académico.

GLOSARIO

Índice de Calidad del Agua: Evalúa que tan adecuado es un cuerpo de agua para sus usos principales. *(ICA.pdf, s. f.)*

Minitab: Para resolver los desafíos empresariales más complicados, todos pueden utilizar un potente software de estadística. La mejor plataforma estadística a la que puede acceder en la nube en cualquier momento y lugar. *(Minitab, LLC., 2024)*

Contaminación del Agua: Ocurre cuando un acuífero, un arroyo, un río, un lago, un océano u otra masa de agua se encuentra perjudicada o alterada por la presencia de diversas sustancias que son nocivas para la salud, las cuales, en muchos casos, son de origen químico o están relacionadas con la existencia de microorganismos peligrosos. Esto hace que el agua sea tóxica para el medio ambiente o para los seres humanos. *(Denchak, 2023)*

Compact Dry: Son placas miniaturizadas para el cultivo microbiológico constituyen una gama de productos bajo un denominador común: disponer de un procedimiento sencillo y seguro para determinar y cuantificar microorganismos en productos alimenticios, cosméticos, farmacéuticos y aguas. Pueden utilizarse con diversas matrices como materias primas, productos de proceso y producto final en todo tipo de análisis e industrias. *(MicroPlanet, 2019)*

Río: Un curso de agua que se desplaza desde el lugar donde nace hasta el punto en el que se une a otro cuerpo de agua, un lago o el mar se conoce como río. *(Valdivielso, 2020)*

Pruebas Microbiológicas: son técnicas para detectar microorganismos como mohos, bacterias, virus o levaduras. *(Pruebas microbiológicas, s. f.)*

Pruebas Fisicoquímicas: es relevante para el desarrollo y la comprensión del concepto de materia; es la agrupación de técnicas y estrategias que determinan la

composición y las características físicas y químicas de los alimentos.(*análisis-fisicoquimicas.pdf*, s. f.)

Mutag: el biochip de Mutag, conocido como Mutag, es un componente que deja inmóvil a microorganismos al momento de tratar biológicamente aguas residuales.(Ecoazur, s. f.)

SIGLAS

ICA: Índice de Calidad del Agua

DOE: Diseño de Experimentos

pH: Potencial de Hidrógeno

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

ANOVA: Análisis de Varianza

NSF: National Sanitation Foundation

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México

RESUMEN EJECUTIVO (ESPAÑOL)

El objetivo principal de este estudio es evaluar la calidad del agua en el Río Chiquito. La finalidad de este estudio es evaluar la calidad del agua en el Río Chiquito de Tegucigalpa, Honduras, para establecer los niveles de contaminación que puedan exponer a un riesgo significativo tanto la salud pública como el bienestar del medio ambiente. La investigación involucró una extensión de alrededor de 9.93 kilómetros del río, con estaciones de muestreo situadas en lugares clave como El Chimbo, Colonia El Sitio, Colonia Bolívar y Mercado La Isla. Se utilizó una metodología que incluyó la recolección sistemática de muestras de agua en recipientes estériles, la observación directa de la contaminación visible y el análisis en un laboratorio especializado de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Los resultados mostraron modificaciones significativas en la calidad del agua, con algunos puntos de contaminación críticos que requieren acción inmediata. Se encontraron parámetros que están fuera de los límites permitidos al comparar con las normas locales e internacionales. Esto demuestra la relevancia de incorporar métodos de manejo sostenible y control de contaminación. Se proponen mejoras en la infraestructura de saneamiento y un seguimiento constante para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente del Río Chiquito.

Se descubrieron fuentes de contaminación como descargas residuales no tratadas, desechos industriales y vertidos ilegales en las cercanías del río, además de los hallazgos. El deterioro gradual de la calidad del agua ha sido causado por la actividad humana, que ha afectado a la biodiversidad acuática y a las comunidades que dependen del agua para sus necesidades domésticas y recreativas. Es fundamental que la población local reciba educación ambiental y que se promuevan políticas más rigurosas para la regulación de desechos. Se recomienda también la implementación de programas de restauración ecológica para reducir los daños y restaurar la salud del ecosistema fluvial.

Palabras Clave: Calidad del agua, Saneamiento Ambiental, Restauración ecológica, Vertidos, Gestión sostenible del agua, Descargas Residuales, Impacto Ambiental.

RESUMEN EJECUTIVO (INGLES)

The main objective of this study is to evaluate the quality of the water in the Chiquito River of Tegucigalpa, Honduras, to determine the levels of contamination that may endanger public health and the environment. The investigation involved an extension of around 9.93 kilometers of the river, with sampling stations located in key locations such as El Chimbo, Colonia El Sitio, Colonia Bolívar and Mercado La Isla. To achieve this objective, a methodology that included systematic collection of water samples in sterile containers, direct observation of visible contamination and analysis in a specialized laboratory of physical, chemical and microbiological parameters.

The results showed significant changes in water quality, with some critical contamination points requiring immediate action. Parameters were found to be outside the permitted limits when comparing with local and international standards. This demonstrates the importance of implementing sustainable management and pollution control strategies. Improvements in sanitation infrastructure and constant monitoring are proposed to safeguard the public health and environment of the Chiquito River.

Sources of pollution such as untreated residual discharges, industrial waste and illegal dumping were discovered in the vicinity of the river, in addition to the findings. The gradual deterioration of water quality has been caused by human activity, which has affected aquatic biodiversity and communities that depend on water for their domestic and recreational needs. It is essential that the local population receives environmental education and that more rigorous policies for waste regulation are promoted. The implementation of ecological restoration programs is also recommended to reduce damage and restore the health of the river ecosystem.

Keywords: Water quality, Environmental Sanitation, Ecological restoration, Discharges, Sustainable water management, Residual Discharges, Environmental Impact.

I. ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
	2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA	3
	2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
	2.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
	2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
	2.5 OBJETIVOS.....	6
	2.5.1 Objetivo General	6
III.	ESTADO DEL ARTE	8
	3.1 CONTAMINACIÓN DE RÍOS EN TEGUCIGALPA.....	8
	3.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	9
	3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	10
	3.3.1 ANOVA	11
	3.4 ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA	12
	3.4.1 Herramienta para el cálculo del ICA.....	12
	3.4.2 Parámetro del ICA: Oxígeno Disuelto	13
	3.4.3 Parámetro del ICA: Coliformes Fecales.....	15
	3.4.4 Parámetro del ICA: pH.....	15
	3.4.5 Parámetro del ICA: Demanda bioquímica de oxígeno	16
	3.4.6 Parámetro del ICA: Temperatura.....	17
	3.4.7 Parámetro del ICA: Nitratos.....	18
	3.4.8 Parámetro del ICA: Fosfatos	19
	3.4.9 Parámetro del ICA: Turbidez	20

3.4.10	Parámetro del ICA: Sólidos totales	21
3.5	LA PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA NACIONAL DE USOS DE AGUA	22
3.6	NORMA PRIMARIA DE CALIDAD AMBIENTAL DE PANAMÁ	23
3.7	TRIANGULACIÓN DE EXPERTOS	24
3.7.1	Pilotaje.....	25
IV.	METODOLOGÍA.....	26
4.1	ENFOQUE.....	26
4.1.1	Alcance.....	26
4.2.1	Variable Independiente	26
4.2.2	Variable Dependiente	27
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	27
4.3.1	Instrumentos.....	27
4.3.2	Técnicas.....	27
4.4	MATERIALES.....	28
4.5	POBLACIÓN Y MUESTRA	29
4.5.1	Población.....	29
4.5.2	Muestreo	30
4.5.3	Muestra	31
4.5.3.1	<i>Muestras en relación con las estaciones</i>	31
4.5.3.2	<i>Muestra con relación a tomas</i>	32
4.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	32
4.6	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	33
4.7	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	35
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	36

5.1 Ejecución De Pilotaje Para Pruebas Fisicoquímicas Y Microbiológicas	36
5.1.1 Pilotaje Para Levantamiento de Muestras en el Rio Chiquito	36
5.1.2 Pilotaje para análisis de Muestras en el Laboratorio de UNITEC.....	37
5.1.3 Pruebas y resultados de PH.....	39
5.1.4 Pruebas y Resultados de Temperatura	40
5.1.5 Pruebas y Resultados de Turbidez	41
5.1.6 Pruebas y Resultados de Oxígeno Disuelto.....	42
5.1.7 Pruebas y Resultados de Sólidos Totales.....	43
5.1.8 Pruebas y Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno	44
5.1.9 Pruebas y Resultados de Fósforo Total	45
5.1.10 Pruebas y Resultados de Nitratos.....	46
5.1.11 Pruebas y Resultados de Coliformes Fecales.....	47
5.2 Cálculo de ICA.....	48
5.3 ANOVA Entre Estaciones Por Parámetro	49
5.3.1 ANOVA para PH	49
5.3.2 ANOVA para Temperatura.....	52
5.3.3 ANOVA para Turbidez	54
5.3.4 ANOVA para Oxígeno Disuelto	55
5.3.5 ANOVA para Sólidos Totales	57
5.3.6 ANOVA para Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	59
5.3.7 ANOVA para Fósforo Total.....	62
5.3.8 ANOVA para Nitratos.....	64
5.3.9 ANOVA para Coliformes Fecales.....	64
5.3.10 Comparación de los Parámetros con las Normas.....	66

5.4 Pilotaje y Triangulación Por Expertos.....	67
VI. CONCLUSIONES	69
6.1 Conclusiones Especificas	69
6.2 Conclusión General	70
VII. RECOMENDACIONES.....	71
7.1 Recomendaciones De Investigación	71
7.2 Recomendaciones Para El Rubro.....	72
VIII. APLICABILIDAD/IMPLEMENTACIÓN	74
IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL/ TRABAJO FUTURO	74
BIBLIOGRAFÍAS.....	75
ANEXOS	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Mapa de las 4 estaciones de toma de muestras del Río Chiquito.....	30
Ilustración 2- Pilotaje para levantamiento de Muestras	36
Ilustración 3- Pilotaje de levantamiento de muestras	37
Ilustración 4 - Pilotaje de Muestreo en Laboratorio	38
Ilustración 5- ANOVA de PH por Estación	50
Ilustración 6- Intervalos de PH.....	51
Ilustración 7- ANOVA de Temperatura por Estación.....	52
Ilustración 8- Intervalos de Temperatura.....	53
Ilustración 9- ANOVA de Turbidez por Estación.....	54
Ilustración 10- Intervalos de Turbidez.....	55
Ilustración 11- ANOVA de Oxígeno disuelto por Estación.....	56
Ilustración 12- Intervalos de Oxígeno Disuelto.....	57
Ilustración 13- ANOVA de Solidos Totales por Estación	58
Ilustración 14- Intervalos de Solidos Totales.....	59
Ilustración 15- ANOVA de Demanda Bioquímica de Oxigeno por Estación.....	60
Ilustración 16- Intervalos de Demanda Bioquímica de Oxigeno	61
Ilustración 17- ANOVA para Fosforo Total por Estación	62
Ilustración 18-Intervalos de Fosforo Total.....	63
Ilustración 19- ANOVA para Coliformes Fecales.....	65
Ilustración 20- Intervalos para Coliformes Fecales	66
Ilustración 21-Triangulación con Expertos.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Porcentaje de OD relacionado con la calidad del agua.....	14
Tabla 2- Cantidad de Muestras Según las Estaciones.....	32
Tabla 3: Cronograma de Actividades	35
Tabla 4- Datos para Pruebas de PH por Estación	39

Tabla 5-Datos para pruebas de Temperatura por Estación.....	40
Tabla 6- Datos para pruebas de Turbidez por Estación	41
Tabla 7-Datos para pruebas de Oxígeno Disuelto por Estación	42
Tabla 8-Datos para Pruebas de Sólidos Totales por Estación	43
Tabla 9- Datos para Pruebas de Demanda Bioquímica de Oxígeno por Estación.....	44
Tabla 10-Datos para pruebas de Fosforo Total por estación	45
Tabla 11-Datos y Resultados para Nitratos por Estación.....	46
Tabla 12-Datos para Coliformes Fecales por Estación.....	47
Tabla 13-Tabla de Resultados de ICA.....	48
Tabla 14-Resumen de Resultados de ICA según los criterios establecidos	48
Tabla 15- Tabla Comparativa con las Normas.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1- Utilización de PH metro durante muestreo	82
Anexos 2- Levantamiento de muestras en frascos estériles.....	82
Anexos 3- Conservación y Etiquetado de muestras.....	83
Anexos 4- Transporte de muestras desde el punto de muestreo a su conservación..	84
Anexos 5- Uso de Equipos y Químicos en Laboratorio UNITEC	85
Anexos 6- Turbidímetro Utilizado.....	86
Anexos 7- Cotización para pruebas realizadas en CESCCO.....	87
Anexos 8- Punto de muestreo Mercado la Isla, al fondo Río Choluteca	88
Anexos 9- Pruebas de Coliformes Fecales mediante uso de Compact Dry	89
Anexos 10- Información por parte de CESCCO sobre DBO, Nitratos y Fosforo Total..	90

I. INTRODUCCIÓN

La polución del agua representa un desafío ambiental de suma importancia que tiene un impacto negativo en la salud de la población en general, la biodiversidad y el desarrollo sostenible de las comunidades. En la capital de Honduras, Tegucigalpa, el Río Chiquito es una fuente fundamental de agua para diversas actividades humanas, pero ha enfrentado creciente presión debido a la urbanización y la actividad industrial. La contaminación del agua no solo afecta los ecosistemas acuáticos, sino que también representa riesgos significativos para las comunidades que tienen como fuente crucial el río para obtener agua potable y que también dependen de este recurso hídrico para llevar a cabo sus actividades agrícolas y la economía en general.

Durante la fase inicial de este proyecto de investigación, el enfoque estará en el análisis de la calidad del agua del río Chiquito con el objetivo de identificar y cuantificar los principales contaminantes presentes. Al recolectar y analizar muestras de agua de diferentes puntos del río, podremos obtener una visión general de los niveles de contaminación y las posibles fuentes de esta contaminación. Los hallazgos de esta fase darán una base científica sólida para la implementación de intervenciones y políticas de mitigación que permitan perfeccionar la calidad del agua en la región.

Los análisis de las muestras de agua se realizarán con métodos estandarizados que permitirán la detección de contaminantes químicos, biológicos y físicos. Se incluirán parámetros como: metales pesados, nutrientes, materia orgánica, microorganismos patógenos y otras características del agua de interés. Además, se considerarán variables ambientales y socioeconómicas para interpretar los niveles de contaminación al río Chiquito.

La relevancia de esta investigación se basa en su capacidad inherente para hacer una aportación significativa a la administración eficiente y responsable de los recursos hídricos disponibles en Tegucigalpa. Los datos obtenidos no solo permitirán la identificación de áreas críticas de contaminación, sino que también servirán como una

herramienta valiosa para las autoridades locales y organizaciones no gubernamentales en la toma de decisiones informadas y la incorporación de acciones correctivas. En última instancia, este proyecto busca fomentar la salud ambiental y perfeccionar la calidad de vida de las comunidades que dependen del Río Chiquito.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La contaminación del río Guayllabamba en Ecuador se debe al mal manejo de residuos urbanos, industriales y agropecuarios, lo que ha provocado un grave deterioro en la calidad del agua. La falta de un sistema adecuado de tratamiento de aguas residuales ha permitido la liberación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, afectando los ecosistemas acuáticos y la salud pública. Los vertidos industriales, domésticos y la escorrentía de pesticidas y fertilizantes agrícolas contribuyen al aumento de la contaminación, agravando los problemas ambientales y de salud relacionados con el agua. (Germania, 2020)

La existencia de metales pesados en diferentes fuentes como el agua, los alimentos y el aire se ha convertido en una de las inquietudes más significativas a nivel global y, de manera especial, en el contexto de Perú. Estos elementos químicos, debido a su alta toxicidad, afectan la salud humana y causan daños irreversibles a la flora y fauna, así como al medio ambiente en general, lo que genera importantes impactos socioeconómicos. En las regiones de gran altitud de los Andes peruanos, se ha llevado a cabo una cantidad limitada de investigaciones que exploren tanto la presencia como los posibles efectos que estos metales pueden tener en el medio ambiente y la salud de las comunidades locales. Al mismo tiempo, es urgente monitorear regularmente las cuencas y microcuencas, ya que son áreas clave para la producción y provisión de productos agrícolas esenciales. (Correa Cuba et al., 2021)

La microcuenca del Río La Soledad, en Valle de Ángeles, Honduras, enfrenta problemas significativos relacionados con la degradación de los recursos naturales. A nivel global, los recursos naturales han sufrido una degradación acelerada, siendo los suelos cultivados los más afectados. La disminución de áreas boscosas reduce la capacidad de reciclaje de elementos químicos, aumentando la contaminación de cuerpos de agua. El uso excesivo de agroquímicos y las descargas de aguas residuales no tratadas son causas principales de esta contaminación. En épocas secas, la contaminación

alcanza niveles críticos, afectando la vida acuática y reduciendo el suministro de agua dulce. Estos problemas tienen impactos ambientales, sociales y económicos, que los habitantes de la microcuenca han identificado como prioritarios. (*Cardona, 2003.pdf*, s. f.)

La subcuenca del río Copán en Honduras es fundamental para la sostenibilidad ecológica, el desarrollo turístico, la economía local y la producción agrícola, tanto actual como futura. Provee agua para consumo humano y riego. Sin embargo, la población local se ve afectada por la degradación de los bosques, el suelo y el agua, resultado de prácticas agrícolas insostenibles. La calidad del agua, así como su disponibilidad en cantidad suficiente, se encuentra seriamente afectada y debilitada debido a la deforestación, los devastadores incendios forestales y los diversos tipos de contaminación presentes en nuestro entorno generada por actividades humanas..

El Río Choluteca es crucial para los esfuerzos de progreso del país. La cuarta cuenca más grande del país, con 7.976 km², es la que vierte sus aguas al océano Pacífico. Más de 1.5 millones de hondureños residen en la cuenca, en particular en las urbanas áreas de las ciudades de Tegucigalpa, que es la capital de Honduras, y Choluteca, conocida por su calidez y su proximidad a la frontera con Nicaragua. La densidad de la población en esa área específica también está relacionada con la presencia de un elevado número de fábricas y empresas dedicadas a la producción. De hecho, la ciudad de Tegucigalpa, en particular, alberga más de 500 instalaciones industriales por sí sola. La contaminación del Río Choluteca, con una carga contaminante (DBO) de 74 ton/día, ha sido causada por la urbanización y el desarrollo industrial. (Max Velásquez Matute, 2014)

La liberación de aguas residuales tanto del entorno doméstico como del sector industrial, cuando se lleva a cabo sin los tratamientos adecuados y necesarios, se plantea como una de las causas más significativas de la contaminación de nuestros ríos de Tegucigalpa, incluyendo el Río Chiquito. El desarrollo industrial y la urbanización acelerada han superado la capacidad de la infraestructura existente para

tratar estas aguas, lo que ha provocado la liberación de contaminantes biológicos y químicos al medio acuático.(Ortiz, s. f.)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ubicado en Tegucigalpa, Francisco Morazán, el Río Chiquito se ve amenazado por un nivel alarmante de contaminación causado por la descarga de residuos no tratados, industrial y doméstico. Como resultado, podría existir una disminución considerable en la calidad del agua, lo que ha creado un riesgo considerable para la salud humana. Se carece de datos actualizados sobre los niveles de contaminación y las fuentes específicas de contaminación que dificultan la implementación de estrategias efectivas para afrontar el problema.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación del agua es una preocupación crítica en todo el mundo, con implicaciones directas para la salud humana y el desarrollo económico. En la capital de Honduras, Tegucigalpa, el Río Chiquito suministra vital agua potable a miles de personas y sirve como fuente de sustento para varias actividades económicas. Sin embargo, el río está en despedida, ya que se enfrenta a inminentes amenazas debido a la creciente urbanización, la actividad industrial, y la gestión inadecuada de los desechos manufactureros. A la luz de lo anterior, se establece el proyecto de investigación del informe enfocado en la calidad del agua del Río Chiquito, por varias razones fundamentales.

La calidad del agua que consumen las comunidades locales ejerce un impacto directo y significativo en la salud y el bienestar general de sus habitantes, que utilizan el río para beber, el aseo personal y la agricultura, entre otros usos diarios del agua. Diversos contaminantes químicos, biológicos y físicos del agua pueden provocar desde enfermedades graves, como infecciones gastrointestinales, hasta condiciones a largo plazo como el cáncer. Dado que la salud pública está en riesgo, la valoración de la calidad del agua es crucial para identificar diversas amenazas y encontrar soluciones para combatirlas.

Los ecosistemas acuáticos del Río Chiquito albergan una rica diversidad de especies que dependen de la calidad del agua para su supervivencia. La contaminación puede llevar a la degradación de hábitats, disminución de poblaciones y pérdida de biodiversidad. Un análisis detallado de la contaminación es crucial para diseñar e incrementar medidas de conservación que protejan estos ecosistemas y mantengan su funcionalidad ecológica.

Esta investigación tiene un valor educativo y de concienciación, ya que los resultados pueden utilizarse para sensibilizar a la población sobre la relevancia de la conservación del agua y las prácticas sostenibles. Fomentar la participación de la comunidad en la protección del Río Chiquito promoverá una cultura de responsabilidad ambiental.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué contaminantes se podrían identificar en el Río Chiquito mediante pruebas microbiológicas y fisicoquímicas?
2. ¿Cuál será el Índice de la Calidad del agua en las estaciones ubicadas en la Aldea El Chimbo, Colonia El Sitio, Colonia Bolívar en Tegucigalpa y Puente Mallol en Comayagüela?
3. ¿Cuál es la diferencia entre los parámetros de calidad del agua nacionales y la normativa internacional de Panamá?
4. ¿Las técnicas de recolección de muestras y su envío al laboratorio se emplearon de manera efectiva?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 Objetivo General

Determinar el índice de calidad del agua en el Río Chiquito de Tegucigalpa, mediante el análisis de muestras de agua recogidas en diferentes puntos del río por medio de Diseño de experimentos.

2.5.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los elementos contaminantes del agua mediante la toma de muestras en diversos puntos, con pruebas fisicoquímicas y microbiológicas; como temperatura, pH, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fósforo total y demanda biológica de oxígeno (DBO).
2. Calcular el índice de calidad del agua (ICA) en diferentes estaciones ubicadas en la Aldea El Chimbo, Colonia El Sitio, Colonia Bolívar en Tegucigalpa y Puente Mallol en Comayagüela, mediante Microsoft Excel.
3. Comparar los resultados obtenidos contra la Propuesta de Norma Técnica Nacional para Usos de Agua de Honduras y la Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para las Aguas Continentales de uso Recreativo con o sin Contacto Directo de Panamá por medio de análisis de varianza (ANOVA).
4. Validar los procedimientos realizados a través de pilotaje y triangulación con expertos.

III. ESTADO DEL ARTE

3.1 CONTAMINACIÓN DE RÍOS EN TEGUCIGALPA

Los ríos de Tegucigalpa son contaminados a diarios por muchos motivos, como personas que arrojan basura en la calle, empresas que descargan aguas residuales no tratadas en el río y la falta de infraestructura apropiada para que los colectores de los ciudadanos lleven sus aguas a plantas de tratamiento, de las cuales también hay pocas. Lo anteriormente mencionado afecta no solo a las personas, sino también al medio ambiente, a las industrias, por ende, a la situación socioeconómica de Tegucigalpa. La importancia de realizar estudios de agua va en aumento, porque estos ayudan a determinar la contaminación y planes para reducir sus efectos. (B. P. de Montoya, 2008)

En 2008 se analizó la contaminación del Río Choluteca y los efectos que este genera a medida pasa por Tegucigalpa. Se analizó el Río Choluteca en el período seco y el lluvioso, analizando 3 estaciones, donde en ambos casos la mayoría de los valores de las 3 estaciones sobrepasan los establecidos por las normas contra las que se contrastan dichos valores. Gracias a este estudio se identificó que la producción de alimentos, dada a su alta carga de materiales orgánicos, es la industria que más contamina el Río Choluteca. Al finalizar se concluyó que, pese a lo esperado, las enfermedades relacionadas con la contaminación directa son pocas. (Montoya, 2008)

La contaminación en los ríos de Tegucigalpa es notoria, y el Río Chiquito no es la excepción. El estudio de la contaminación presente en las aguas del Río Chiquito es importante, ya que este río es una cuenca importante del Río Choluteca, donde estudios como el mencionado anteriormente denotan que los desperdicios de las industrias llegan al Río Choluteca, y siendo uno de los principales afluentes, es posible que dichos desperdicios lleguen ahí mediante el Río Chiquito. El conocer la contaminación de los ríos de la capital también brinda una perspectiva para la cual se le aplica la legislación pertinente sobre el resto de los ríos, por ende, cómo se aplicaría sobre el Río Chiquito.

3.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

De manera general, es cuando en el medio ambiente hay elementos cuya presencia supera los límites que tanto las personas como el medio ambiente soportan, estos elementos se combinan e interactúan entre sí, ocasionando problemas como la inestabilidad del medio ambiente. La contaminación afecta mucho el bienestar de las personas, porque está presente en cada aspecto del medio ambiente con el que las personas interactúan a diario, tanto en el aire como en el agua y en el suelo. Las consecuencias que la contaminación pueden ir desde una simple gripe hasta el ocasionar cáncer y otras enfermedades peligrosas. (Araujo Pulido, 2010)

En Ecuador se estudió el Golfo de Guayaquil, para poder analizar la contaminación que tienen sus aguas. Gracias a esta investigación, los investigadores descubrieron que está sumamente contaminado debido a que hay más de 500 industrias alrededor del golfo. No solo las industrias contaminan, sino también las zonas domésticas alrededor del río, donde hasta se llegaron a encontrar zonas anóxicas, faltas de oxígeno, debido a los residuos domésticos e industriales. Con este estudio se hace un llamado de auxilio a la Municipalidad de Guayaquil para hacer algo al respecto, exigiendo a las industrias y creando leyes para salvar el golfo. (Ordóñez Ramirez, 2007)

Para la presente, el conocer los contaminantes del agua que está presente en el Río Chiquito es muy importante, ya que los mismos está ligada a la calidad del agua que el río pueda tener, entre más contaminado esté el río menor será la calidad que tenga. También es importante tener en cuenta la polución del río porque puede generar efectos dañinos sobre la salud de la población general, por lo que determinar la contaminación que el Río Chiquito sufre puede servir para verificar y confirmar que se necesita ayuda e interés por las autoridades municipales combatiendo dicha contaminación.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental, también conocido como 'diseño estadístico de experimentos' y abreviado DDE, es un enfoque que permite realizar pruebas experimentales de manera eficaz, ya que al implementarlo se hacen maniobras para que el proceso brinde datos que se necesitan para una mejora, en vez de esperar de pasivamente a que sucedan. El DDE permite saber qué pruebas se tienen que hacer para que estas les den la información necesaria y así responder a las hipótesis planteadas. Esta herramienta estadística ayuda a resolver problemas o implementar mejoras como escoger nuevos materiales de manera formal y bajo criterio científico.(Pulido & Salazar, 2008)

El diseño experimental es aplicado en muchos escenarios en todas las industrias, desde la alimenticia hasta la de construcción. En Cuba se ha aplicado en la industria farmacéutica obtener información de diversos temas, como ser la aplicación de diseños con mezclas sin restricciones para conocer la liberación moderada de hidrocloreuro de nicardipino, usado en medicamentos para la hipertensión arterial. Mediante el DDE querían saber si había diferencias estadísticas entre la liberación de 20mg del medicamento en tres, seis y doce horas, para determinar si se recomienda una sobre la otra. No se encontraron diferencias significativas.(Fernández et al., 2008)

Aplicar el diseño de experimentos, una herramienta importante de la ingeniería industrial será muy importante para poder desarrollar el estudio de la contaminación del agua del Río Chiquito. Gracias al DDE los investigadores podrán comparar información clave para así determinar las condiciones en las que se encuentra el Río Chiquito. El uso de DDE también ayuda al estudio de manera general, ya que las conclusiones respecto al Río Chiquito serán de carácter científico, por lo que se podrá definir, certeramente, si hay modificaciones estadísticamente significativas entre las muestras por estación del Río Chiquito, así como si hay modificaciones significativas entre las estaciones escogidas para muestrear en el Río Chiquito.

3.3.1 ANOVA

El ANOVA, análisis de varianza, es una técnica estadística que obtiene sus valores mediante un DCA, el DCA es el diseño más sencillo de todos. Se implementa el análisis de varianza para probar si hay igualdad entre tratamientos en base a la media de la variable de respuesta, generando dos hipótesis, la H_0 y la H_a . En el ANOVA, la H_0 declara que todas las medias son estadísticamente similares, mientras que la H_a declara que hay al menos una que es estadísticamente diferente. El ANOVA usa en las industrias de muchas maneras, por ejemplo, en control de calidad. (Pulido & Salazar, 2008)

En Malasia se aplicó ANOVA, entre otras técnicas estadísticas para evaluar los índices de depresión y obesidad. Uno de los objetivos del estudio era el de encontrar el impacto de aplicaciones físicas y de nutrición relacionados con obesidad y depresión mediante ANOVA, al aplicarlo, lograron descubrir que, en efecto, existen diferencias significativas entre las aplicaciones físicas contra las aplicaciones de nutrición. También descubrieron que, mientras el uso de aplicaciones de nutrición no afecta ni su IMC, directamente relacionado con obesidad, ni la depresión, el uso de aplicaciones de actividad física si reducen el IMC y la depresión. (Mohamed et al., 2023)

Aplicar ANOVA en el estudio de contaminación del agua del Río Chiquito permitió poder relacionar las estaciones donde se realizará el muestreo, y poder determinar si entre ellas hay diferencias significativas, también permitirá saber si hay diferencias significativas entre las muestras de cada estación. Gracias a los resultados del ANOVA, se podrá determinar en la investigación, científicamente y con fundamentos de ingeniería, si la contaminación en el río está relacionada con los factores contaminantes, aplicando así conceptos de las investigaciones previas.

3.4 ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA

Este índice fue creado por la National Sanitation Foundation y se enfoca en arroyos, ríos, aguas negras y manantiales. El cálculo del ICA-NSF tiene nueve parámetros con distintos pesos asignado a cada uno, estos parámetros y sus respectivas ponderaciones son: (1) Oxígeno Disuelto – 0.17 (2) Coliformes fecales – 0.16 (3) pH – 0.11 (4) Demanda bioquímica de oxígeno – 0.11 (5) Temperatura -0.10 (6) Nitratos – 0.10 (7) Fosfatos – 0.10 (8) Turbidez – 0.08 (9) Sólidos Totales – 0.07. Dependiendo del resultado basado en los parámetros, el agua puede ser excelente (90-100), buena (70-89), media (50-69), mala (25-49) o muy mala (0-24). (Chidiac et al., 2023)

En Guatemala se aplicó el Índice de Calidad del Agua a un estudio del Lago de Izabal, el interés surgió en este lago debido a que este cuerpo acuático se convirtió en el recipiente de actividades industriales a su alrededor, como ser la agricultura y la ganadería, entre otras. Al analizar los 9 parámetros luego de realizar las debidas pruebas de laboratorio desde 2005 hasta 2014, se concluyó que el Lago Izabal tiene una calidad del agua, según el ICA, 'buena', siendo la segunda mejor categoría, solo debajo de la categoría 'excelente'. El conocer el estado del lago permite a las autoridades actuar según lo establecido por la ley.(Aguirre Cordón et al., 2016)

El aplicar el ICA en la investigación que se realizará referente al Río Chiquito permitirá saber en qué estado se encuentra el río, que puede oscilar desde 'muy mala' a 'excelente'. El tener información respecto al estado del río permitirá que se hagan conclusiones en base a ello, y también puede funcionar para una base para acciones futuras, tales como el solicitar ayuda de la aplicación de la ley, tal como en el Lago Izabal. Implementar una herramienta como el ICA le brindará soporte científico a la investigación, gracias a lo que aumentará su credibilidad y se podrá dar un diagnóstico real y actual del agua del Río Chiquito.

3.4.1 Herramienta para el cálculo del ICA

En las últimas décadas se han desarrollado muchos con diferentes variaciones, sin embargo, el más utilizado es el índice de la calidad del agua de la NSF. Debido al

extenuante proceso para el cálculo del índice de la calidad del agua, un estudiante de pregrado decidió tomar las cartas en el asunto durante el Simposio de Investigación del Programa de Pregrado de 2022, al crear una calculadora automática para el cálculo del ICA-NSF, en Excel, incluyendo los 9 parámetros necesarios y sus respectivas ponderaciones, logrando así convertir horas de trabajo a unos cuantos minutos. (McCarthy & Iqbal, 2022)

Previo a la herramienta de Excel para el cálculo automatizado del ICA, el cálculo se solía realizar manualmente al alinear reglas en los gráficos impresos de la NSF o parámetro por parámetro con el apoyo de calculadoras en línea. La base de la calculadora en Excel brinda los valores q iniciales de los 9 parámetros usando la función 'forecast' de Excel, donde los valores q de la NSF se implicaron en matrices y mediante interpolación lineal, se logró automatizar el método manual al método automático en Excel. (McCarthy & Iqbal, 2022)

La herramienta de Excel para el cálculo del ICA será fundamental en el estudio para poder conocer la contaminación en el Río Chiquito, ya que los investigadores podrán conocer la calidad del agua del río sin necesidad de hacer cálculos exhaustivos de los que actualmente, los investigadores no son capaces de realizar con sus conocimientos hasta el día de hoy. El aplicar este instrumento permitirá calcular el índice de calidad de las estaciones rápida y precisamente, y el usar una herramienta ya verificada permite que los resultados que brinde podrán ser de gran ayuda para el desenvolvimiento de la investigación y las conclusiones de esta.

3.4.2 Parámetro del ICA: Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto, OD, cuenta con la ponderación más elevada al analizar la calidad según el ICA-NSF, de un 17%, debido a que el oxígeno disuelto es necesario para la supervivencia de los seres acuáticos. La cantidad de oxígeno disuelto brinda información de las condiciones del agua estudiada, ya que ambos extremos (niveles demasiado altos o bajos) tienden a afectar a las criaturas acuáticas. La unidad en la

que se mide el OD es de mg/L, y la tabla 1 relaciona el nivel de oxígeno disuelto con el porcentaje de saturación presente en el agua. (Guemisa, s. f.)

Tabla 1 - Porcentaje de OD relacionado con la calidad del agua

Nivel de Oxígeno Disuelto	Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto
Supersaturación	≥ 101%
Excelente	90 – 100%
Adecuado	80-89%
Aceptable	60-79%
Pobre	<60%

Fuente: (Guemisa, s. f.)

En Perú se estudiaron distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la Bahía Interior de Puno, haciendo énfasis en el oxígeno disuelto dada su importancia debido a la eutrofización del área, consecuencia de la mala disposición de aguas residuales. Luego de un estudio exhaustivo de 5 meses, se concluyó que la Bahía Interior de Puno se encuentra sobresaturada de oxígeno disuelto con valores tan altos como 11.19mg/L para agua superficial y 9.43 mg/L para 3 metros de profundidad, lo cual no es ideal, ya que la sobresaturación puede llegar a ser nociva para ciertos organismos.(Quispe Lujano, 2016)

El conocer la cantidad de oxígeno disuelto presente en el Río Chiquito es de suma relevancia para los investigadores, ya que con este indicador se pueden realizar conclusiones tanto individual como grupalmente con el resto de los parámetros al analizarlo mediante el ICA-NSF. Al obtener el oxígeno disuelto de las cuatro estaciones, aparte de poder tener una condición generalizada del oxígeno presente en el río, también se podrán comparar los resultados entre estaciones y determinar si hay diferencia entre ellas; incluyendo factores de análisis externos, sería posible concluir posibles motivos de los porcentajes de saturación de oxígeno disuelto de las muestras.

3.4.3 Parámetro del ICA: Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son una parte de un grupo más general, los coliformes fecales, este grupo en específico son bacterias encontradas tanto en los intestinos como en las heces de los humanos y animales; la Escheria Coli, E. Coli, es uno de los coliformes fecales más comunes. Los coliformes fecales se encuentran tanto en la tierra como en el agua, y su presencia, pueden ocasionar enfermedades como inflamación intestinal, vómito, diarrea, virus, entre otras. (Departamento de Salud y Servicios Humanos de Carolina del Norte, 2020)

En La Habana se realizó un estudio para detectar coliformes totales y fecales en centrífugas azucareras, para determinar si los niveles encontrados en las muestras estaban dentro de los valores permitidos. Ya que los coliformes son un buen indicador para determinar la presencia de contaminación, tanto en agua como en comida, fue alarmante para los investigadores de este estudio el descubrir resultados demostrando que dichas centrífugas se encontraban fuera del límite superior establecido por varias normas, como ser, la de agua potable y la Norma Cubana microbiológica para el consumo de alimentos humanos y animales. (Fernández-Santisteban, 2017)

Al ser el segundo parámetro de mayor ponderación al analizar el ICA según la NSF, con 16% del total, la prueba de los coliformes fecales en el Río Chiquito es una prioridad para el estudio actual. Asimismo, el poder contrastar los hallazgos de colonias de coliformes fecales en cada estación contra las normas establecidas permitirá a los investigadores determinar si dicho parámetro se encuentra dentro de los lineamientos provistos por las autoridades o no. Como se mencionó previamente, este parámetro puede brindar información para conocer si el agua puede causar enfermedades como virus o infecciones estomacales a los habitantes.

3.4.4 Parámetro del ICA: pH

El pH se mide dentro de una escala preestablecida entre 0 y 14, donde 7 es neutro, de 0 - 7 es el lado representativo de la acidez y de 7-14 es el lado representativo de alcalinidad. La importancia del pH para establecer la calidad del agua recae en que es

fundamental para los procesos químicos que especies acuáticas requieren para vivir, como crecimiento y reproducción, y para que sucedan dichos procesos, el valor de pH tiene poca holgura entre la ideal y la real. Niveles extremos de pH pueden ocasionar daños físicos a los organismos, o alteraciones al ambiente donde viven, como ser el grado de toxicidad del agua. (California State Water Resources Control Board, 2010)

En 2016 el Reino Unido hizo una investigación respecto a los niveles de pH del agua potable de una comunidad cuya principal actividad económica era la producción de gas y petróleo. Utilizando un pH metro como principal elemento de medición, se logró determinar que los valores obtenidos de fuentes de agua potable, como ser arroyos, pozos, pozos privados, pozos públicos y agua lluvia estaban por debajo del estándar establecido por la OMS (6.5 – 8), ya que las medias de los resultados eran 5.54, 6.06, 4.47, 5.06 y 6.4, respectivamente. Se recomienda que el agua sea tratada previo al consumo gracias al estudio realizado. (Dirisu et al., 2016)

La importancia de analizar este parámetro recae en lo esencial que es el pH para las especies que viven en el agua y sus procesos físicos. Estudiar el pH del Río Chiquito les permitirá a los investigadores, aparte de servir para el análisis de la calidad del agua, conocer si el agua del río es alcalina o básica. Es importante saber si el agua es básica o alcalina para determinar los usos a los que el agua se pueda destinar, o si esta es correcta para los usos para los que se destina actualmente, asimismo, el pH puede dar una evaluación general respecto a la condición de contaminación del río, ya que valores extremos (ya sea muy ácidos o básicos) indican contaminación.

3.4.5 Parámetro del ICA: Demanda bioquímica de oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, conocida como DBO, tiene una ponderación asignada por el ICA-NSF de 0.11, en tercer lugar, junto con el pH. Este es un indicador que sirve para conocer la contaminación en el agua, ya que se encarga de medir cuánto oxígeno necesitan los microorganismos para poder descomponer sustancias y/o residuos orgánicos, proceso que se llama oxidación. Es un buen parámetro para medir la contaminación dado que hay desechos que demandan oxígeno, afectando así el

agua a estudiar, porque altas cantidades de residuos orgánicos benefician el crecimiento de bacterias y hongos.(Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014)

En Perú se instaló un filtro de carbón vegetal en una planta de tratamiento de agua residual porque los niveles de DBO excedían los deseados. El enfoque de la investigación fue el de indicar la calidad de aguas residuales mediante su DBO para medir el desempeño que tienen ciertos filtros en la disminución de residuos orgánicos. El filtro biológico mencionado logró una disminución de hasta 67.69 mg/L de DBO, valor que ya se encuentra dentro de los parámetros permitidos para aguas residuales. Gracias al uso de DBO como parámetro se concluyó que los filtros biológicos aportan una mejoría en la calidad de las aguas residuales. (Chavarría Márquez et al., 2023)

Como se recalca en el ejemplo anterior, el DBO es un indicador importante, no solo para el cálculo del ICA-NSF, sino también para la calidad y comparación entre distintas etapas de aguas estudiadas en general, no solamente en aguas residuales; por ello, los investigadores medirán los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno, valor obtenido mediante ciertas pruebas de laboratorio, de las cuatro estaciones del Río Chiquito, para poder analizar los resultados y realizar conclusiones en base a ellos. Mediante este parámetro, se conocerá la calidad que tiene el agua de las distintas estaciones del Río Chiquito, información que será base para solicitar apoyo futuro.

3.4.6 Parámetro del ICA: Temperatura

La temperatura tiene un peso de 0.1 en el ICA según la NSF. Este es un indicador físico que se mide en grados Celsius y da información respecto a percepciones de frío y calor. Respecto al agua, la temperatura es de gran importancia ya que los organismos acuáticos tienen un rango de temperatura dónde pueden sobrevivir, desarrollarse y reproducirse, por lo que cambios en esta afecta a seres tan sensibles. También, la temperatura influye en cuánto oxígeno hay presente en el agua, elemento vital para la flora y fauna acuática, incluyendo funciones metabólicas como la fotosíntesis en plantas.(Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, 2015a)

Se hizo un estudio para determinar el efecto que los cambios de temperatura tienen sobre una evaluación de calidad biológica en el agua, siendo el principal objeto de estudio seres macroinvertebrados de la región. Dado a los cambios de temperaturas debido a acciones humanas, se realizó este estudio al simular distintos modelos de temperaturas para analizar las consecuencias que estos cambios ocasionan en distintos macroinvertebrados. Los expertos concluyeron que hay diversos factores complejos ambientales que afectan las comunidades macroinvertebradas, y que los futuros cambios en temperatura tendrían un impacto. (Khaliq et al., 2024)

Así como el estudio mencionado, actividades antropogénicas afectan gravemente el clima global, por ende, la temperatura a la que día a día tienen que sobrevivir los seres vivos, incluida en lo anterior la flora y fauna del Río Chiquito. El saber las temperaturas a las que se enfrentan los seres vivos del Río Chiquito les servirá a los investigadores como información diagnóstica para determinar la calidad de vida que estos tienen basada en la calidad del agua muestreada. Estos resultados pueden servir para solicitar esfuerzos en la gestión y conservación de este y otros ríos, ya que estos son sistemas ecológicos base para Tegucigalpa y sus colindancias.

3.4.7 Parámetro del ICA: Nitratos

Los nitratos tienen una ponderación de 0.10 al momento de calcular el ICA, este parámetro se mide en miligramos por litro (mg/L) y brinda información respecto a la calidad del agua ya que es un elemento necesario para el desarrollo de algas y plantas dentro del agua. Un valor muy elevado de los nitratos puede ocasionar eutrofización, exceso de algas para la ratio del área acuática disponible, generando así resultados contraproducentes, como ser el agotamiento de oxígeno y disminución de biodiversidad, por ende, disminuyendo así la calidad del agua. Niveles muy bajos de nitratos afectan otros parámetros, como ser OD. (DANE, 2021a)

En Costa Rica se estudiaron los nitratos y otros componentes como parámetros de contaminación del agua potable en dos cantones de Alajuela. Se analizaron muestras obtenidas en laboratorios locales y al contrastarlas contra las normas de Calidad de

Agua potable, los resultados fueron negativos, ya que se presentaron valores superiores a los rangos permitidos, afectando así directamente la calidad del agua que los habitantes de los cantones de Alajuela consumen diariamente, pese a que no lo hayan notado en el sabor del agua. Los investigadores atribuyen lo anterior al uso desmedido de fertilizantes, incremento poblacional, entre otros. (Bolaños et al., 2017)

Los nitratos forman parte de un parámetro para estudio de agua, ya sea agua potable, recreacional o industrial, ya que según el uso se definirán los valores máximos y mínimos permisibles. Al analizar el Río Chiquito bajo dos normas de calidad del agua de uso recreativo, nacional y regional, los investigadores tendrán que evaluar los nitratos y contrastar los valores permisibles con los establecidos por los entes gubernamentales, y mediante estos concluir el estado del agua en base según sus nitratos. Estos resultados son necesarios para tener valores cuantificables del estado del agua, ya que eso permitirá solicitar apoyo y hacer conclusiones basadas en datos.

3.4.8 Parámetro del ICA: Fosfatos

Los fosfatos, como los nitratos, también tienen una ponderación de 0.10 en el índice de calidad del agua, los valores son los mismos dado que ambos elementos contribuyen a lo mismo, los nutrientes en zonas de agua. Así como los nitratos, un excedente de fosfatos puede ocasionar eutrofización dado al exceso de nutrientes presentes en el agua. La presencia de altas cantidades de fosfatos demuestra que los cuerpos de agua son receptores de actividades industriales como ser la agricultura, ganadería y urbana, ya sea llegue al agua en forma de desechos de pesticidas, heces fecales o aguas residuales sin tratamiento apropiado. (DANE, 2021b)

Tres estudiantes ecuatorianos analizaron aguas superficiales con elevado contenido de fosfatos. El valor nacional máximo permisible de fosfatos totales es 0.1 mg/L, sin embargo, luego de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se determinó que los resultados superaban en un 84% dicho valor. Dado a la condición y falta de cumplimiento respecto a aguas crudas, se investigó para verificar la eficacia de usar 5mg/L de sulfato de cobre, concluyendo que este componente disminuye los fosfatos

en un promedio de 82.5%, previniendo así que el exceso de fosfatos ocasione eutrofización, malos olores y disminución de oxígeno, entre otros. (Flores et al., 2020)

Conocer los niveles de elementos nutricionales que afectan el crecimiento de la flora del Río Chiquito les brindará una base a los investigadores para determinar si el agua cuenta con los nutrientes necesarios para cumplir con el uso que se está evaluando, en este caso, de uso recreacional. El exceso, o falta, de nutrientes afectará la calificación de cada estación en el Río Chiquito. Asimismo, tanto los fosfatos como los sulfatos pueden brindarles información a los investigadores respecto a qué actividades industriales se llevan a cabo en los alrededores del Río Chiquito y la rigurosidad, o falta de, con la que estos se llevan a cabo.

3.4.9 Parámetro del ICA: Turbidez

La turbidez solo cuenta con un peso de 0.08, ya que un valor alto no significa necesariamente que el agua está contaminada, pero si afecta la calidad del agua. La turbidez se usa para definir qué tanta claridad tiene el agua, entre más alto el valor de turbidez, más opaca es el agua, idealmente, dado a que el agua clara permite que pase la luz hacia adentro del agua, con un valor bajo de turbidez (agua más clara) el desarrollo de plantas y animales acuáticos es mejor. (Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid, 2015b)

En Colombia se hizo un estudio enfocado en el efecto que tiene el incremento de la turbiedad en aguas naturales sobre la eficiencia de métodos tradicionales de potabilización en Cali. Mediante estudios pasados entre la turbiedad y el agua tratada se analizó que el efecto que tiene el aumento de la turbiedad en aguas no tratadas sobre procesos de potabilización es el siguiente: la turbiedad si afecta qué tan eficiente es el tratamiento del agua, y la calidad final del agua, principalmente en el paso de filtración. Estudiando la turbiedad lograron determinar que el nivel de turbiedad es proporcional al uso de químicos al tratar el agua. (C. Montoya et al., 2011)

El saber cómo los niveles de turbiedad pueden afectar el Río Chiquito gracias a estudios anteriores les permite a los investigadores el concientizarse respecto a la correcta toma de muestras, evitando así alterados. Ya que la turbiedad se puede ver afectada por movimientos, el tomar muestras sin ocasionar cambios dentro del agua permitirá que los resultados de turbidez sean los correctos, brindándole así a los investigadores valores apegados a la realidad del Río Chiquito día a día. Mediante análisis adicional, con los valores de turbidez de este estudio se podría conocer si la claridad del agua sustenta o no distintas formas de vida.

3.4.10 Parámetro del ICA: Sólidos totales

Los sólidos totales son partículas suspendidas en cuerpos de agua, tanto superficiales como residuales. La unidad para medirlos son los miligramos por litro (mg/L) y es el parámetro con menor ponderación para determinar la calidad del agua según la National Sanitation Foundation, con 7% del total. La cantidad para considerar un cuerpo de agua contaminado varía según país y literatura consultada, sin embargo, en 1998 unos expertos establecieron que un para que un cuerpo de agua se considere contaminado, juzgando por los sólidos suspendidos, debería tener como mínimo 150 mg/L. (DANE, 2021b)

Varios científicos realizaron una investigación basada en los sólidos totales en agua y los distintos tipos de tratamientos para la remoción de estos, ya que, niveles elevados de dicho parámetro puede ocasionar, dependiendo el uso para el que se preste, enfermedades dermatológicas, gastrointestinales y cardiovasculares contra humanos y fauna, afectando así el medioambiente de manera general. Dada a la importancia de conocer los niveles de sólidos totales, y de ser requerido, disminuirlos, se analizaron distintos métodos de remoción como ser: osmosis reversa, filtración nanométrica, destilación y técnicas de precipitación, para evaluar su efectividad. (Sreeja et al., 2022)

Dado a los peligros que altas concentraciones de sólidos suspendidos totales pueden ocasionar, lo ideal para la flora, fauna y habitantes cercanos al Río Chiquito sería un estudio para determinar si su agua representa un peligro o podría llegar a

representarlo. Tener evidencia determinante respecto al estado del agua del Río Chiquito, tanto de los sólidos suspendidos totales como del resto de parámetros, será un fundamento para objetar contra los controles y regulaciones ambientales, o bien, la falta de ellos. Este estudio es importante para concientizar y alentar a los pobladores y tomadores de decisiones hacia un cambio positivo para las personas y el ambiente.

3.5 LA PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA NACIONAL DE USOS DE AGUA

La Propuesta de Norma Técnica Nacional de Usos de Agua es una norma técnica propuesta por la Secretaría de Salud de la República de Honduras, discutiendo las normas nacionales para agua de distintos usos, siendo estos usos para agricultura y ganadería, se refiere al uso recreativo de los recursos naturales, así como a la importante tarea de proteger la flora y la fauna existentes en el ecosistema. Además, implica la provisión de poblaciones saludables y sostenibles, y también tiene relevancia en el ámbito de la acuicultura. Esta norma fue elaborada de manera colaborativa y en conjunto por el comité técnico nacional encargado de la calidad del agua, así como por el comité coordinador regional que reúne a las diversas instituciones responsables del suministro de agua potable y el saneamiento, abarcando todo el área de Centroamérica, además de Panamá y la República Dominicana. (República de Honduras, 2001)

El artículo 24 de la Propuesta de la Norma Técnica Nacional para Agua describe a detalle los parámetros junto con los valores, tanto mínimos como máximos, permisibles para que el agua se encuentre apta para considerarse apropiado su uso recreativo. Aunque se incluyan varios parámetros, los parámetros en la norma que coinciden con algunos de los necesarios para el cálculo del ICA son: el pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales, turbiedad y temperatura. (República de Honduras, 2001)

El usar la Propuesta de la Norma Técnica Nacional de Usos de Agua permitirá que la investigación de la contaminación del Río Chiquito se pueda contrastar contra criterios nacionalmente establecidos. El comparar los valores obtenidos de las pruebas de

laboratorio contra esta norma permite que la investigación, aparte de tener un enfoque nacional, pueda contar con una fácil comparabilidad de los resultados generando así resultados válidos.

3.6 NORMA PRIMARIA DE CALIDAD AMBIENTAL DE PANAMÁ

En el mes de julio del año 2008, el Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá tomó la importante iniciativa de establecer la Norma Primaria de Calidad Ambiental, así como también los Niveles de Calidad específicos para las Aguas Continentales que son utilizadas para actividades recreativas, tanto aquellas que implican contacto directo como las que no lo requieren. Esta normativa fue formalizada mediante la emisión del Decreto Ejecutivo número 75 con el objetivo de establecer los lineamientos de calidad y determinar tanto los procedimientos como parámetros necesarios para implementarlo óptimamente.

La norma panameña que expresa los estándares que determinan la calidad de las aguas continentales, específicamente aquellos destinados para actividades recreativas, tanto en situaciones donde se produce contacto directo con el agua como en aquellas donde este contacto no incluye varios parámetros diferentes, sin embargo, los que están acotados dentro de ambos, la norma de Panamá y los necesarios para el cálculo del Índice de la Calidad del agua son los siguientes: coliformes fecales, temperatura, pH, turbiedad, oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno.(República de Panamá, 2008)

La Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para Aguas Continentales de Uso Recreativo con y sin Contacto Directo permitirá brindarle un enfoque regional a la investigación en curso, debido a que se podrán comparar los resultados obtenidos en el laboratorio no solo contra estándares nacionales, sino que también regionales. También utilizar esta norma en la comparación servirá para comparar la exigencia entre los parámetros nacionales contra los regionales, los hondureños contra los panameños, cosa que también brindará a los investigadores una mejor perspectiva respecto a la realidad ambiental de ambos países.

3.7 TRIANGULACIÓN DE EXPERTOS

La triangulación, de manera general, es cuando se fusionan distintos métodos, teorías o expertos dentro de una investigación para asegurar que se eviten prejuicios y sesgos que ocurrirían si solamente se estuviera contando con la opinión subjetiva de los investigadores. La triangulación por expertos requiere de tres expertos como mínimo para poder incrementar la validez y credibilidad de los hallazgos y conclusiones de una investigación. (Noble & Heale, 2019)

En Ontario, Canadá, se hizo un estudio para determinar la calidad del cuidado que se le proporciona a pacientes en un modelo de cuidado único: clínicas dirigidas por Enfermeros Facultativos. El objetivo del estudio es el de cuidar pacientes con mínimo 2 condiciones, diabetes y alguna otra condición crónica, ya que se asume que estos pacientes son los más difíciles de cuidar en ambientes familiares. Para evitar que existiesen supuestos infundados en el estudio se decidió aplicar triangulación, gracias a ello hubo triangulación en cada etapa del estudio fundamentada con elementos bibliográficos que permitieron conclusiones validado el estudio. (Noble & Heale, 2019)

El aplicar la triangulación por expertos en cada etapa de la investigación de la contaminación del Río Chiquito permitirá la creación de conclusiones basadas no solo en bibliografía, sino también en opiniones de expertos en base a la singularidad del estudio presente, lo que representa una ventaja para los investigadores, ya que el tener la orientación de dichos expertos ayuda en casos específicos para la investigación en curso, peculiaridades que quizás no estén presentes en bibliografías. El aplicar esta herramienta hace que los investigadores tengan suficiente apoyo transcurso de la investigación para que esta se presente con mínimo, la calidad requerida.

3.7.1 Pilotaje

El pilotaje es una fase previa para realizar las pruebas finales y que estas últimas se consideren válidas. Al implementarse dentro de la metodología de investigación, las pruebas piloto permiten que, mediante ellas, se puedan obtener valores adyacentes a los reales antes de los finales, permitiendo así que la investigación se considere como más válida y confiable por haber implementado pruebas piloto previo a la toma de datos real. (Mora et al., 2015)

La Universidad de la Salle, en Colombia, hizo una investigación basada en pruebas piloto para determinar si utilizar e implementar 'Mutag' al tratar aguas residuales en el sector de hidrocarburos sería viable o no, para respaldar la decisión de si este componente se implementa en plantas de tratamiento y ecosistemas. Al utilizarse un reactor con Mutag y otro reactor de control (sin Mutag) se llevaron a cabo las pruebas piloto en un laboratorio, donde pudieron definir la efectividad del uso del Mutag eficientando recursos monetarios, temporales, espaciales y humanos, dentro de un ambiente controlado el cual brinda resultados certeros. (Toro et al., 2019)

El implementar un pilotaje previo a la obtención de las muestras finales para la investigación de la contaminación del Río Chiquito, aparte de brindar ventajas como: tener más experiencia recolectando muestras y en el terreno, disminuir gastos generados por errores y optimizar el tiempo de recolección de muestras, también permitirá incrementar la validez y confiabilidad de la investigación, debido a que la realización de pruebas piloto es necesaria y requerida dentro de la metodología de investigación científica. Asimismo, el pilotaje permite definir la viabilidad y efectividad de diferentes métodos llevados a cabo previo a las pruebas finales de la investigación.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

El enfoque utilizado de esta investigación fue cuantitativo, orientado a la medición y análisis de datos numéricos relacionados con la contaminación del agua en el Río Chiquito. Este enfoque permite una evaluación precisa de los niveles de contaminación, identificación de fuentes y comprensión de los patrones de variabilidad que se observan en la calidad del agua. Asimismo, este método utiliza la recolección sistemática de información y el estudio detallado de los datos con el propósito de contestar una o varias de las preguntas planteadas en la investigación, así como para confirmar o refutar las hipótesis que fueron formuladas anteriormente. (Hernández Sampieri & Fernandez-Collado, 2014)

4.1.1 Alcance

El alcance de esta investigación es experimental, ya que implicó la recolección de datos en el campo a través de muestreos y su posterior análisis en laboratorio. Se busco identificar y cuantificar diversos contaminantes presentes en el agua del Río Chiquito, así como evaluar los cambios en la calidad del agua en diferentes puntos del río. Además, este alcance determino los límites del estudio y las variables que se analizaron, así como la extensión en términos de tiempo, espacio y recursos. (Ramos-Galarza, 2020)

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 Variable Independiente

En esta investigación, se ha identificado como variable independiente el grado de contaminación generado por diversas actividades humanas en los alrededores del Río Chiquito. Se consideran distintos tipos de contaminación, incluyendo la industrial, agrícola y residencial. Cada una de estas fuentes contribuye de manera significativa a la contaminación del río, lo que permite evaluar el impacto específico de cada actividad humana en la calidad del agua del Río Chiquito. Esta distinción es crucial

para comprender cómo las diferentes fuentes de contaminación afectan el entorno acuático del río.

4.2.2 Variable Dependiente

Para la variable dependiente, se considerarán todos los parámetros evaluados que son esenciales para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA). Estos parámetros incluyen mediciones clave que, al ser analizadas en conjunto, proporcionarán una visión integral de la calidad del agua en el Río Chiquito. La evaluación de estos indicadores permitirá obtener un resultado preciso y detallado del ICA, reflejando el estado del agua en función de las influencias de las actividades humanas en la zona. Este análisis es fundamental para interpretar cómo las condiciones del agua se ven afectadas y cómo se puede mejorar su calidad.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.3.1 Instrumentos

- Recipientes de Plástico de 2 Litros de capacidad
- Beaker: recipiente en que se usara para las mezclas de muestras.
- Turbidímetro: Para medir la turbidez del agua directamente.
- Etiquetas: Para identificar las muestras por los puntos de muestreo.
- Frascos estériles para análisis microbiológicos: especiales para la recolección de muestras destinadas al análisis de coliformes fecales y otros microorganismos.
- Embudo: es un instrumento que se utilizara para canalizar líquidos.
- Guantes desechables y protección personal
- Sondas multiparamétricas: para medición de parámetros como el pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad.

4.3.2 Técnicas

- Pruebas In situ: pruebas que se realizan al momento de la toma de muestras con el equipo de campo.

- Realizar análisis en un laboratorio especializado utilizando procedimientos estandarizados.
- Minitab: software para el análisis estadístico de datos e la calidad del agua.
- Análisis de Varianza: técnica estadística para comparar las medias de las muestras y encontrar diferencias significativas en la calidad del agua.
- MS Excel: para calcular el índice de la calidad del agua y analizar.

4.4 MATERIALES

- Agua destilada: se utiliza para preparar soluciones y limpiar el equipo.
- Equipo de Protección personal: para garantizar un ambiente seguro y reducir los peligros (batas de laboratorio, gafas, mascarillas, etc.)
- Guantes desechables: son guantes de látex para la protección de las manos en los procedimientos dentro del laboratorio.
- Papel lente: se utiliza para la limpiar y secar frascos y demás equipos de laboratorio con precisión, esto evita la acumulación de residuos y asegura que los frascos transparentes queden sin marcas antes de su uso en el análisis.
- Reactivos de nitratos: producto químico empleado para determinar si hay nitratos presentes en las muestras.
- Dicromato de potasio: es un oxidante para identificar compuestos particulares.
- Reactivos para fosfatos: producto químico para identificar fosfato en las muestras.
- Pipetas de precisión: son para el análisis preciso y la preparación de soluciones.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.5.1 Población

Se centró en una población distribuida en las siguientes 4 estaciones del río:

Estación 1: Esta ubicada en la Aldea el Chimbo Carretera que conduce a Santa Lucia con coordenadas: 14°08'00.4"N 87°07'15.9"W. Se escogió esta estación ya que es una parte alta donde tiene inicio el Río Chiquito.

Estación 2: Esta ubicada en la Colonia el Sitio Carretera que conduce a Santa Lucia con coordenadas: 14°06'46.2"N 87°09'09.8"W. Se eligió esta área debido a que es la entrada a una colonia poblada, con un flujo diario de personas.

Estación 3: Ubicada en la Colonia Bolívar Tegucigalpa con coordenadas: 14°06'27.7"N 87°10'55.6"W. Esta estación fue seleccionada porque es evidente que es una zona altamente contaminada por los residentes de la colonia.

Estación 4: Está ubicada en el Mercado La Isla Comayagüela con coordenadas: 14°06'11.4"N 87°12'20.4"W. Se seleccionó esta estación porque es la zona más cercana a la desembocadura del Río Chiquito en el Río Choluteca.

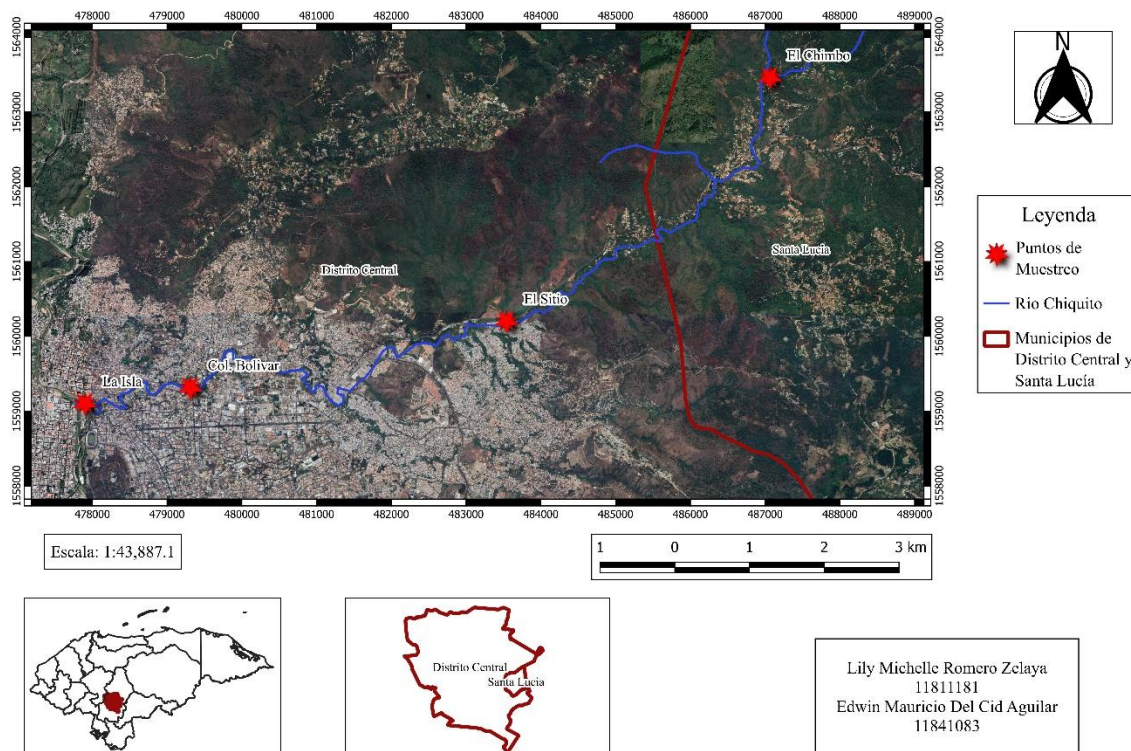


Ilustración 1- Mapa de las 4 estaciones de toma de muestras del Río Chiquito

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Muestreo

Se realizará un muestreo de conveniencia para seleccionar puntos accesibles y representativos a lo largo del río Chiquito durante el periodo de investigación. Este método optimiza la eficiencia en la recolección de datos, considerando factores contextuales como la logística y las limitaciones de recursos. Los puntos de muestreo se ubicarán cerca de potenciales fuentes de contaminación, incluyendo descargas industriales y agrícolas, así como áreas residenciales y naturales. Esta estrategia permitirá obtener una visión integral de la calidad del agua desde diversas perspectivas, garantizando un análisis exhaustivo y representativo. (Salvadó, 2021) Adicionalmente esta investigación pretende alimentar un estudio longitudinal para el cual ya se había definido que se analizaran cuatro estaciones.

4.5.3 Muestra

4.5.3.1 Muestras en relación con las estaciones

Se decidió realizar la toma de muestras en diferentes puntos del río de esta forma:

Estación 1 Aldea el Chimbo Carretera que conduce a Santa Lucía

En esta estación se recolectará 4 muestras, con puntos ubicados uno en un punto A, dos puntos centrales y un punto B. Estas se analizarán según los 9 parámetros de calidad de agua: PH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fosforo total, DBO, sólidos totales.

Estación 2: Colonia el Sitio Carretera que conduce a Santa Lucía

En esta estación se recolectará 4 muestras, con puntos ubicados uno en un punto A, dos puntos centrales y un punto B. Estas se analizarán según los 9 parámetros de calidad de agua: PH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fosforo total, DBO, sólidos totales.

Estación 3: Colonia Bolívar Tegucigalpa

En esta estación se recolectará 4 muestras, con puntos ubicados uno en un punto A, dos puntos centrales y un punto B. Estas se analizarán según los 9 parámetros de calidad de agua: PH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fosforo total, DBO, sólidos totales.

Estación 4: Puente Mallol Comayagüela

En esta estación se recolectará 4 muestras, con puntos ubicados uno en un punto A, dos puntos centrales y un punto B. Estas se analizarán según los 9 parámetros de calidad de agua: PH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fosforo total, DBO, sólidos totales.

4.5.3.2 Muestra con relación a tomas

Se tomarán 48 muestra de agua en 4 estaciones del Rio Chiquito de la siguiente forma:

Tabla 2- Cantidad de Muestras Según las Estaciones

<i>Estaciones</i>	<i>Análisis Externo (1 Galón)</i>	<i>Análisis en UNITEC (1 Galón)</i>	<i>Muestra en Frasco Estéril para análisis en UNITEC</i>
1	4	4	4
2	4	4	4
3	4	4	4
4	4	4	4

Fuente: Elaboración propia.

Se enviarán muestras de 1 Galón a un laboratorio externo para el análisis de DBO, Fósforos total, Nitratos, Sólidos Totales mientras que las demás serán evaluadas en el laboratorio de UNITEC. La temperatura y el pH se medirán directamente en el lugar. Adicionalmente, se recogerán un total de 16 muestras adicionales que serán sometidas a un exhaustivo análisis de coliformes fecales en un laboratorio externo especializado en este tipo de pruebas. Todas las muestras serán cuidadosamente almacenadas y transportadas siguiendo rigurosos protocolos establecidos, con el objetivo de garantizar su integridad y preservar su calidad a lo largo de todo el proceso. Los hallazgos obtenidos serán utilizados para valorar la calidad del agua en las estaciones seleccionadas.

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para esta investigación sobre la contaminación del agua en el Río Chiquito de Tegucigalpa, Francisco Morazán, se diseñó para afrontar el problema central y probar las hipótesis planteadas. Las visitas de campo se realizaron para identificar puntos críticos de muestreo a lo largo del río. Se obtuvieron muestras de agua en recipientes estériles, los cuales fueron transportados a un laboratorio acreditado para su análisis.

Los parámetros analizados incluyeron desde el pH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos totales, oxígeno disuelto, DBO Y coliformes fecales.

Para evaluar la contaminación visible, como los desechos inorgánicos y las modificaciones en las propiedades físicas del agua, se llevaron a cabo observaciones de campo, análisis de laboratorio y la recolección de muestras. Protección personal, equipos de medición y recipientes estériles se emplearon. El análisis de datos se realizó mediante el uso de software especializado para detectar correlaciones y patrones. Este método garantizó la reproducibilidad del estudio y demostró que los hallazgos sobre la contaminación del agua en el Río Chiquito eran claros y válidos.

Mediante el uso de MS Excel para calcular el índice de calidad del agua, se logró interpretar los datos conforme a las normas establecidas por el NSF. Este análisis permitió determinar el ICA del Río Chiquito. Para asegurar la exactitud de los procedimientos empleados y la fiabilidad de los resultados sobre la calidad del agua en el Río Chiquito, se estableció una validación mediante triangulación con expertos.

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

En nuestro proyecto de investigación, se validaron las herramientas de ingeniería mediante un método de triangulación por expertos, asegurando su confiabilidad y validez. Para establecer la significancia estadística de los resultados, los expertos en microbiología y estadística consultaron y examinaron una variedad de opiniones. Para hacerlo, emplearon herramientas como el ANOVA y la prueba de medias. Al permitir una comunicación efectiva y el intercambio de información en tiempo real, estas asesorías se llevaron a cabo tanto en persona como en línea.

En cada punto de muestreo se llevaron a cabo pruebas de pilotaje con $n=4$ con el fin de valorar el rendimiento de las herramientas en condiciones reales y ajustar su implementación. Para asegurar que las muestras fueran representativas de áreas con alta interacción humana, los puntos de muestreo se eligieron estratégicamente considerando la cantidad de habitantes en una determinada área y teniendo en cuenta

la cercanía que esa área tiene con respecto al río. Con el fin de asegurar la validez y la confiabilidad de las herramientas utilizadas en el campo de la ingeniería, este enfoque meticulado y riguroso proporciona una base robusta y firme que respalda tanto los análisis realizados como los resultados obtenidos en el estudio.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Ejecución De Pilotaje Para Pruebas Fisicoquímicas Y Microbiológicas

5.1.1 Pilotaje Para Levantamiento de Muestras en el Río Chiquito

Para comenzar con el levantamiento de las muestras correspondientes se inició con una fase de pilotaje para asegurar que el procedimiento estuviese correcto y bien sustentado al ejecutar correctamente el pilotaje. En este mismo se llevó a cabo un muestreo siguiendo recomendaciones específicas por asesores y por el personal del ya experimentado CESCO en esta materia, recomendaciones tales como el enjuague por tres veces antes del levantamiento de la muestra, tomar los 4 puntos de muestreo de la forma correcta en horizontal o de forma vertical según la accesibilidad y representatividad de cada uno de ellos.

Todo ello en el Río Chiquito de Tegucigalpa, el objetivo fue establecer la viabilidad y eficacia de las técnicas y metodologías seleccionadas para la recopilación y análisis de muestras de agua.



Ilustración 2- Pilotaje para levantamiento de Muestras

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de muestreo se realizó siguiendo protocolos estandarizados para la recopilación de muestras de agua, garantizando la preservación de la calidad de estas hasta su análisis en el laboratorio. Las muestras para las pruebas se almacenaron en frascos de polietileno esterilizados, los cuales fueron otorgados por (CESCCO), estas pruebas fueron conservadas a temperaturas controladas durante el transporte, en una hielera que las preservara de forma correcta.



Ilustración 3- Pilotaje de levantamiento de muestras

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Pilotaje para análisis de Muestras en el Laboratorio de UNITEC.

Para garantizar una óptima evaluación de las muestras tomadas en el río, fue necesario realizar un pilotaje en el laboratorio de la Universidad el cual permitió ajustar los procedimientos técnicos y confirmar que los equipos del laboratorio estuvieran adecuadamente calibrados y que los métodos analíticos proporcionan datos confiables.

Fue esencial entonces calibrar todos los equipos de medición, como el turbidímetro y el medidor de oxígeno disuelto. Asegurarnos también de utilizar patrones certificados para asegurar la precisión de las mediciones correspondientes. Tomamos en cuenta de igual manera la limpieza de los recipientes para evitar cualquier tipo de contaminación, teniendo que limpiarlos de forma correcta y además usar agua destilada para su posterior uso.



Ilustración 4 - Pilotaje de Muestreo en Laboratorio

Fuente: Elaboración Propia

Algunos de los parámetros analizados se enviaron a un laboratorio externo, específicamente analizados en el CESCO. Parámetros que por falta de algunos equipos materiales y reactivos no fue posible analizar en el laboratorio de la Universidad, por lo que asegurar datos confiables y representativos para estos parámetros conllevaba al posterior análisis en el laboratorio anteriormente mencionado.

5.1.3 Pruebas y resultados de PH

Las pruebas de pH ejecutadas en el Río Chiquito mediante un pH metro el día de la toma de muestras arrojaron valores que oscilaron entre 6.5 y 6.9. Estas mediciones se llevaron a cabo in situ para establecer la precisión y la representatividad de los hallazgos, ya que al ser transportadas y analizadas en laboratorio podían verse alteradas, estas pruebas reflejaron las condiciones reales del agua en el momento del muestreo. Los resultados indican un pH que varía de ligeramente ácido a neutro, lo cual puede ser típico en cuerpos de agua con influencia urbana, y nos puede indicar que el río podría estar recibiendo aportes de contaminantes que podrían estar afectando su equilibrio químico.

Tabla 4- Datos para Pruebas de PH por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
PH	Estación 1 (El Chimbo)	6.60	6.71	6.57	6.66
	Estación 2 (Col. El Sitio)	6.91	6.94	6.97	6.96
	Estación 3 (Col. Bolívar)	6.68	6.76	6.78	6.80
	Estación 4 (Mercado La Isla)	6.52	6.66	6.69	6.68

Fuente: Elaboración Propia

Como lo menciona el estado del arte el pH se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 se considera neutro, los valores menores a 7 indican acidez y los valores mayores a 7 indican alcalinidad. En general las estaciones cuentan con un nivel de PH adecuado ya que el rango se encuentra desde los 6.5 hasta los 8.5 es entonces para la vida acuática, un nivel aceptable de Ph. Además, se menciona que niveles extremos de pH pueden causar daños físicos a los organismos o modificar su entorno, como aumentar la toxicidad del agua.

5.1.4 Pruebas y Resultados de Temperatura

Las pruebas de temperatura del agua ejecutadas el día del levantamiento de muestras en el Río Chiquito con un termómetro otorgado por el laboratorio de la Universidad nos mostraron valores que oscilaron entre 18°C y 22°C. Estas mediciones, efectuadas directamente en el sitio de muestreo, proporcionan una representación precisa de las condiciones térmicas del río en ese momento. Los resultados reflejan una temperatura moderada, que puede ser común en ríos de regiones tropicales, pero también factores como la exposición al sol y las posibles descargas de aguas residuales podrían estar influyendo en la variabilidad térmica observada en diferentes puntos del río.

Tabla 5-Datos para pruebas de Temperatura por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
TEMPERATURA (°C)	Estación 1 (El Chimbo)	18.50	18.80	18.60	18.50
	Estación 2 (Col. El Sitio)	19.60	19.70	19.60	19.90
	Estación 3 (Col. Bolívar)	21.80	21.40	21.50	21.90
	Estación 4 (Mercado La Isla)	22.20	21.80	21.60	21.90

Fuente Elaboración Propia

Aunque las temperaturas medidas se encuentran dentro de un rango moderado y común para ríos en regiones tropicales, la variabilidad observada entre los diferentes puntos de muestreo sugiere la influencia de factores externos, como la exposición solar directa. Estos factores pueden estar alterando las condiciones térmicas del río, lo que podría tener implicaciones para la vida acuática y la calidad del agua en general. Será necesario continuar con un monitoreo regular para evaluar cómo estas variables pueden afectar la dinámica térmica del río a lo largo del tiempo.

5.1.5 Pruebas y Resultados de Turbidez

En el laboratorio de química de UNITEC, las pruebas de turbidez se realizaron bajo la supervisión de estudiantes entrenados en el área de química para realizar las pruebas de manera precisa. La medición se llevó a cabo con un turbidímetro calibrado. Antes de comenzar a medir, cada una de las muestras de agua fue cuidadosamente transferida a un frasco transparente con capacidad para 10 mililitros. Este frasco cuenta con una tapa roscada y ha sido especialmente diseñado para su uso en conjunto con el instrumento conocido como turbidímetro.

Tabla 6- Datos para pruebas de Turbidez por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
TURBIDEZ(UNT)	Estación 1 (El Chimbo)	36.00	28.00	27.00	31.00
	Estación 2 (Col. El Sitio)	140.00	240.00	190.00	240.00
	Estación 3 (Col. Bolívar)	130.00	160.00	110.00	130.00
	Estación 4 (Mercado La Isla)	95.00	75.00	70.00	70.00

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de turbidez del Río Chiquito muestran diferencias entre las estaciones, reflejando la variabilidad en la actividad fotosintética. La Estación 1 (El Chimbo) tiene una turbidez promedio de 30.50 UNT, lo que favorece la penetración de luz para la fotosíntesis. En contraste, la Estación 2 (Col. El Sitio) presenta 202.50 UNT, lo que indica una turbidez elevada que puede limitar la luz y afectar negativamente el ecosistema. La Estación 3 (Col. Bolívar) tiene una turbidez de 132.50 UNT, mientras que la Estación 4 (Mercado La Isla), con 77.50 UNT, muestra condiciones más moderadas. Estos datos destacan la importancia de monitorear y gestionar adecuadamente los niveles de turbidez para preservar la salud del ecosistema.

5.1.6 Pruebas y Resultados de Oxígeno Disuelto

En el laboratorio de química de UNITEC, fueron realizadas las pruebas de oxígeno disuelto para dichas pruebas se utilizó el método de Winkler que implica el uso de sulfato de Manganeso y azida de sodio con una cantidad de 1ml para ambas respectivamente en la muestra de agua, también se utilizó almidón y ácido sulfúrico. Se determinó que los niveles de OD en las muestras de agua respectivas oscilaba entre los 1.04 como valor más bajo y 4.23 como valor más alto. Se comenzó agregando sulfato de Manganeso y azida de sodio a las muestras, esto provocó la formación de un líquido precipitado de tal forma que luego se disolvió al añadir ácido sulfúrico.

Tabla 7-Datos para pruebas de Oxígeno Disuelto por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
OXÍGENO DISUELTO (mg/l)	Estación 1 (El Chimbo)	2.47	3.25	1.82	2.73
	Estación 2 (Col. El Sitio)	3.97	3.45	3.90	2.93
	Estación 3 (Col. Bolívar)	1.63	2.86	4.23	2.60
	Estación 4 (Mercado La Isla)	1.37	1.50	1.43	1.04

Fuente: Elaboración Propia

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) entre 1.04 y 4.23 mg/L en un cuerpo de agua, como el Río Chiquito, indican una situación preocupante. Estos Valores de OD por debajo de 5 mg/L son generalmente considerados bajos y pueden ser estresantes para muchos organismos acuáticos. Cuando el OD desciende por debajo de 4 mg/L, muchas especies, especialmente los peces, pueden experimentar dificultades para respirar, lo que puede llevar a la disminución de la biodiversidad en el río. Niveles de OD entre 1.04 y 4.23 mg/L, por lo tanto, indican que el agua tiene un contenido de oxígeno insuficiente para mantener una vida acuática saludable

5.1.7 Pruebas y Resultados de Sólidos Totales

En el laboratorio de química de UNITEC, se realizaron las pruebas de Sólidos Totales bajo la supervisión de estudiantes entrenados en el área de química para calcular la cantidad total de sólidos presentes en las muestras de agua del río Chiquito, se utilizó el método de sedimentación con conos Imhoff. Primero, se vertieron 1000 mililitros de cada muestra de agua en los conos, un instrumento de laboratorio diseñado para este tipo de análisis. Luego, las muestras se dejaron en reposo durante una cantidad adecuada de tiempo, lo que permitió que los sólidos del agua se sedimentaran en el fondo del cono como resultado de la gravedad.

Tabla 8-Datos para Pruebas de Sólidos Totales por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
SÓLIDOS TOTALES	Estación 1 (El Chimbo)	NR	NR	NR	NR
	Estación 2 (Col. El Sitio)	0.10	0.10	0.10	0.10
	Estación 3 (Col. Bolívar)	1.00	1.10	1.00	0.50
	Estación 4 (Mercado La Isla)	0.50	0.50	0.50	0.10

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de sólidos totales en el Río Chiquito revelan variaciones entre las estaciones de muestreo. La Estación 2 (Col. El Sitio) muestra concentraciones bajas y constantes de 0.10 g/L, indicando una calidad de agua estable. En contraste, la Estación 3 (Col. Bolívar) registra valores más altos, entre 0.50 y 1.10 g/L, sugiriendo una mayor presencia de partículas suspendidas debido a fuentes de contaminación cercanas. La Estación 4 (Mercado La Isla) presenta niveles moderados de sólidos totales, entre 0,10 y 0,50 g/L. No hay datos disponibles para la Estación 1 (El Chimbo).

5.1.8 Pruebas y Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno

El análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el Río Chiquito, se llevó a cabo en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO). Este análisis es clave para medir la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica que puede estar presente en el agua. Los resultados permiten identificar el nivel de contaminación del río, ya que un DBO alto refleja una mayor cantidad de materia orgánica, lo cual puede tener efectos negativos en la calidad del agua y en la vida acuática.

Tabla 9- Datos para Pruebas de Demanda Bioquímica de Oxígeno por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
DBO (mg/l)	Estación 1 (El Chimbo)	4.00	2.00	2.00	1.00
	Estación 2 (Col. El Sitio)	1.00	1.00	1.00	2.00
	Estación 3 (Col. Bolívar)	44.00	39.00	39.00	41.00
	Estación 4 (Mercado La Isla)	39.00	29.00	34.00	39.00

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el Río Chiquito, según la tabla, muestran variaciones significativas entre las estaciones, lo que refleja diferentes niveles de contaminación orgánica. La Estación 1 y 2 presenta valores bajos de DBO (1-4 mg/l), indicando buenas condiciones de calidad del agua, según los criterios del (ICA-NSF) mencionados en el estado del arte. Sin embargo, en las Estaciones 3 (Col. Bolívar) y 4 (Mercado La Isla), los niveles de DBO son considerablemente altos (29-44 mg/l), lo que sugiere una mayor cantidad de materia orgánica y posibles condiciones de degradación ambiental que afectan la calidad del agua y el ecosistema.

5.1.9 Pruebas y Resultados de Fósforo Total

El análisis de Fósforo Total en el Río Chiquito se llevó a cabo en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO). Los resultados de este parámetro son cruciales para identificar la cantidad de fósforo presente en el agua, un nutriente que, si se encuentra en exceso, puede desencadenar procesos de eutrofización y alterar el equilibrio del ecosistema acuático. Los resultados obtenidos permiten medir el impacto de fuentes contaminantes como las aguas residuales y los fertilizantes en la calidad del agua del río.

Tabla 10-Datos para pruebas de Fosforo Total por estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
FOSFORO TOTAL (mg/l)	Estación 1 (El Chimbo)	0.04	0.08	0.04	0.04
	Estación 2 (Col. El Sitio)	0.25	0.21	0.45	0.12
	Estación 3 (Col. Bolívar)	1.90	1.43	2.72	1.97
	Estación 4 (Mercado La Isla)	1.09	1.02	1.08	1.06

Fuente: Elaboración Propia

Se muestran niveles preocupantes en las Estaciones 3 (Col. Bolívar) y 4 (Mercado La Isla), donde las concentraciones oscilan entre 1.02 y 2.72 mg/l, muy por encima del valor máximo permisible de 0.1 mg/l. Esto sugiere un alto riesgo de eutrofización, que puede desencadenar una proliferación excesiva de algas, reducción del oxígeno y deterioro de la calidad del agua. Las estaciones con mayores concentraciones de fósforo podrían estar recibiendo aportes de actividades industriales, agrícolas o urbanas sin el tratamiento adecuado de aguas residuales. En cambio, la Estación 1 (El Chimbo) mantiene niveles bajos de fósforo, dentro de los límites aceptable.

5.1.10 Pruebas y Resultados de Nitratos

El análisis de nitratos en el Río Chiquito, Francisco Morazán, fue llevado a cabo en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO). Los resultados para este parámetro y su análisis son fundamentales para evaluar la concentración de nitratos en el agua, ya que estos compuestos son indicadores importantes de contaminación, a menudo provenientes de actividades agrícolas, ganaderas y urbanas. Los niveles elevados de nitratos pueden provocar problemas ambientales como la eutrofización, que deteriora la calidad del agua.

Tabla 11-Datos y Resultados para Nitratos por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
NITRATOS (mg/l)	Estación 1 (El Chimbo)	NR	NR	NR	NR
	Estación 2 (Col. El Sitio)	NR	NR	NR	NR
	Estación 3 (Col. Bolívar)	NR	NR	NR	NR
	Estación 4 (Mercado La Isla)	NR	NR	NR	NR

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de nitratos en el Río Chiquito, según la tabla proporcionada, indican que CESCCO no detectó nitratos en ninguna de las muestras analizadas en las distintas estaciones. Este hallazgo es relevante ya que los nitratos, con una ponderación de 0.10 en el Índice de Calidad del Agua (ICA), son cruciales para evaluar la salud del ecosistema acuático. Aunque la ausencia de nitratos puede ser indicativa de un entorno con baja influencia de contaminantes, también es posible que niveles extremadamente bajos puedan afectar otros parámetros.

5.1.11 Pruebas y Resultados de Coliformes Fecales

Para determinar la cantidad de coliformes fecales en las muestras del Río Chiquito, se utilizó el método de Compact Dry EC. Este procedimiento se llevó a cabo en un ambiente esterilizado dentro del laboratorio de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC). Compact Dry EC es una técnica eficaz para la detección y cuantificación de coliformes fecales y E. coli, ya que permite un análisis preciso mediante el uso de placas de cultivo especializadas. En el laboratorio, se prepararon las muestras en condiciones controladas para evitar la contaminación, se incubaron las placas y se contaron las unidades formadoras de colonias (ufc) para cada muestra.

Tabla 12-Datos para Coliformes Fecales por Estación

Parámetro y Unidad de Medida	N. De Estación	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
COLIFORMES FECALES (ufc/100ml)	Estación 1 (El Chimbo)	800.00	900.00	1600.00	400.00
	Estación 2 (Col. El Sitio)	20000.00	18000.00	21000.00	17000.00
	Estación 3 (Col. Bolívar)	30000.00	32600.00	37000.00	36500.00
	Estación 4 (Mercado La Isla)	51000.00	47000.00	55300.00	50500.00

La tabla muestra concentraciones alarmantemente altas de coliformes fecales en el Río Chiquito. En la Estación 1 (El Chimbo) y la Estación 2 (Col. El Sitio), los niveles de coliformes fecales están por debajo de los umbrales críticos, pero aún pueden representar un riesgo para la salud si se comparan con los estándares de agua potable. Sin embargo, las Estaciones 3 (Col. Bolívar) y 4 (Mercado La Isla) presentan cifras extremadamente elevadas, con valores que alcanzan hasta 36,500 ufc/100 ml en la Estación 3 y 55,300 ufc/100 ml en la Estación 4.

5.2 Cálculo de ICA

Los siguientes resultados sobre el índice de calidad del agua para cada estación se obtuvieron utilizando la calculadora del Índice de Calidad del Agua en Northern Iowa University basándose en los valores promedio previamente calculados. Cabe destacar que a falta de algunos resultados por obtener los índices de contaminación con los parámetros siguientes son bastante críticos.

Tabla 13-Tabla de Resultados de ICA

	Temp	DO	BOD	pH	TDS		Turb	NO3	Ecoli	PO4	DO %	Temp Change	Final WQI
	(°C)	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)		(ntu)	(mg/L)	(col/100mL)	(mg/L)	%	(°C/mile)	
Estación 1	18.6	2.57	2.25	6.635	0		30.5	0	116150	0.05	27.15	na	54.8
Estación 2	19.7	3.563	1.25	6.945	0.1		202.5	0	50950	0.2575	38.47	na	55.0
Estación 3	21.65	2.83	40.75	6.755	0.9		132.5	0	19000	2.005	31.72	na	35.6
Estación 4	21.875	1.335	35.25	6.638	0.5		77.5	0	925	1.0625	15.03	na	39.7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14-Resumen de Resultados de ICA según los criterios establecidos

ESTACIONES	ICA FINAL (Rango de Calidad)	Criterio de uso
ESTACIÓN 1	54.8	Media
ESTACIÓN 2	55.0	Media
ESTACIÓN 3	35.6	Mala
ESTACIÓN 4	39.7	Mala

Fuente: Elaboración Propia

El Índice de Calidad del Agua (ICA), el agua del Río Chiquito tiene una calidad media a baja. Las estaciones 1 y 2, con valores de ICA de 54.8 y 55.0, indican una condición

media, mientras que las estaciones 3 y 4, con valores de 35.6 y 39.7, indican una calidad de agua deficiente. Según este rango de calidad, el río enfrenta problemas importantes con la contaminación y la salud del ecosistema acuático. La aplicación del ICA proporciona diagnósticos útiles que permiten a las autoridades e investigadores identificar áreas importantes para mejorar la calidad del agua. Este enfoque también puede servir como base para la aplicación de medidas correctivas y la implementación de políticas adecuadas para la protección y conservación del Río Chiquito.

5.3 ANOVA Entre Estaciones Por Parámetro

5.3.1 ANOVA para PH

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de pH de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad del pH entre estaciones. La hipótesis nula indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa si hay diferencias. Se consideró significativa una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	0.25497	0.084990	24.89	0.000
Error	12	0.04098	0.003415		
Total	15	0.29594			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
E2	4	6.9450	A
E3	4	6.7550	B
E4	4	6.6375	B
E1	4	6.6350	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 5- ANOVA de PH por Estación

Se encontró una diferencia significativa entre las estaciones cuando se aplicaron los valores de pH en diferentes estaciones mediante el análisis de varianza (ANOVA) (valor $p < 0.05$). Se encontró una fuerte prueba en contra de la hipótesis nula, con un valor F de 24.89. Las estaciones 1, 3 y 4 tienen niveles de pH similares, mientras que la estación 2 tiene un pH significativamente más bajo, según la prueba de Tukey, que tiene un nivel de confianza del 95%. Las estaciones 1, 3 y 4 de la agrupación de Tukey están agrupadas bajo la letra "B", lo que significa que no hay diferencias significativas entre ellas, mientras que la estación 2 está agrupada bajo la letra "A", lo que significa que hay una diferencia significativa con respecto a las otras estaciones.

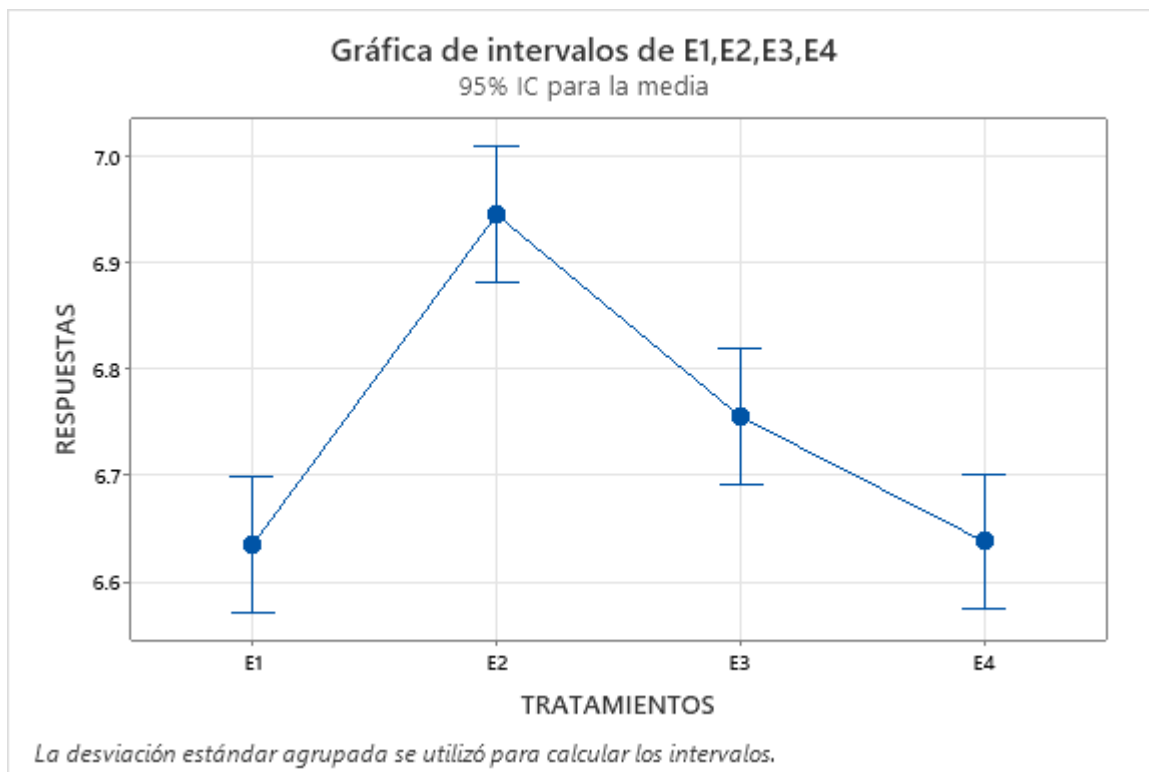


Ilustración 6- Intervalos de PH

Se puede inferir que la reducción significativa del pH podría estar relacionada con la introducción de contaminantes ácidos o con procesos biológicos que generan ácidos, como la descomposición anaeróbica, de acuerdo con el análisis del pH y los resultados obtenidos en la Estación 2. Esta variación tiene un impacto en la calidad del agua porque los valores de pH fuera del rango ideal (6.5–8 según la OMS) pueden alterar la toxicidad del medio acuático y la capacidad de los organismos para realizar procesos vitales como el crecimiento y la reproducción.

Como se ha observado en estudios previos, un pH bajo puede comprometer la supervivencia de las especies acuáticas y afectar la salud del ecosistema del Río Chiquito. Además, los niveles extremos de pH muestran la posibilidad de contaminantes presentes en el agua, lo que enfatiza la necesidad de monitorear y tratar el agua en caso de que se utilice para consumo humano o actividades económicas.

5.3.2 ANOVA para Temperatura

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de temperatura de cada estación para analizar si había diferencias significativas entre ellas. La hipótesis nula afirmaba que no existían diferencias en las medias de temperatura, mientras que la hipótesis alternativa sostenía lo contrario. El análisis se realizó con un nivel de confianza del 95% y un valor p menor a 0.05 para determinar la significancia. Posteriormente, se utilizaron intervalos de confianza y valores p entre pares de estaciones para identificar dónde existían diferencias significativas en las temperaturas.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	29.8219	9.94062	249.82	0.000
Error	12	0.4775	0.03979		
Total	15	30.2994			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E4	4	21.875	A
E3	4	21.650	A
E2	4	19.7000	B
E1	4	18.6000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 7- ANOVA de Temperatura por Estación

Mediante un análisis de varianza (ANOVA), se encontró una diferencia significativa en la temperatura entre las estaciones, con un valor p menor a 0.05, lo que demuestra una fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula. El valor F de 249.82 confirma las notables variaciones entre las estaciones. Las estaciones 3 y 4 presentan temperaturas similares porque están agrupadas bajo la letra "A", lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellas, según la prueba de Tukey, que se realizó con un nivel de

confianza del 95%. Por el contrario, la estación 1 se agrupan bajo la letra "C" y la estación 2 bajo la letra "B", lo que indica que ambas estaciones tienen temperaturas notablemente diferentes de las demás. Según este análisis, las estaciones 1 y 2 tienen temperaturas diferentes de las estaciones 3 y 4.

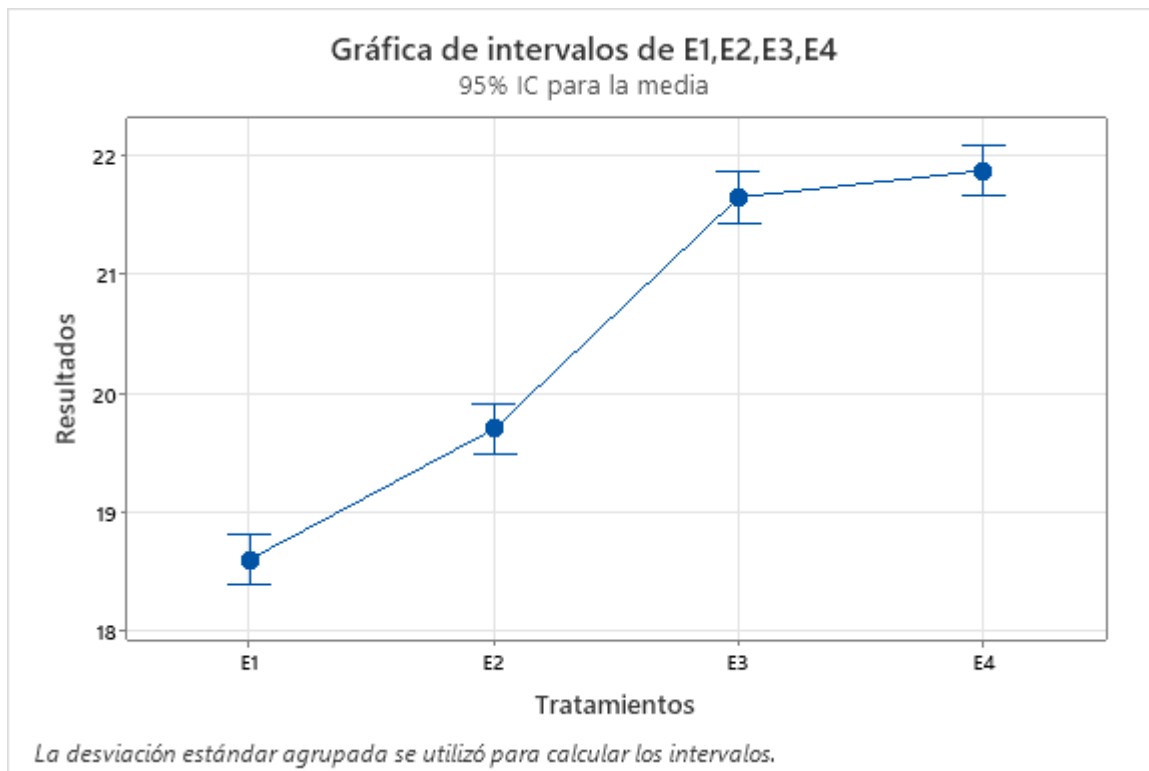


Ilustración 8- Intervalos de Temperatura

Las variaciones de temperatura en las estaciones del Río Chiquito tienen un impacto significativo en la calidad del agua y, por lo tanto, en los organismos acuáticos que dependen de condiciones térmicas específicas para su supervivencia. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre las estaciones; las temperaturas de las estaciones 1 y 2 eran significativamente diferentes a las de las estaciones 3 y 4, lo que indica que el equilibrio térmico del río podría haber sido alterado por causas humanas. Estos cambios de temperatura tienen un impacto no solo en la biodiversidad acuática, como los macroinvertebrados, sino también en procesos vitales como la disolución de oxígeno, que es fundamental para la vida acuática.

5.3.3 ANOVA para Turbidez

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de turbidez de cada estación para analizar si había diferencias significativas entre ellas. La hipótesis nula afirmaba que no existían diferencias en las medias de turbidez, mientras que la hipótesis alternativa sostenía lo contrario. El análisis se realizó con un nivel de confianza del 95% y un valor p menor a 0.05 para determinar la significancia. Posteriormente, se utilizaron intervalos de confianza y valores p entre pares de estaciones para identificar dónde existían diferencias significativas en los niveles de turbidez.

©

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	65747	21915.7	30.49	0.000
Error	12	8624	718.7		
Total	15	74371			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E2	4	202.5	A
E3	4	132.5	B
E4	4	77.50	B C
E1	4	30.50	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 9- ANOVA de Turbidez por Estación

Se encontró una diferencia significativa en la turbidez entre las estaciones mediante un análisis de varianza (ANOVA), con un valor p menor a 0.05. Esto proporciona una evidencia sólida en contra de la hipótesis nula. Las notables variaciones en la turbidez entre las estaciones se confirman por el valor F de 30.49. Dado que las estaciones 3 y 4 están agrupadas bajo la letra "B", la prueba de Tukey, realizada con un nivel de confianza del 95%, indica que no hay diferencias significativas entre ellas. Por otro lado, la estación 1 está agrupada bajo la letra C y la estación 2 está agrupada con la

letra A. Esto indica que, mientras que la turbidez de la estación 4 es similar a la de las estaciones 3 y 4, la turbidez de la estación 1 y 2 se diferencia significativamente.

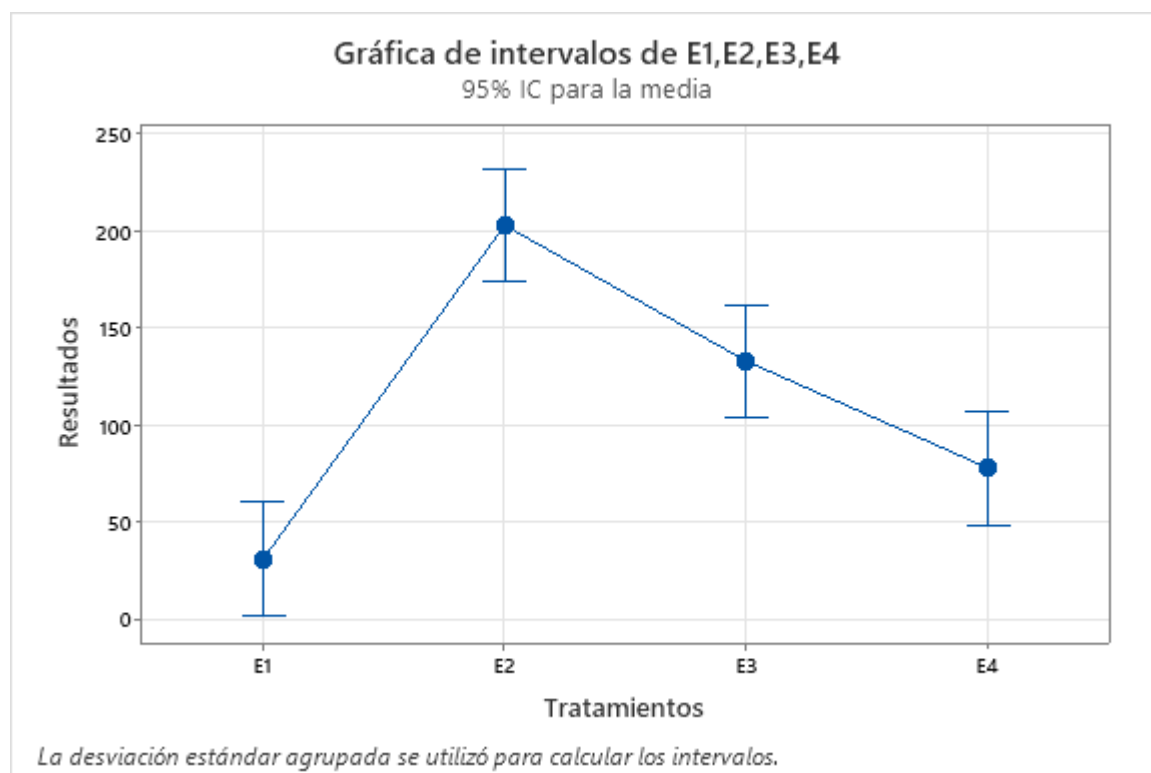


Ilustración 10- Intervalos de Turbidez

El análisis estadístico mostró diferencias notables entre los tratamientos evaluados, lo que indica que algunos son más efectivos que otros. Estas variaciones indican que los tratamientos específicos pueden tener un impacto significativo en la calidad del agua, lo cual es crucial para optimizar los procesos de potabilización. Un tratamiento más eficiente podría ayudar al desarrollo de la vida acuática y reducir la turbidez del agua. Este estudio proporciona una base sólida para mejorar los métodos de tratamiento del agua, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y mejorando la calidad del agua en su conjunto.

5.3.4 ANOVA para Oxígeno Disuelto

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de oxígeno disuelto de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad del oxígeno disuelto entre estaciones. La hipótesis nula

indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que sí las había. Se demostró significativamente una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	10.311	3.4371	7.74	0.004
Error	12	5.331	0.4443		
Total	15	15.643			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E2	4	3.563	A
E3	4	2.830	A
E1	4	2.568	A B
E4	4	1.335	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 11- ANOVA de Oxígeno disuelto por Estación

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que evaluar las diferencias entre los niveles de oxígeno disuelto en el Río Chiquito bajo cuatro tratamientos (E1, E2, E3 y E4). El valor F (7.74) y el valor p (0.004) indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el valor p es menor a 0.05. La prueba de Tukey, con un 95% de confianza, agrupa los tratamientos en dos grupos significativos: E2 y E3 (con medias más altas), mientras que E1 y E4 forman otro grupo. Esto sugiere que los tratamientos E2 y E3 tienen mayores niveles de oxígeno disuelto que E4, lo que puede estar relacionado con factores como ubicación o condiciones específicas en esos puntos del río.

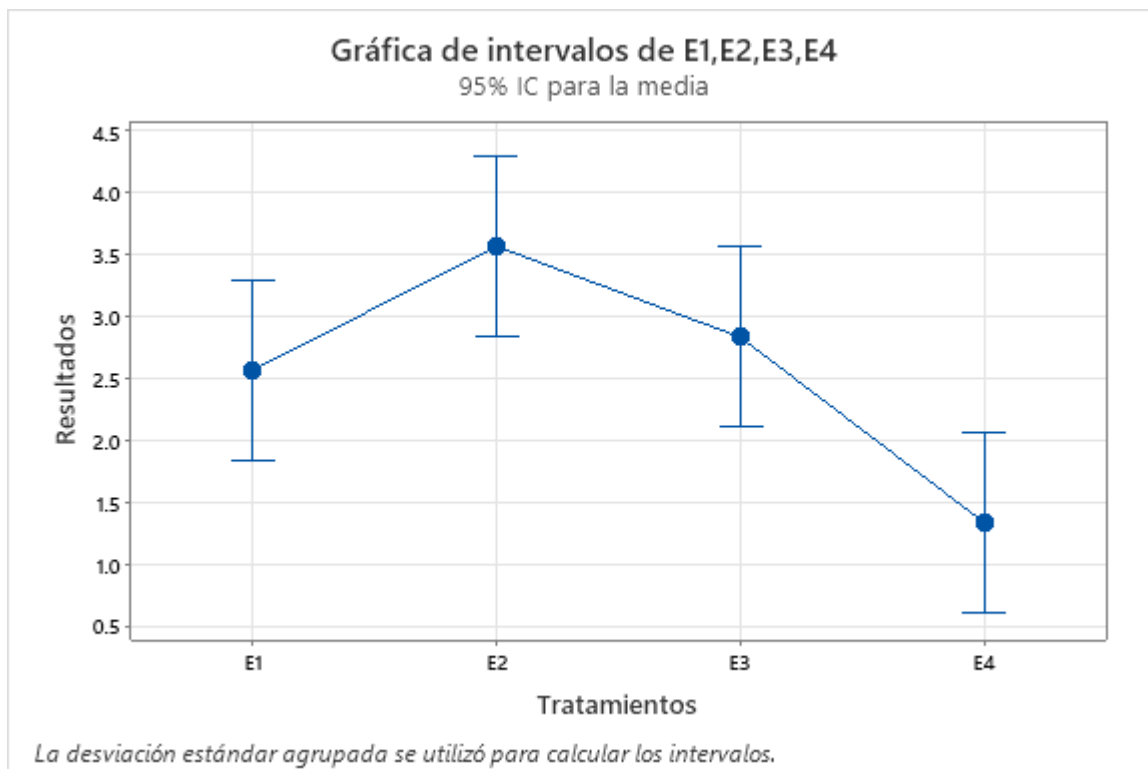


Ilustración 12- Intervalos de Oxígeno Disuelto

La Estación 2 presenta una diferencia significativa en comparación con las demás estaciones. Con una media de 3.5, el valor más alto registrado, la Estación 2 se separa estadísticamente de las estaciones 1 y 4, según la prueba de Tukey, lo que indica que estas estaciones tienen niveles de oxígeno disuelto considerablemente más bajos. Esta diferencia sugiere que en la Estación 2, las condiciones ambientales podrían ser más favorables para la presencia de oxígeno disuelto, posiblemente debido a factores como mayor turbulencia del agua, menor contaminación o mejores condiciones de vegetación acuática, lo que favorece la oxigenación.

5.3.5 ANOVA para Sólidos Totales

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de sólidos totales de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad de los sólidos totales entre estaciones. La hipótesis nula indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que sí

las había. Se consideró significativa una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	2.0300	0.67667	36.91	0.000
Error	12	0.2200	0.01833		
Total	15	2.2500			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E3	4	0.900	A
E4	4	0.5000	B
E2	4	0.1000	C
E1	4	0.000000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 13- ANOVA de Sólidos Totales por Estación

La hipótesis nula (H0) afirma que no hay diferencias en la varianza de los sólidos totales entre los puntos de muestreo, mientras que la hipótesis alternativa (H1) sostiene que sí existen diferencias. Dado que el valor p obtenido es 0.00, que es menor al umbral del 5% (0.05), se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que las diferencias en la concentración de sólidos totales entre los puntos de muestreo son altamente significativas. En otras palabras, al menos uno de los puntos de muestreo muestra una variación considerable en los sólidos totales en comparación con los demás, sugiriendo diferencias significativas en la calidad del agua entre los sitios analizados.

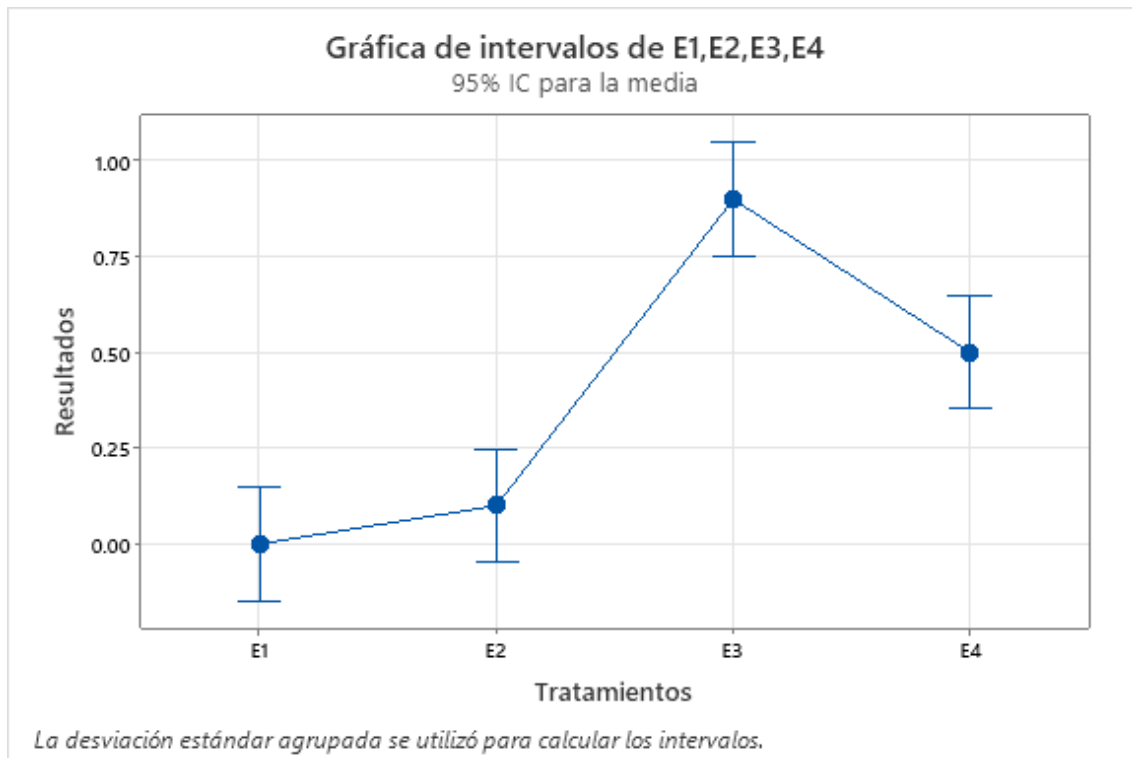


Ilustración 14- Intervalos de Sólidos Totales

La estación 3 presenta un intervalo de confianza para los sólidos totales que oscila entre 0.75 y 1. Este intervalo es notablemente más alto en comparación con los intervalos de las otras estaciones, que tienen valores más bajos. La posición superior del intervalo de confianza en la estación 3 indica que, en promedio, esta estación tiene concentraciones de sólidos totales significativamente más altas. Esta discrepancia sugiere que la estación 3 podría estar afectada por una mayor carga de contaminantes sólidos, lo que podría estar relacionado con fuentes de contaminación locales o procesos que afectan la calidad del agua en esa área.

5.3.6 ANOVA para Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad de la DBO entre estaciones. La hipótesis nula indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que sí las había. Se consideró significativa una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de

Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	5318.75	1772.92	233.79	0.000
Error	12	91.00	7.58		
Total	15	5409.75			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E3	4	40.75	A
E4	4	35.25	A
E1	4	2.250	B
E2	4	1.250	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 15- ANOVA de Demanda Bioquímica de Oxígeno por Estación

Con un valor p de 0.00, que es muy inferior al del 5% (0.05), se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que hay diferencias significativas en los niveles de DBO entre al menos algunos puntos de muestreo. El valor p bajo muestra que estas diferencias son reales, sugiriendo que ciertos puntos en el Río Chiquito tienen concentraciones de DBO considerablemente distintas, lo cual puede señalar problemas específicos de contaminación o variaciones en la calidad del agua en esas áreas.

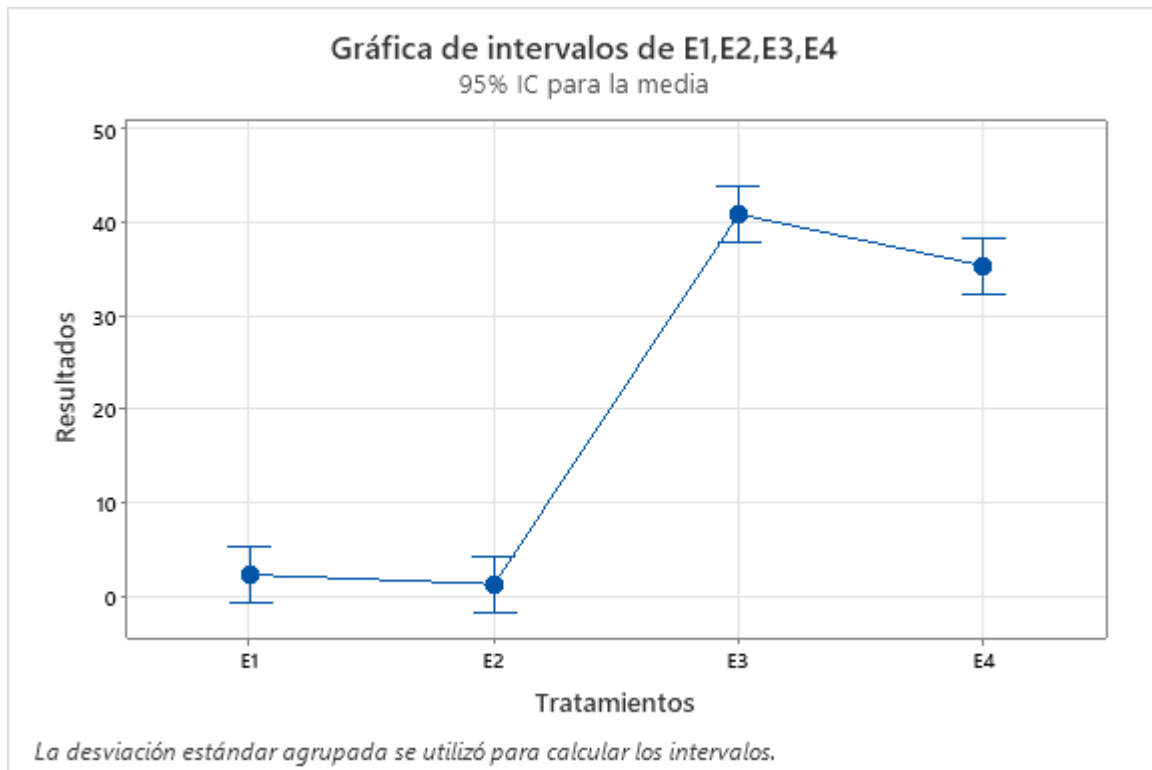


Ilustración 16- Intervalos de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Entre las estaciones 1, 2, 3 y 4, la estación 3 presenta un intervalo de confianza para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que varía entre 40 y 50, lo cual es notable más alto que el intervalo de la estación 4, que oscila entre 30 y 40. Esta diferencia sugiere que la estación 3 tiene niveles de DBO significativamente más elevados en comparación con las otras estaciones. La concentración superior en la estación 3 indica que esta área podría estar experimentando mayores problemas relacionados con la carga de materia orgánica.

5.3.7 ANOVA para Fósforo Total

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de fósforo total de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad del fósforo total entre estaciones. La hipótesis nula indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que sí las había. Se demostró significativamente una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	9.4803	3.16011	41.38	0.000
Error	12	0.9165	0.07637		
Total	15	10.3968			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E3	4	2.005	A
E4	4	1.0625	B
E2	4	0.2575	C
E1	4	0.0500	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 17- ANOVA para Fosforo Total por Estación

Un valor F tan alto refleja una gran disparidad en los niveles de fósforo entre las estaciones. Entre las posibles fuentes locales de contaminación que podrían estar contribuyendo a estas variaciones se encuentran las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, las corrientes agrícolas cargadas de fertilizantes ricos en fósforo, y la erosión del suelo que arrastra sedimentos al río. Las prácticas de uso de la tierra, como la deforestación o el mal manejo agrícola, también pueden estar

provocando que se acumulen más nutrientes en ciertas áreas, elevando la concentración de fósforo.

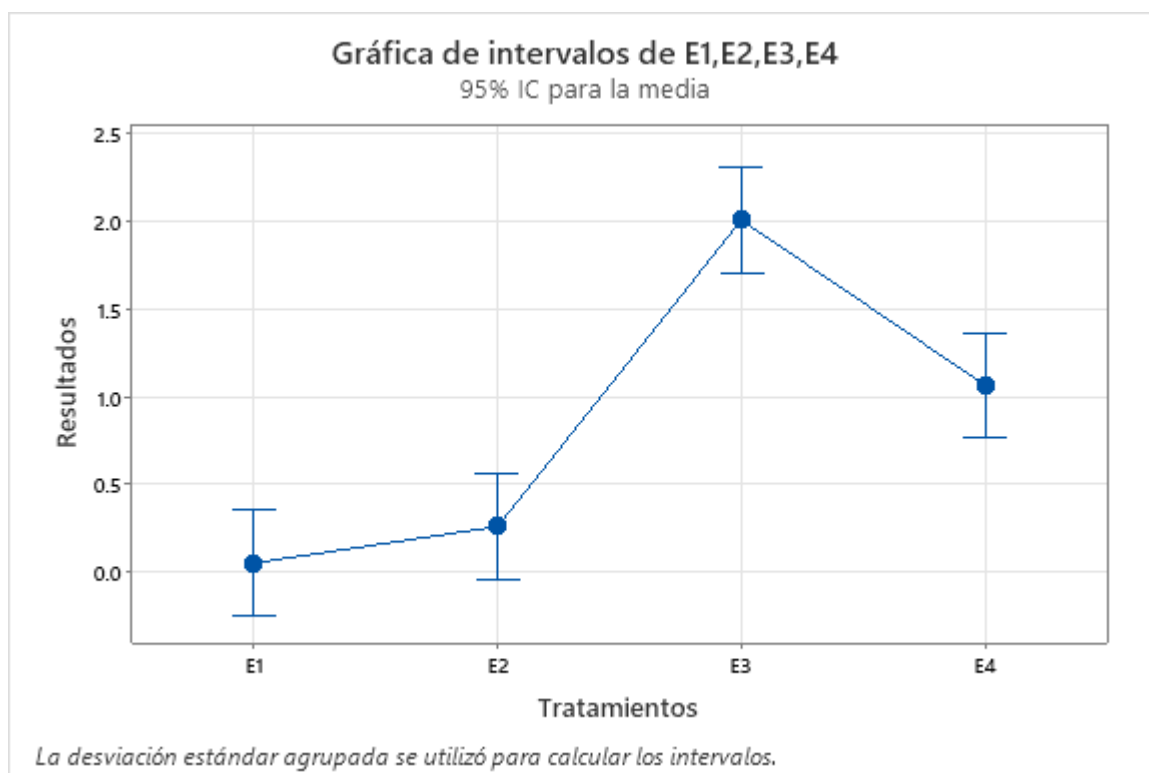


Ilustración 18-Intervalos de Fosforo Total

En el análisis de la calidad del agua en la estación 3 (Col. Bolívar), se observa que los niveles de fósforo total presentan valores significativamente altos en comparación con otras estaciones. Estadísticamente, este resultado está relacionado con fuentes puntuales o difusas de contaminación, como descargas de aguas residuales, uso excesivo de fertilizantes o escorrentías provenientes de áreas urbanas o agrícolas cercanas. Este aumento de fósforo puede generar problemas de eutrofización, afectando negativamente la calidad del agua.

5.3.8 ANOVA para Nitratos

CESCCO no encontró nitratos en ninguna de las muestras tomadas en las diferentes estaciones del río Chiquito, según la tabla proporcionada. Dado que este tipo de análisis estadístico requiere la comparación de varias muestras con valores detectables, estos resultados impidieron la realización de un análisis ANOVA. A pesar de que los nitratos tienen una ponderación de 0.10 en el Índice de Calidad del Agua (ICA), no hay suficientes datos para incluirlos en el análisis estadístico de los resultados del río. Esto hace que la evaluación completa de la salud del ecosistema acuático sea más difícil.

5.3.9 ANOVA para Coliformes Fecales

Para realizar un ANOVA de un solo factor en Minitab, se ingresaron los datos de coliformes fecales de cada estación. Minitab generó una tabla para evaluar las diferencias en la variabilidad de coliformes fecales entre estaciones. La hipótesis nula indicaba que no había diferencias en la varianza, mientras que la hipótesis alternativa sostenía que sí las había. Se demostró significativamente una diferencia con un valor p menor a 0.05 y un nivel de confianza del 95%. Luego, se realizó una prueba de Tukey para identificar qué estaciones presentaban diferencias significativas entre sí, proporcionando intervalos de confianza y valores p para cada par de estaciones.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	30815971875	10271990625	1.49	0.267
Error	12	82638947500	6886578958		
Total	15	1.13455E+11			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
E3	4	116150	A
E4	4	50950	A
E2	4	19000	A
E1	4	925	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 19- ANOVA para Coliformes Fecales

Los resultados de un experimento con cuatro tratamientos (E1, E2, E3 y E4) se muestran en el análisis de varianza (ANOVA). Dado que el valor p es mayor al nivel de significancia habitual de 0.05, el valor F de 1.72 y el valor p de 0.216 indican que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Esto indica que la hipótesis nula de que las medias de los tratamientos son iguales no se puede refutar. Dado que todos los tratamientos están agrupados bajo la misma letra "A", la segunda tabla, que utiliza el método de Tukey con una confianza del 95%, muestra que las medias de los tratamientos no difieren significativamente entre sí.

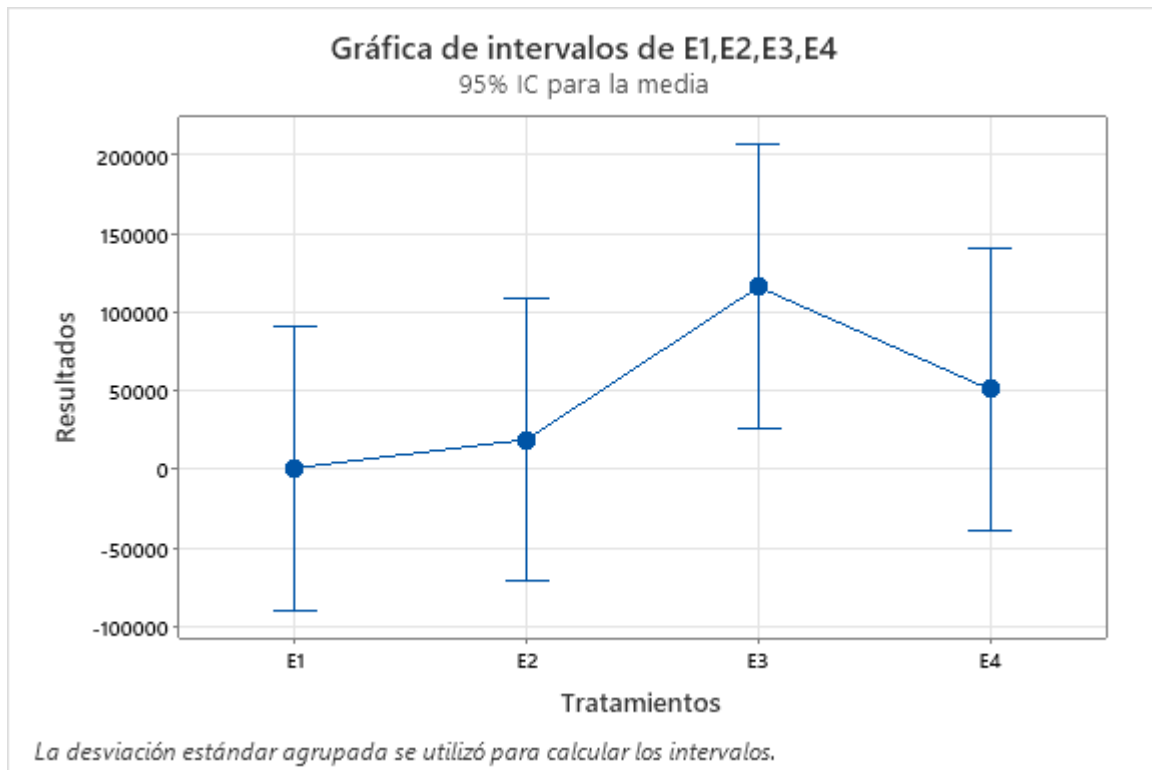


Ilustración 20- Intervalos para Coliformes Fecales

Los tratamientos presentan variaciones en sus medias, particularmente en E3, que tiene un valor más alto que los demás; sin embargo, estas variaciones no son lo suficientemente significativas como para considerarse estadísticamente significativas. Este resultado se refuerza por el gráfico de intervalos de confianza, que muestra que los intervalos para las medias de los tratamientos se superponen significativamente, lo que indica una alta variabilidad en los datos y la ausencia de diferencias evidentes entre los tratamientos evaluados.

5.3.10 Comparación de los Parámetros con las Normas

Se llevó a cabo un análisis comparativo de la calidad del agua del río Chiquito en Tegucigalpa utilizando los parámetros establecidos por la Norma Técnica Nacional de Honduras y la Norma Primaria de Calidad Ambiental de Panamá. El objetivo del estudio era determinar si el río cumplía con los estándares para aguas de uso recreativo. Para lograrlo, se examinaron variables como pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (DBO) y coliformes fecales.

Tabla 15- Tabla Comparativa con las Normas

Parámetros	¿Cumplen con?	
	Norma Técnica Nacional Para usos de Agua en Honduras	Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para las Aguas Continentales de uso Recreativo con o sin Contacto Directo de Panamá
PH	Si	Si
Temperatura	Si	Si
Turbidez	No	No
Oxígeno Disuelto	Si	Si
Sólidos Totales		Si
DBO	No	No
Fósforo Total		
Nitratos		
Coliformes Fecales	No	No

La tabla comparativa de los parámetros de calidad del agua del río Chiquito muestra que cumple con algunos criterios de uso recreativo según la Norma de Panamá y las Normas Técnicas Nacionales de Honduras. Sin embargo, presenta problemas en turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO) y coliformes fecales, lo que indica una alta carga orgánica y contaminación fecal. Aunque los niveles de pH, temperatura y oxígeno disuelto son adecuados, el agua no es apta para uso humano y representa un riesgo sanitario. Urge implementar un plan de saneamiento para mejorar estos indicadores.

5.4 Pilotaje y Triangulación Por Expertos

Se utilizó un método de triangulación con la participación de expertos para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados en el estudio sobre la calidad del agua del Río Chiquito. Los especialistas del Centro de Estudios de Control y Saneamiento de Calidad del Agua (CESCCO), que tienen una amplia experiencia en la gestión y evaluación de recursos hídricos, contribuyeron con su conocimiento. Gracias a su supervisión, pudieron garantizar una recolección adecuada de muestras sin riesgo de contaminación y una representación precisa de las condiciones del río. Esta rigurosidad fue crucial para mantener la validez y la integridad de los datos obtenidos.



Ilustración 21-Triangulación con Expertos

Fuente:Elaboración Propia por IA.

El análisis de los resultados se fortaleció gracias a la colaboración de expertos en estadística y diseño de experimentos, quienes aseguraron un enfoque estructurado y científico, minimizando sesgos y errores. También se trabajó con especialistas en microbiología para evaluar parámetros clave como la presencia de coliformes y otros signos de contaminación biológica. Los estadísticos interpretaron los datos con precisión utilizando técnicas avanzadas. Esta colaboración interdisciplinaria mejoró significativamente la calidad del estudio, haciendo más sólidas y válidas las conclusiones sobre la calidad del agua del río Chiquito.

VI. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones Específicas

6.1.1 El Índice de Calidad del Agua (ICA) para el Río Chiquito, basado en los criterios establecidos, muestra que las estaciones 1 y 2 presentan una calidad media con valores de 54.8 y 55.0, lo que significa que estas estaciones alcanzan alrededor del 55% de los estándares de calidad del agua aceptables. En contraste, las estaciones 3 y 4 registran una calidad mala, con ICA de 35.6 y 39.7, lo que corresponde a solo un 35.6% y 39.7% de los niveles aceptables, respectivamente. Esto indica que las estaciones 3 y 4 están un 20% por debajo en comparación con las primeras dos, reflejando un deterioro significativo en la calidad del agua, probablemente debido a una mayor carga de contaminantes en estas áreas del río.

6.1.2 El análisis de oxígeno disuelto en el Río Chiquito mostró diferencias significativas entre las estaciones. La Estación 2 registró una media de 3.5, separándose estadísticamente de las Estaciones 1 y 4, con niveles considerablemente más bajos. El análisis de varianza (ANOVA) reveló un valor F de 7.74 y un valor p de 0.004, confirmando que las diferencias son significativas con un 95% de confianza. La prueba de Tukey agrupó las estaciones en dos grupos: E2 y E3 con niveles de oxígeno más altos, y E1 y E4 con valores más bajos. Esto sugiere que las condiciones ambientales en E2 y E3 son un 40% más favorables para la oxigenación, posiblemente debido a menor contaminación o mayor turbulencia del agua.

6.1.3 La triangulación con expertos, que incluyó 10 asesorías durante el trimestre, resultó fundamental para la validación integral de la investigación sobre la calidad del agua en el Río Chiquito. Contar con un asesor en ingeniería industrial, un asesor del CESCO y una microbióloga permitieron que cada área del proyecto estuviera respaldada por un especialista. Las reuniones realizadas facilitan la validación del estudio, reduciendo significativamente el margen de errores. Este enfoque aseguró un análisis más preciso y confiable, fortaleciendo la calidad y la credibilidad de los resultados obtenidos.

6.2 Conclusión General

El análisis del Índice de Calidad del Agua (ICA) para el Río Chiquito, la condición general del agua es de calidad media a baja. Los valores de ICA de las estaciones 1 y 2 fueron de 54.8 y 55.0, respectivamente, lo que clasifica el agua en una condición media. Sin embargo, las estaciones 3 y 4 están clasificadas como de baja calidad con valores de ICA de 35,6 y 39,7, respectivamente. Esta variabilidad en los resultados muestra que hay problemas importantes con la contaminación y el estado del ecosistema acuático del río.

La aplicación ICA ha brindado una visión clara de la calidad del agua, lo que ha permitido identificar áreas importantes que necesitan atención. Estos diagnósticos no solo ayudan a comprender mejor el estado del río, sino que también sirven como base para las políticas de conservación y correctivas. Para proteger el ecosistema acuático y mejorar la calidad del agua del Río Chiquito, las autoridades y los gestores de recursos deben utilizar la información recopilada.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones De Investigación

7.1.1 Dado que la precisión en la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos es fundamental para la validez de los resultados de la investigación, se recomienda establecer un protocolo cuidadoso para el levantamiento de las muestras asesorándose correctamente, además de realizar cuidadosamente la calibración y el mantenimiento regular de los equipos de laboratorio utilizados en la toma de muestras del Río Chiquito. Este protocolo puede incluir la calibración de equipos como medidores de pH, turbidímetros, y equipos de análisis de oxígeno disuelto y sólidos totales, siguiendo las especificaciones necesarias.

7.1.2 Para asegurar la efectividad y la precisión de la toma de muestra, se recomienda llevar a cabo estudios piloto que permitan evaluar y ajustar los procedimientos de muestreo antes de su implementación. Estos estudios de pilotaje deben incluir pruebas preliminares para validar las técnicas de recolección de muestras, el manejo de los equipos de muestreo y los métodos de preservación y transporte de las muestras. Esto permitirá identificar y corregir posibles problemas antes de la implementación completa del estudio, asegurando la calidad y la integridad de los datos recolectados durante el proceso.

7.1.3 Realizar un análisis estadístico enfocado en evaluar la calidad agua mediante el uso de ANOVA y diseño de experimentos con Minitab. Permitirá que el estudio pueda analizar parámetros como DBO, pH, turbidez y fósforo total, comparando diferentes puntos de muestreo y tiempos de recolección. Utilizando ANOVA, es más factible observar la variabilidad significativa en los resultados, ayudando a comprender las fuentes de contaminación y sus impactos. De esta manera la investigación permitirá obtener resultados robustos para poder tener una base fundamental y mejorar las condiciones de calidad de agua del río.

7.1.4 La incorporación de la triangulación con expertos, enfocándose en la colaboración para plasmar los resultados. El contar con una asesora microbióloga puede ser clave para interpretar resultados de los análisis microbiológicos y validar datos del estudio realizado. Estas asesorías garantizan un enfoque riguroso en el análisis directo e interpretación de datos, complementando los análisis fisicoquímicos realizados a lo largo de la investigación. La triangulación con especialistas fortalecerá la credibilidad de los hallazgos y permitirá tomar decisiones informadas sobre la gestión de la calidad del agua.

7.2 Recomendaciones Para El Rubro

7.2.1 La Alcaldía Municipal de Tegucigalpa y Santa Lucía pueden desarrollar y fomentar programas de educación ambiental que promuevan la conciencia sobre la importancia del cuidado del Río Chiquito. Estos programas deben estar dirigidos a estudiantes, familias y comunidades locales e incluir talleres, charlas y campañas de sensibilización sobre el impacto de las actividades cotidianas en la calidad del agua. Las actividades educativas deben abordar temas como la correcta disposición de desechos, la reducción del uso de productos químicos, y la participación en actividades de limpieza del río.

7.2.2 El Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) para garantizar la integridad de las muestras de agua durante la toma y el transporte, puede desarrollar e implementar asesorías que conlleven a un protocolo riguroso que cubra todos los aspectos del manejo y transporte de las muestras. Asesorías técnicas que incluyan indicaciones claras sobre la preparación de las muestras, el etiquetado adecuado y las condiciones de almacenamiento y transporte necesarias para preservar la calidad de las muestras. Se deben utilizar contenedores de muestreo adecuados y mantener las muestras a las temperaturas recomendadas para evitar alteraciones en los resultados.

7.2.3 Se recomienda a futuros investigadores ampliar los puntos de muestreo a lo largo del Río Chiquito para obtener una representación más precisa de la calidad del agua en diferentes tramos. El uso del análisis estadístico con Minitab, junto con la implementación de ANOVA, es esencial, ya que permite identificar diferencias significativas entre las zonas muestreadas y obtener un análisis más completo y robusto de los datos. Esta metodología puede proporcionar información clave para la gestión y mejora de la calidad del agua en el río.

VIII. APLICABILIDAD/IMPLEMENTACIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación tienen una aplicabilidad directa en la gestión y mejora de la calidad del agua del Río Chiquito. Al haber utilizado el Índice de la Calidad del Agua (ICA) y técnicas de diseño de experimentos, se logró identificar los parámetros críticos que afectan la calidad del agua, tales como el pH, la turbidez y los niveles de oxígeno disuelto. Estos resultados pueden servir de base para que las autoridades locales, como CESSCO, tomen decisiones informadas sobre las medidas necesarias para mejorar la calidad del agua en la región.

Además, la metodología empleada puede ser implementada por otras instituciones, tanto académicas como gubernamentales, para evaluar la calidad del agua en otros cuerpos hídricos del país. Esto permitiría replicar el análisis en diferentes ríos y lagos de Honduras, estableciendo un estándar científico en el monitoreo de los recursos hídricos y proporcionando un respaldo técnico en la planificación de intervenciones para el mejoramiento ambiental y la protección de la salud pública.

IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL/ TRABAJO FUTURO

El trabajo realizado hasta ahora ha permitido establecer una línea base sobre la calidad del agua del Río Chiquito, pero es evidente que aún hay margen para la evolución y expansión de esta investigación. En el futuro, sería beneficioso ampliar el número de puntos de muestreo a lo largo del río para obtener una visión más completa de su estado a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones climáticas. Además, incorporará análisis de otros contaminantes, como metales pesados o residuos industriales, permitiría un diagnóstico más completo de los riesgos potenciales para los habitantes de la zona.

BIBLIOGRAFÍAS

Aguirre Cordón, M. R., Vanegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.

Análisis-fisicoquimicas.pdf. (s. f.).

Araujo Pulido, Dra. G. T. (2010). *Contaminación ambiental y sus efectos sobre la salud*.
https://www.insp.mx/images/stories/INSP/Docs/cts/101208_cs1.pdf

Bolaños, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15.
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>

California State Water Resources Control Board. (2010, julio 22). *Folleto Informativo pH*.
https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

Cardona, 2003.pdf. (s. f.).

Chavarría Márquez, E. Y., Huamaní Astocaza, L. L., Basurto Contreras, C. M., & Carvo Baltazar, O. S. (2023). Nivel de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno del proceso de filtros biológicos. *Revista Alfa*, 7(19), 153-159.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.205>

Chidiac, S., El Najjar, P., Ouaini, N., El Rayess, Y., & El Azzi, D. (2023). A comprehensive review of water quality indices (WQIs): History, models, attempts and

perspectives. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(2), 349-395. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7>

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid. (2015a, febrero 14). *DESCRIPCIÓN DE INDICADORES*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura%20f26.pdf>

Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid. (2015b, febrero 14). *DESCRIPCIÓN DE INDICADORES*. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-turbidez%20f.pdf>

Correa Cuba, O., Fuentes Bernedo, F. E., Coral Surco, R. G., Correa Cuba, O., Fuentes Bernedo, F. E., & Coral Surco, R. G. (2021). Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray—Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 26-38. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.320>

DANE. (2021a, febrero 22). *Ficha técnica de nitratos totales*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos_totales_13.pdf

DANE. (2021b, febrero 22). *Ficha técnica de sólidos suspendidos totales*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Nitrogenos_totales_13.pdf

Denchak, M. (2023, enero 11). <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber>

Departamento de Salud y Servicios Humanos de Carolina del Norte. (2020). *Bacterias coliformes totales, E. coli y POZOS PRIVADOS*.

<https://epi.dph.ncdhhs.gov/oeo/docs/TotalColiformBacteriaEcoli-PrivateWells-SPA.pdf>

Dirisu, C. G., Mafiana, M. O., Dirisu, G. B., & Amodu, R. (2016). *LEVEL OF pH IN DRINKING WATER OF AN OIL AND GAS PRODUCING COMMUNITY AND PERCEIVED BIOLOGICAL AND HEALTH IMPLICATIONS*. 3(3).

<https://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2016/05/Full-Paper-LEVEL-OF-pH-IN-DRINKING-WATER-OF-AN-OIL-AND-GAS-PRODUCING-COMMUNITY.pdf>

Ecoazur. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2024, de <https://eco-azur.com/mutag/>

Fernández, E., Fernández, M., Pérez, I., Morón, Y., García, V., Perdomo, I., & Pérez, N. (2008). *Diseño de experimentos en tecnología y control de los medicamentos*. 39(2), 14.

Fernández-Santisteban, M. T. (2017). *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas*.

Flores, A. G., Carrera Almendáriz, L. S., & Medina Serrano, C. A. (2020). Análisis de aguas superficiales con alto contenido de fosfatos para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable. *03 de julio de 2020*, 3(3).
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1264>

Germania, I. Q. G. (2020). *Iza Quispe Gloria Germania*.

Guemisa. (s. f.). *Oxígeno Disuelto*.
https://guemisa.com/articulos/que%20es%20oxigeno_disuelto.pdf

Hernández Sampieri, R., & Fernandez-Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.

ICA.pdf. (s. f.).

Khaliq, I., Ramampiantra, E., Vorburger, C., Narwani, A., & Schuwirth, N. (2024). The effect of water temperature changes on biological water quality assessment.

Ecological Indicators, 159, 111652.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111652>

Max Velásquez Matute. (2014). Max Velásquez Matute. *Ciudades Sostenibles*.

<https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/tegucigalpa-y-el-rio-choluteca/>

McCarthy, R., & Iqbal, M. (2022). Development of a Water Quality Index Calculation Tool using Excel. *Summer Undergraduate Research Program (SURP) Symposium*.

<https://scholarworks.uni.edu/surp/2022/all/26>

Metodologia_para_el_analisis_de_vulnerabilidad.pdf. (s. f.). Recuperado 24 de julio de 2024, de

https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5323/Metodologia_para_el_analisis_de_vulnerabilidad.pdf?sequence=2

MicroPlanet. (2019). *Compact Dry, placas miniaturizadas para el cultivo microbiológico*.

<https://www.microplanet-psl.com/es/blog/compact-dry-placas-miniaturizadas/>

Minitab, LLC. (2024). *Minitab*. <https://www.minitab.com/es-mx/>

- Mohamed, N. A., Alanzi, A. R. A., Azizan, N. A., Azizan, S. A., Samsudin, N., & Jenatabadi, H. S. (2023). Evaluation of depression and obesity indices based on applications of ANOVA, regression, structural equation modeling and Taguchi algorithm process. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1060963>
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C. H., & Escobar, J. C. (2011). *EFFECTO DEL INCREMENTO EN LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA SOBRE LA EFICIENCIA DE PROCESOS CONVENCIONALES DE POTABILIZACIÓN.*
- Montoya, B. P. de. (2008). Análisis de la contaminación del Río Choluteca y sus efectos sobre la población a su paso por Tegucigalpa. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19-37. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i2.1816>
- Mora, E., Soto Carrasco, A. A., Muñoz Muñoz, V. P., Sánchez Salinas, R., Carrera Huerta, S., Pérez Noriega, E., & Landeros-Olvera, E. (2015). *CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PILOTO: REVISIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ENFERMERÍA.* <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/01/1034782/caracteristicas-de-la-prueba.pdf>
- Noble, H., & Heale, R. (2019). Triangulation in research, with examples. *Evidence Based Nursing*, 22, ebnurs-2019. <https://doi.org/10.1136/ebnurs-2019-103145>
- Ordóñez Ramirez, V. (2007). Contaminación del agua. *Ingenius*, 1. <https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.04>
- Ortiz, I. P. E. (s. f.). *Socialización y Análisis del.*

Pruebas microbiológicas. (s. f.). Recuperado 6 de agosto de 2024, de <https://empendium.com/manualmibe/tratado/social/chapter/B76.III.B.7>.

Pulido, H. G., & Salazar, R. de la V. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*.

Quispe Lujano, M. S. (2016). *Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno*. 123.

Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

República de Honduras. (2001). *Propuesta de Norma Técnica Nacional de Usos de Agua*.

República de Panamá. (2008, junio). *Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para Aguas Continentales de Uso Recreativo con y sin Contacto Directo*. <https://mici.gob.pa/dgnti-reglamento-tecnico/>

Salvadó, D. I. E. (2021). *TIPOS DE MUESTREO*.

Sreeja, V., Karthik, R., Saravanan, G., & Pushpalatha, N. (2022). Total Dissolved Solids and Their Removal Techniques. *International Journal of Environmental Sustainability and Protection*, 2(2). [file:///C:/Users/Emerson/Downloads/Total_Dissolved_Solids_and_Their_Remov al_Technique.pdf](file:///C:/Users/Emerson/Downloads/Total_Dissolved_Solids_and_Their_Removal_Technique.pdf)

Toro, J. G., Rodríguez, H. G., & Casallas, F. M. (2019). PRUEBA PILOTO PARA LA EVALUACIÓN DE MUTAG EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PROVENIENTES DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS. *Publicaciones e Investigación*, 13(2), 41-50.

Valdivielso, A. (2020, septiembre 11). *¿Qué es un río?* [Text]. iAgua; iAgua.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-rio>

Zúniga, E. W. R. (s. f.). *Reduction of Water Scarcity in Water Management Boards of the Central District with Linear Programming.*

ANEXOS

Anexos 1- Utilización de PH metro durante muestreo



Anexos 2- Levantamiento de muestras en frascos estériles





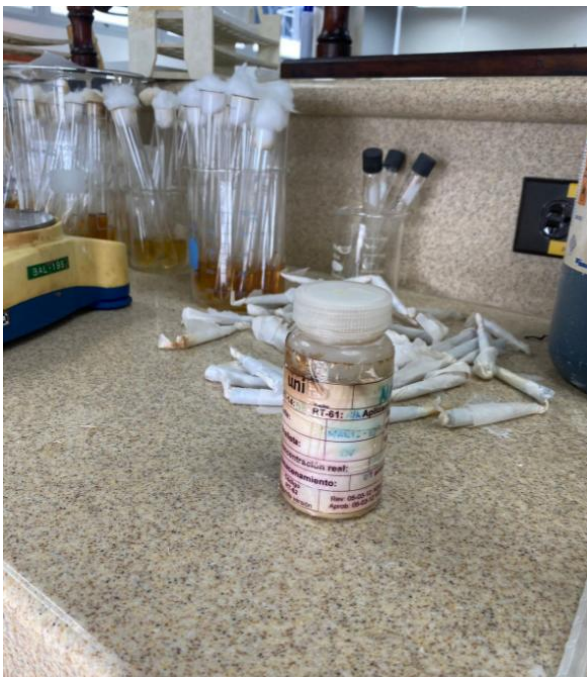
Anexos 3- Conservación y Etiquetado de muestras



Anexos 4- Transporte de muestras desde el punto de muestreo a su conservación



Anexos 5- Uso de Equipos y Químicos en Laboratorio UNITEC



Anexos 6- Turbidímetro Utilizado



Anexos 7- Cotización para pruebas realizadas en CESCO



SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE (SERNA)
CENTRO DE ESTUDIOS Y CONTROL DE CONTAMINANTES (CESCCO)
Contribuyendo a la prevención y control de la contaminación en Honduras



COTIZACIÓN 2024-52

LUGAR Y FECHA: <input type="text" value="Tegucigalpa M.D.C. 13/8/2024"/> CLIENTE: <input type="text" value="PROYECTO INGENIERIA INDUSTRIAL UNITEC"/> CONTACTO: <input type="text" value="MICHELLE ZELAYA 9809-3361"/> E-MAIL: <input type="text" value="zelyamichelle639@gmail.com"/>	No. SOLICITUD: <input type="text" value="2024-52"/> TIPO DE SERVICIO: <input checked="" type="checkbox"/> Análisis de Laboratorio <input type="checkbox"/> Toma de Muestra TELÉFONO: <input type="text" value="9995-5889"/>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DETALLE DEL SERVICIO						
Nº	ANÁLISIS	TIPO DE MUESTRA	MÉTODO	CANT.	PRECIO	SUB TOTAL
1	DBO	Agua Superficial	Part 5210 B (5 días)	16	L. 815.00	L. 13,040.00
2	Nitratos		Part 4500-NO3- B (Espectrofotometría ultravioleta)	16	L. 200.00	L. 3,200.00
3	Fosforo Total		Part 4500-P B-5, D. (Digestión con Persulfato y coloro de	16	L. 370.00	L. 5,920.00
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
SUBTOTAL DE ANÁLISIS						L. 22,160.00
20% DESCUENTO A PROYECTOS ESTUDIANTILES						L. 4,432.00
COSTO TOTAL						L. 17,728.00

Observaciones:

- NOTAS:**
- 1) El presente cálculo considera únicamente el análisis de Laboratorio.
 - 2) **CONDICIONES DE PAGO: PAGO POR ANTICIPADO** en Efectivo o Cheque Certificado a Nombre de la Tesorería General de la Republica.
 - 3) Una vez cancelado el pago del Servicio **NO** hacemos devoluciones.
 - 4) Si desea realizar esta prestación de servicios con nosotros favor comunicarse por lo menos Cinco (5) días hábiles antes de la toma de muestra.
 - 5) Cotización sujeta a cambios, sin previo aviso al cliente, con un vigencia de 25 días desde su emisión.



Luis Pineda
 Departamento de Prestación de Servicios
CESCO/SERNA

CESCCO Central: Bv. Morazán, Frente a central de Bomberos Tegucigalpa, Tel:00 (504) 2231-1006, 2239-0194, 2232-6317, Fax: 2239-0954, CESCO San Pedro Sula 2556-5163. CESCO Cholulteca 2782-4485

Anexos 8- Punto de muestreo Mercado la Isla, al fondo Rio Choluteca



Anexos 9- Pruebas de Coliformes Fecales mediante uso de Compact Dry



Anexos 10- Información por parte de CESCO sobre DBO, Nitratos y Fosforo Total



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.
Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954
Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn
CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

Unidad de Calidad de Aguas INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO

Informe No.: 479 **Fecha:** 30/08/2024 **Orden de Pago:** 053 **Fecha:** 15/8/2024
Recibo No.: 13071531 **Fecha:** 15/08/2024 **Valor:** Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 7:54 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia Bolívar, Sitio 3	8. Procedencia de la muestra: Colonia Bolívar

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
412	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	41 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,97 mg/L	-/

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Despacho de Recursos Naturales y Ambiente
100 mts. al Sur del Estadio Nacional
Tegucigalpa M.D.C., Honduras, C.A.
Teléfonos: (504) 2232-9200

@sernaHN

www.sernahh.gob.hn

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 478

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 7:53 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia Bolívar, Sitio 3	8. Procedencia de la muestra: Colonia Bolívar

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
411	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	39 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	2,72 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

* Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

* Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESSCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 477

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 7:51 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia Bolívar, Sitio 3	8. Procedencia de la muestra: Colonia Bolívar

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
410	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	39 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,43 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas





ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 476

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 7:51 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia Bolívar, Sitio 3	8. Procedencia de la muestra: Colonia Bolívar

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
409	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	44 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,90 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESSCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					


DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas




ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 475 **Fecha:** 30/08/2024 **Orden de Pago:** 053 **Fecha:** 15/8/2024
Recibo No.: 13071531 **Fecha:** 15/08/2024 **Valor:** Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 6:51 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: La Isla, Sitio 4	8. Procedencia de la muestra: La Isla

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
408	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	39 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,06 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACELY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 474 **Fecha:** 30/08/2024 **Orden de Pago:** 053 **Fecha:** 15/8/2024
Recibo No.: 13071531 **Fecha:** 15/08/2024 **Valor:** Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 6:51 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: La Isla, Sitio 4	8. Procedencia de la muestra: La Isla

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
407	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	34 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,08 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo



Recursos Naturales
y Ambiente



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					

001

DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas

ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Despacho de Recursos Naturales y Ambiente
 100 mts. al Sur del Estadio Nacional
 Tegucigalpa M.D.C., Honduras, C.A.
 Teléfonos: (504) 2232-9200

@sernaHN

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 473

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 6:47 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: La Isla, Sitio 4	8. Procedencia de la muestra: La Isla

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
406	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	29 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,02 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					


DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas




ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 471

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 7:24 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia el Sitio, Sitio 2	8. Procedencia de la muestra: Colonia el Sitio

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
404	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,12 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBRENO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 472

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 15/08/2024 / 6:47 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 15/08/2024 / 8:40 a.m.
7. Punto de Recolección: La Isla, Sitio 4	8. Procedencia de la muestra: La Isla

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
405	16/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	39 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	1,09 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: El resultado obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno supera el valor propuesto, en el caso del análisis de nitratos no se reporta una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

* Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

* Parámetros medidos en campo



Recursos Naturales
y Ambiente



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					


DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas




ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Despacho de Recursos Naturales y Ambiente
 100 mts. al Sur del Estadio Nacional
 Tegucigalpa M.D.C., Honduras, C.A.
 Teléfonos: (504) 2232-9200

 @sernaHN

www.cescco.gob.hn

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 470

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 7:21 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia el Sitio, Sitio 2	8. Procedencia de la muestra: Colonia el Sitio

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
403	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,45 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESSCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					


DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas


ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO
 Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.
 Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954
 Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn
CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

Unidad de Calidad de Aguas
INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO

Informe No.: 469 **Fecha:** 30/08/2024 **Orden de Pago:** 053 **Fecha:** 15/8/2024
Recibo No.: 13071531 **Fecha:** 15/08/2024 **Valor:** Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 7:19 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolección: Colonia el Sitio, Sitio 2	8. Procedencia de la muestra: Colonia el Sitio

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
402	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,21 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas





ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 468

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 7:16 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolectación: Colonia el Sitio, Sitio 2	8. Procedencia de la muestra: Colonia el Sitio

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
401	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,25 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

*Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas





ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 467
Recibo No.13071531

Fecha: 30/08/2024
Fecha: 15/08/2024

Orden de Pago: 053
Valor: Lps. 17,728.00

Fecha: 15/8/2024

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 6:03 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolección: El Chimbo Sitio 1	8. Procedencia de la muestra: El Chimbo

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
400	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,04 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					


DRA. ARACEY MEMBRENO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas




ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 466

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Katherine Gálvez.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 6:03 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolectación: El Chimbo Sitio 1	8. Procedencia de la muestra: El Chimbo

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
399	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,04 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBRENO
 Jefe de Laboratorio Salud de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 465

Fecha: 30/08/2024

Orden de Pago: 053

Fecha: 15/8/2024

Recibo No.: 13071531

Fecha: 15/08/2024

Valor: Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 5:58 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolectación: El Chimbo Sitio 1	8. Procedencia de la muestra: El Chimbo

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
398	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,08 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que para el método aplicado en la muestra presenta interferencia por materia orgánica.

* Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

* Parámetros medidos en campo

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas



ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 1/2

**Unidad de Calidad de Aguas
 INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO**

Informe No.: 464 **Fecha:** 30/08/2024 **Orden de Pago:** 053 **Fecha:** 15/8/2024
Recibo No.: 13071531 **Fecha:** 15/08/2024 **Valor:** Lps. 17,728.00

1. Nombre del Solicitante: Michelle Zelaya.	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa M.D.C.
3. Tipo de Muestra: Agua Superficial.	4. Recolectada por: Gabriela Estrada.
5. Fecha y Hora de recolección de la muestra: 14/08/2024 / 5:58 a.m.	6. Fecha y Hora de ingreso al laboratorio: 14/08/2024 / 8:50 a.m.
7. Punto de Recolección: El Chimbo Sitio 1	8. Procedencia de la muestra: El Chimbo

RESULTADOS

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
397	15/08/24	Part 5210 B (5 días)	Demanda Bioquímica de Oxígeno	4 mg/L	15,00 mg/L
	15/08/24	Part 4500-NO ₃ B (Método de Espectrofotometría ultravioleta)	Nitratos	**NR	50,0 mg/L
	26/08/24	Part 4500-P B-5 (Método de Digestión con Persulfato); D (Método de cloruro de estaño)	Fósforo Total	0,04 mg/L	-/-

REFERENCIA DEL METODO¹: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 23th, 2017

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA²: Propuesta de Norma Técnica Nacional para Agua de Uso en Flora y Fauna

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles de la propuesta de norma empleada. En el caso del análisis de nitratos no se especifica una concentración ya que el método aplicado presenta interferencia por materia orgánica.

Muestra puntual recolectada por personal técnico de CESCO

*Parámetros medidos en campo



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Correo electrónico: cescco@serna.gob.hn

CESCCO-MC-PT09-F02-CAL

Pag. 2/2

# MUESTRA	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	MÉTODO APLICADO ¹	ANÁLISIS	RESULTADO	VALOR REFERENCIA ²
Abreviaciones: mg/L: miligramos por litro **NR: No reportado -/-: parámetro no regulado de acuerdo al uso declarado por el cliente.					



DRA. ARACEY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Aguas





ING. LOLY GUTIERREZ
 Directora
 CESCO-SERNA

