

WATER LAB

INVESTIGACIÓN DE CALIDAD DE AGUA EN LAGO COCIBOLCA

ÁREA DE INFLUENCIA CIUDAD DE GRANADA

POR PLANTING CHANGE FOUNDATION



WATER LAB

Créditos

Investigación de calidad de agua en Lago Cocibolca: Área de influencia Ciudad de Granada; por Planting Change Foundation

Autor: Planting Change Foundation

Redacción: Arasí Torres, Irma Ramos

Revisión y autorización: Bernis Cunningham

Editorial: Geovanny Vanegas

Diagramación y diseño gráfico: Jennifer López

Publicada en Managua, Nicaragua. Agosto 2023

Este informe es el resultado de un proceso de investigación llevado a cabo por Planting Change Foundation y el Centro Nicaragüense de Conservación Ambiental

ÍNDICE

Introducción	2
Agradecimientos	5
1. Objetivos	
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
2. Marco teórico	
Generalidades del área de estudio	9
Flora y fauna	10
Problemática ambiental actual del Lago Cocibolca	11
Calidad de agua	12
Indicadores de la calidad de agua	12
Indicadores físicos	13
Indicadores químicos	13
Indicadores biológicos	13
Parámetros de calidad de agua	13
Parámetros fisicoquímicos	13
Número más Probable (NMP)	15
Fermentación en tubos múltiples	15
Estándar de calidad del agua implementado en el país	15
3. Metodología	18
Toma de muestras	18
Protocolo utilizado en los análisis microbiológicos	18
Análisis microbiológico	19
Parámetros físico-químicos	19
4. Análisis y resultados	21
Resultados del análisis microbiológico	22
Resultados del análisis físico-químico	28
5. Herramienta de incidencia	34
6. Conclusiones	35
7. Recomendaciones	35
8. Referencias bibliográficas	36
9. Anexos	38

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la evaluación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1995, el agua emerge como una de las fuentes primordiales de vida en nuestro planeta. No obstante, cuando se ingiere en un estado contaminado, puede transformarse en una fuente de propagación de enfermedades. En este contexto, resalta la importancia absoluta de la calidad del agua. Basándonos en el principio fundamental que todos los seres vivos requieren agua para su supervivencia, se deriva la expectativa de que dicho consumo provenga de una fuente que garantice un desarrollo biológico óptimo.

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en cuanto a recursos hídricos, resaltando por esta razón entre los demás países centroamericanos. A pesar de ello no deja de ser vulnerable a la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos teniendo un gran impacto en la disponibilidad, distribución y calidad del recurso (Guevara y Pérez, 2015).

El Lago Cocibolca, abarcando un área de 8,244 km², desempeña un papel de máxima relevancia como la principal reserva de agua dulce destinada al abastecimiento en Nicaragua. A pesar de su innegable importancia y su potencial como fuente potable fundamental para el futuro del país, se encuentra constantemente expuesto a amenazas derivadas de factores antropogénicos. Entre estos factores, se incluyen la deforestación, la erosión del suelo, la utilización de agroquímicos y la descarga directa de aguas domésticas y residuales en el lago sin tratamiento previo. Estas actividades están dando lugar a una problemática creciente que gradualmente está degradando la calidad del agua y poniendo en riesgo su estado.

Otro factor que afecta son los asentamientos urbanos costeros quienes utilizan las costas del Lago como receptores de desechos sólidos y líquidos tanto de origen domiciliario como industrial. Un caso muy grave es la descarga de las aguas negras provenientes de la ciudad de Granada y las aguas residuales de las diversas industrias asentadas en esa ciudad. Moyogalpa, Altagracia, San Jorge y otros asentamientos siguen los mismos pasos de Granada (Montenegro, 1994).

Vanegas (1999), señala que la calidad sanitaria de los arroyos en la ciudad de Granada muestra un deterioro significativo. Esto se debe a la presencia de aguas residuales tanto domésticas como industriales que fluyen desde los arroyos que atraviesan la urbe y desembocan en el Lago Cocibolca. Este vertido supera los límites aceptados para los coliformes fecales, tal como se establece en las normativas aprobadas según la Gaceta del 26-6-95, en el Decreto No 33-95, Artículo 22. Dando como resultado

valores encontrados de los diferentes parámetros analizados: coliformes totales, coliformes fecales, E. Coli y Estreptococos fecales fueron de: 2×10^1 NMP/100ml a $> 1.6 \times 10^{10}$ NMP/100ml durante los 3 muestreos realizados en Junio-Julio, Octubre-Noviembre de 1995 y Abril-Mayo, 1996. Evidenciando la notable aportación de bacterias indicativas de contaminación por coliformes, provenientes de las descargas líquidas directas de los arroyos principales, específicamente “Aduana” y “Zacate Ligue”, al flujo del Lago.

Asimismo, Chacón (1996) ejecutó una investigación en cuatro transeptos del litoral oeste del Lago Cocibolca incluyendo la zona costera de la ciudad de Granada (zona de gran incidencia turística) con el fin de conocer los índices de contaminación fecal del lago donde las concentraciones de estreptococos fecales variaron de < 2 a 4250, de 5 a 30000 y de < 2 a 11000, las de coliformes fecales fueron de < 2 a 57000, de 7 a 59000 y de 4 a 110000 NMP/100 ml para el 1ro, 2do y 3er período de muestreo respectivamente.

En la misma investigación se detectó la presencia de bacterias enteropatógenas del género Salmonellas spp. De los grupos serológicos B, C1, C2 y E, además se aislaron bacterias Vibrio cholerae del serogrupo O1 (serotipos Ogawa e Inaba) y del sero grupo no O1. Estos hallazgos representan un peligro latente para la salud pública (Chacón, 1996).

El propósito de este estudio es revitalizar la información referente a la calidad del agua del lago, a la vez que se busca brindar una herramienta de influencia abierta para aquellos interesados en comprender el estado actual de las aguas de este cuerpo acuático. Este enfoque tiene la intención de fomentar la protección tanto del lago en sí como de las personas que directamente dependen de él para su suministro de agua.

Aspiramos a que los hallazgos de este estudio no solo proporcionen una base sólida para impulsar cambios en el ámbito social y humano del país, sino que también motiven la participación activa y la generación continua de información relacionada con la calidad del agua en este cuerpo de agua, a través de investigaciones científicas.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Compañía Santa Teresa de Jesús y muy en especial a las directivas del Centro Santa Teresa de Jesús en la comunidad Los Cocos del departamento de Granada y al Colegio Teresiano Sagrado Corazón en la ciudad de Granada. El compromiso de los maestros y la directiva ha promovido el desarrollo del aprendizaje científico en los estudiantes. Todo este trabajo no sería posible sin el compromiso toda la junta directiva de Planting Change Foundation.

Agradecimiento especial a Kajal Below, Krista Shennum, Eduardo Mosqueda y Dara Karakolis por su compromiso con la educación de calidad en Nicaragua. Agradecemos a Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW) por impulsar este proyecto con su apoyo técnico y científico y a Irwing Andrew Porter Foundation por financiarlo.



1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

- Analizar el grado de contaminación actual del lago Cocibolca respecto al área de influencia de Granada mediante el análisis microbiológico físico-químicos de sus aguas, con el fin de promover su protección.

1.2 Objetivos específicos

- Demostrar los niveles de contaminación por coliformes totales y fecales en los puntos seleccionados para muestreo, mediante la técnica del Número Más Probable (NMP).
- Determinar los parámetros fisicoquímicos de pH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura que hay en las aguas del lago para conocer su calidad.
- Comparar los resultados de contaminación de los puntos de muestreo de forma que los puntos de mayor contaminación sean identificables para la protección de las personas y el recurso, asimismo permitiendo que el foco de contaminación sea identificado.
- Identificar las posibles causas de contaminación del lago Cocibolca.



2 MARCO TEÓRICO

Generalidades del área de estudio

El Lago de Nicaragua o Lago Cocibolca cubre un área de 8,264 km, ocupa el décimo lugar entre los lagos más extensos del mundo. Su superficie está situada a 31 metros sobre el nivel del mar y aunque se ha afirmado que la profundidad llega a 70 metros al sureste de la Isla de Ometepe, sondeos practicados únicamente en la mitad occidental del Lago no sobrepasan los 23 metros, sin embargo, a pesar de su poca profundidad, se presta para la navegación. Se encuentra separado del pacífico apenas por un Istmo de 20 Km (Incer, 1984).

Según Incer (1984) las riberas del lago son arenosas, pedregosas en algunas partes y cenagosas en otras. El sedimento del fondo está constituido por un cieno gris pardusco, arcilla de textura cerosa y fango orgánico.

Tabla 1. Principales características del Lago Cocibolca

Características del lago Cocibolca	
Área de la cuenca	23 844 km ²
Coordenadas	11°34'27"N 85°21'23"O
Cuenca	Río San Juan
Superficie de la cuenca	23 844 Km ²
Volumen de Agua	104,000 hm ³
División	Entre los departamentos de Granada, Rivas, Río San Juan, Boaco y Chontales
Profundidad Máxima	45 m
Profundidad promedio	13 m
Afluente	Río tipitapa
Efluente	Río San Juan
Longitud	148 Km
Ancho máximo	55 Km
Nivel Histórico Mínimo	29, 57 m
Nivel Histórico Máximo	33, 84 m

En el lago existen numerosas islas de origen volcánico entre las que se mencionan la Isla de Ometepe, Isla Zapatera, Archipiélago de Solentiname en el departamento de San Carlos. También se encuentran las Isletas de Granada, estas están constituidas por más de 300 islotes, que circundan a la península de Aseses, siendo la mayor de todas La Guanábana (Incer, 1984).

Es un lago polimíctico, debido a su baja profundidad no cuenta con estratificación estable. Por otra parte, sus temperaturas altas constantes van en un rango de 29,3 hasta 25,4 0C en todo el año. Además de los vientos del Pacífico que soplan desde el oeste, estos mezclan constantemente la columna de agua lo que permite mantener un oleaje moderado a constante. Aunque tiene una variación de la temperatura más grande que su ciclo diario comparado a su estación anual, estas altas temperaturas aseguran una alta tasa de mineralización microbiana en lagos tropicales lo que garantiza la degradación de sustancias orgánicas en la columna de agua.

Flora y fauna

Guevara y Pérez (2015) mencionan que:

La vegetación es densa en la mayor parte de las islas e isletas del lago y consiste en bosque tropical seco. Pero en dos cimas en el área, en los volcanes Maderas de Ometepe y Mombacho en las costas del lago cerca de Granada, se presenta también un ecosistema singular. Estos son los únicos dos sitios de la costa del Pacífico nicaragüense en los que se puede encontrar el bosque de nebliselva, en el que la flora y fauna es simplemente impresionante. (p.23)

Se puede observar variados ecosistemas entre ellos: al sur y sudoeste se despliega el frondoso bosque tropical húmedo, y hacia el este, norte y oeste del lago lo hace mayormente un bosque tropical seco donde se hallan variedad de especies de plantas acuáticas, animales como aves zancudas, garzas y garce-

tas entre otros. El aspecto natural más interesante del Lago de Nicaragua es la fauna subacuática del mismo, son más de 40 diferentes especies de peces que viven en el lago, incluyendo 16 especies de mojarra. En 1995, un reporte científico estimaba que las mojarra nativas constituían el 58% de la biomasa del lago. El estudio consideró también que estas especies eran las mayormente explotadas, por lo que su población podría haber disminuido en la actualidad.

El Lago Cocibolca es singular a nivel global por albergar tiburones de agua dulce, específicamente la especie *Carcharhinus leucas*, conocida como tiburón toro. Este tiburón posee la especial habilidad de adaptarse a las aguas dulces que ingresan al lago desde el Caribe mediante el río San Juan. Además, entre las especies distintivas del lago se encuentran el pez sierra, el sábalo y la tilapia, (Guevara y Pérez, 2015).

Problemática ambiental actual del Lago Cocibolca

A pesar de su ecosistema vital, su significado como fuente de agua potable, su potencial turístico y su relevancia económica, de transporte y comercialización, este lago enfrenta un desafío alarmante: la contaminación de sus aguas. Agravando esta problemática, carece de un plan concreto para su conservación.

El ciclo natural del agua tiene la gran capacidad de purificación que regenera el agua del lago aparentando una abundancia constante y un relativo estado de calidad. No obstante, se ve afectado por toda la contaminación que recogen los ríos, lagos y mares que desembocan en el lago, así lo demostró la investigación “Composición algal y calidad de agua en cuatro tributarios del lago Cocibolca”,

donde menciona que el nivel de calidad de agua de los cuatro ríos Mayales, Acoyapa, Oyate y Tepenaguasapa se encuentran ligeramente contaminados (Hernández-Silvia, 2003).

Según Hernández-Silvia (2003) este lago se ha convertido en el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos, como: pesticidas, desechos químicos, aguas domésticas e industriales, metales pesados, residuos radiactivos, generándose una problemática prolongada para el lago y evidenciada a través de los años llegando clasificarse sus aguas en estado contaminado en distintos sectores de sus costas, registrándose como peligrosas para la salud y dañinas para el ecosistema en general.

Tabla 2. Principales características en el lago Cocibolca

Problema	Descripción
Falta de la educación ambiental en las zonas urbanas a lo largo de las cuencas entre ellas las grandes ciudades portuarias como Granada, Rivas y Juigalpa e industrias asentadas en la zona costera del lago	Utilización del lago como vertedero de las aguas negras, residuales domésticas, municipales e industriales de manera directa o indirecta
Producción Agropecuaria en los territorios costeros por las haciendas de mayor impacto en la zona sur del lago	Las costas del lago son ideales para las actividades agropecuarias y siembra de diferentes cultivos por la fertilidad de las mismas generando grandes cantidades de contaminación por heces fecales, sedimento, fertilizantes y agroquímicos que posteriormente van parar al lago por medio de los ríos, cauces y drenajes naturales

Introducción de especies de peces extranjeros para fines de producción

A pesar de que la empresa extranjera que lleva a cabo este proyecto tiene los permisos necesarios para la producción en el lago este no deja ser un problema ampliamente conocido, la introducción de especies no nativas a un ecosistema, además de la enorme cantidad de peces de Tilapia que deben descomponerse en el lago. También el contagio de enfermedades nocivas para los peces autóctonos que ha generado un rechazo y críticas por ecologistas, biólogos organizaciones sociales y comunales

Falta de supervisión y aplicación de las leyes y normativas que protegen el lago

Deficiencia en las regulaciones del manejo y utilización del lago como recurso para su aprovechamiento sostenible provocando nulas medidas de protección enfocándose solo en el uso de este

Fuente: (Guevara Calero & Pérez, 2015)

Calidad de agua

Según la OMS (1989) el término de calidad de agua sirve para determinar el grado de contaminación que presenta el recurso hídrico y sus posibles formas de remediación, a partir de uso de tecnologías y tratamientos adecuados. En ese sentido, es relativo al referirse a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la actividad humana, se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

Indicadores de la calidad de agua

Los indicadores de calidad de agua permiten determinar si un agua es potable en los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos, así como los valores límite que no hay que sobrepasar. Además de las variables habituales, se deben analizar ciertos parámetros específicos en función de la región o de los problemas que surjan (OMS, 1989).

Indicadores físicos

Según Glynn y Heinke (1999) todo indicador físico es el que visualiza los aspectos y estado del agua, así como, espumas, residuos de cualquier tipo, la temperatura que se encuentra etc., entre los principales: temperatura, turbidez, sólidos suspendidos totales entre otros.

Indicadores químicos

Permite medir los minerales y compuestos presentes, disueltos o en suspensión presentes en el agua que se quiere tratar

o evaluar para su posible consumo humano, entre los que están: nitratos, nitritos, alcalinidad total, magnesio, hierro entre otros (Glynn y Heinke, 1999).

Indicadores biológicos

El principal indicador biológico presente en el agua son los Coliformes fecales, estos según (Matus-Román, 2020) se determinan por medio de la variación en concentración y presencia de determinadas comunidades bacterianas, formación de colonias y presencia determinadas *Escherichia coli* (Arcos, 2005).

Parámetros de calidad de agua

Parámetros fisicoquímicos

Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el resto o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuesto, la formación de depósitos, la desinfección, los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Una importante alteración del agua es la contaminación térmica, que afecta a muy diversos aspectos de los ecosistemas (Lenntech, 2010). Asimismo, la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor del agua (OMS, 2006).

pH

De acuerdo a Chang (2006), el pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, al calcular el número de iones hidrógenos presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, donde el número 7 indica que la sustancia es neutra. Los valores de pH debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores por encima de 7 indican que es básica.

Conductividad eléctrica

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en la solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo

de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor (Jiménez, 2001).

Sólidos Totales Disueltos

Según Ramírez, A & Viña, G. (1998) los Sólidos Totales Disueltos (STD) son la materia disuelta en el agua y comprenden las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica. Su presencia en el agua puede deberse a fuentes naturales, descargas de efluentes de aguas servidas, descargas de desechos industriales y escurrimientos urbanos.

Indicadores microbiológicos del agua

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1999) este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrarlo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de Coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos.

Coliformes en el agua

Las bacterias de los coliformes son familias que se encuentran comúnmente en las descomposiciones de la vegetación,

y en las heces de los animales, y del hombre la presencia de estas bacterias de coliformes en el agua es perjudicial para la salud de la población porque estas bacterias se encuentran en la capa superficial del agua y estas entran al sistema de distribución y contamina las conexiones domiciliarias a consecuencia también de roturas de tuberías (Sawyer et al., 2000). Entre tanto también existen factores que permiten el incremento de los microorganismos en el agua dentro del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano como es en su almacenamiento, distribución como el pH temperatura, oxígeno y turbidez (Galarraaga, 1984).

Coliformes totales

La denominación de los Coliformes totales son bacterias que tienen características aeróbicas y anaeróbicas gran negativas no esporuladas de forma alargada que se desarrollan en colonias y son de rojo brillante metálico en un medio tipo Endo, tengan lactosa tras una incubación de 24 horas a 35 C° que son indicadores de la calidad de agua para consumo humano (Flores, 2016).

Coliformes fecales

Las bacterias Coliformes fecal se presentan únicamente en las heces humanas o animales de sangre caliente. Puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreando desechos y del agua de drenaje. Los organismos patógenos incluyen la bacteria Coliformes fecal, así como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades (Mitchell et al. 1991).

Número más probable (NMP)

El método de número más probable NMP es el cálculo de la densidad probable de bacterias coliformes en la combinación de resultado positivo y negativo obtenido en cada dilución, (Ribes, 2002), este se basa contando el número de tubos con fermentación positiva y comparando con la tabla del número más probable para coliformes Totales y *Escherichia coli*, con un nivel de confianza estadística del 95% para cada valor determinado y expresado como NMP de coliformes por 100 mL de muestra de agua (Camacho, 2009).

Fermentación en tubos múltiples

La técnica de fermentación en tubos múltiples se basa en el principio de la dilución hasta la extinción. Las mayores cantidades de concentraciones indican como un número más probables en los resultados obtenidos en laboratorio NMP/100ml (Chemical Company, 2005), como también la determinación del número más probable es aplicable por el método de Poisson para valores extremos encontrados en el análisis del número de resultados positivos y negativos obtenidos en ensayos de diferentes fracciones de la muestra de volúmenes iguales y en fracciones que forman series geométricas.

Estándar de calidad del agua implementado en el país

Nicaragua se encuentra adscrito al Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE), en el que conforme a sus estatutos 14. "Dictar Normas Regionales Técnicas de Estandarización de equipos, repuestos y materiales, para facilitar el intercambio entre los miembros afiliados" y 15. "Dictar Normas Técnicas de Control de Calidad de Productos en materia de agua potable y saneamiento entre los países miembros y afiliados"; establecieron la Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano en 1994. El cual está fundamentado por las directrices de la OMS para la calidad del agua potable, establecidas en Génova 1993, es el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable, (CAPRE, 1994).

Tabla 3. Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro (b)	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
B. Agua en el sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	En muestras puntuales no debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme total	Neg	Neg	

Fuente: (CAPRE, 1994)

Tabla 3. Parámetros Físico - Químicos

Parámetro Unidad valor	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	Neg
Concentración de Iones Hidrógeno	pH	6.5 a 8.5	Neg
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Conductividad	μS/cm	400	

Fuente: (CAPRE, 1994)



3 METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los procesos realizados dentro del laboratorio para analizar las 12 muestras de agua con fines investigativos.

Toma de muestras

La selección de los puntos se realizó mediante un muestreo aleatorio simple, la colecta de las muestras se realizó en viajes de campo todos los martes de cada semana entre las 8:00 am y las 11:00 am. Con dos frascos de rosca previamente esterilizados en la autoclave. Por cada gira de campo se realizó un muestreo donde se recolectaron dos muestras, ya que el laboratorio actualmente solo cuenta con la capacidad para analizar dos muestras a la vez, para cada muestra se llenó una ficha informativa (ver apartado anexos donde se muestra esta información detallada en la cadena de custodia). Se marcaron las coordenadas de cada uno de los puntos de colecta.

Protocolo utilizado en los análisis microbiológicos

Se llevaron a cabo a través del manual práctico de análisis de agua el cual atienden al Artículo 22 de la Portaria nº 2.914/2011 del Ministerio de Salud, estando en conformidad con las normas nacionales e internacionales más recientes, como lo son:

I) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de autoría de las instituciones American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF)

II) United States Environmental Protection Agency (USEPA)

III) Normas publicadas por la International Standardization Organization (ISO); y Metodologías propuestas por la Organización Mundial de Salud (OMS), (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Análisis microbiológico

Este se realizó con el método del Número Más Probable (NMP) que consiste en dos fases: la presuntiva y la confirmativa.

- Primeramente, se preparó el medio de cultivo de caldo lactosado para la etapa presuntiva. Para esto se prepararon 500 mL de caldo lactosado en doble concentración y 500 mL de caldo lactosado en simple concentración en un balón de aforo cada uno.
- Tanto el caldo lactosado como la cristalería se metió en la autoclave para cada análisis dentro del laboratorio, procurando así que todo se mantenga completamente estéril y que otras bacterias no intervengan en los resultados.
- Luego en gradillas se repartió en cada muestra, 5 tubos de ensayo con 10 mL de muestra y 10 mL de caldo lactosado doble concentración, luego, 5 tubos de ensayo con 10 mL de caldo lactosado simple concentración y 5 tubos de ensayo con 9 mL de caldo lactosado simple concentración y 1 mL de muestra (solución 1/10), y para finalizar, 9 mL de caldo lactosado simple concentración y 0.1 mL de muestra (Solución 1/100). Se rotularon respectivamente, esperando tener un total de 30 tubos de ensayo que se ingresaron en la incubadora a una temperatura de 37°C.
- Transcurrida 24 horas se extrajeron los tubos de la incubadora y aquellos que presentaron formación de gas se consideraron positivo, los cuales fueron utilizados posteriormente para la fase confirmativa.
- En la fase confirmativa se prepararon 500 mL de caldo Verde Brillante (para coliformes totales) y de medio EC (para coliformes fecales). Se tomaron tubos esterilizados que correspondieran al número de tubos que resultaron positivos para ambas muestras y se traspasó con ayuda de un asa de platino de la muestra positiva hacia un tubo de medio EC y uno de verde brillante. Así respectivamente para cada uno de los tubos positivos. Los tubos con Verde Brillante se incubaron a 35°C y los de medio EC a 44,5 °C, por 24 h. Por último, con ayuda de la tabla del número más probable se midieron los resultados.

Parámetros físico-químicos

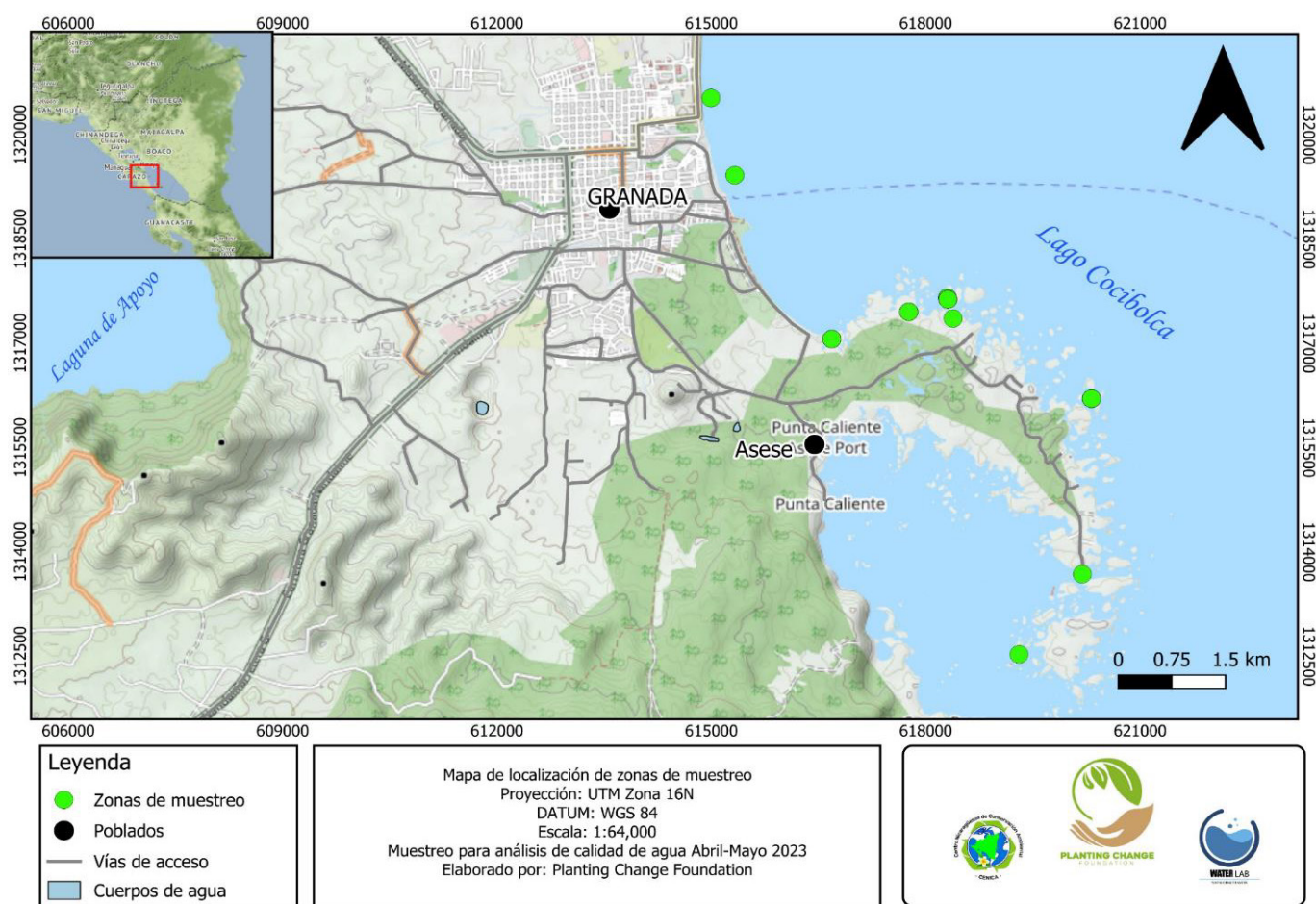
Los únicos parámetros físico-químicos que se analizaron se midieron con una herramienta multiparamétrica, Milwaukee MW803 MAX que permite medir conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, pH y temperatura.



4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

El siguiente capítulo presenta los resultados obtenidos para la serie de análisis que se realizaron a lo largo de la investigación, también, el análisis de estos para mayor comprensión de los lectores.

Figura 1. Mapa de localización de puntos de muestreo para la investigación



La mayoría de los muestreos se colectaron dentro de lo que se considera en Nicaragua como el final del verano e inicio del invierno (abril-mayo), a excepción de la última semana de muestreo en la que hubo presencia de lluvias, esto podría variar los resultados con respecto a las otras muestras; ya que las diferentes corrientes y arroyos cargan consigo más contaminación de las que normalmente puede observarse dentro de la estación seca. Los análisis de laboratorio se realizaron el mismo día de colecta de muestra. Los resultados se muestran a continuación:

Resultado del análisis microbiológico

Muestreo 1

Figura 2. Zona de Alcantarillado Granada y Restaurantes de la zona turística de las isletas

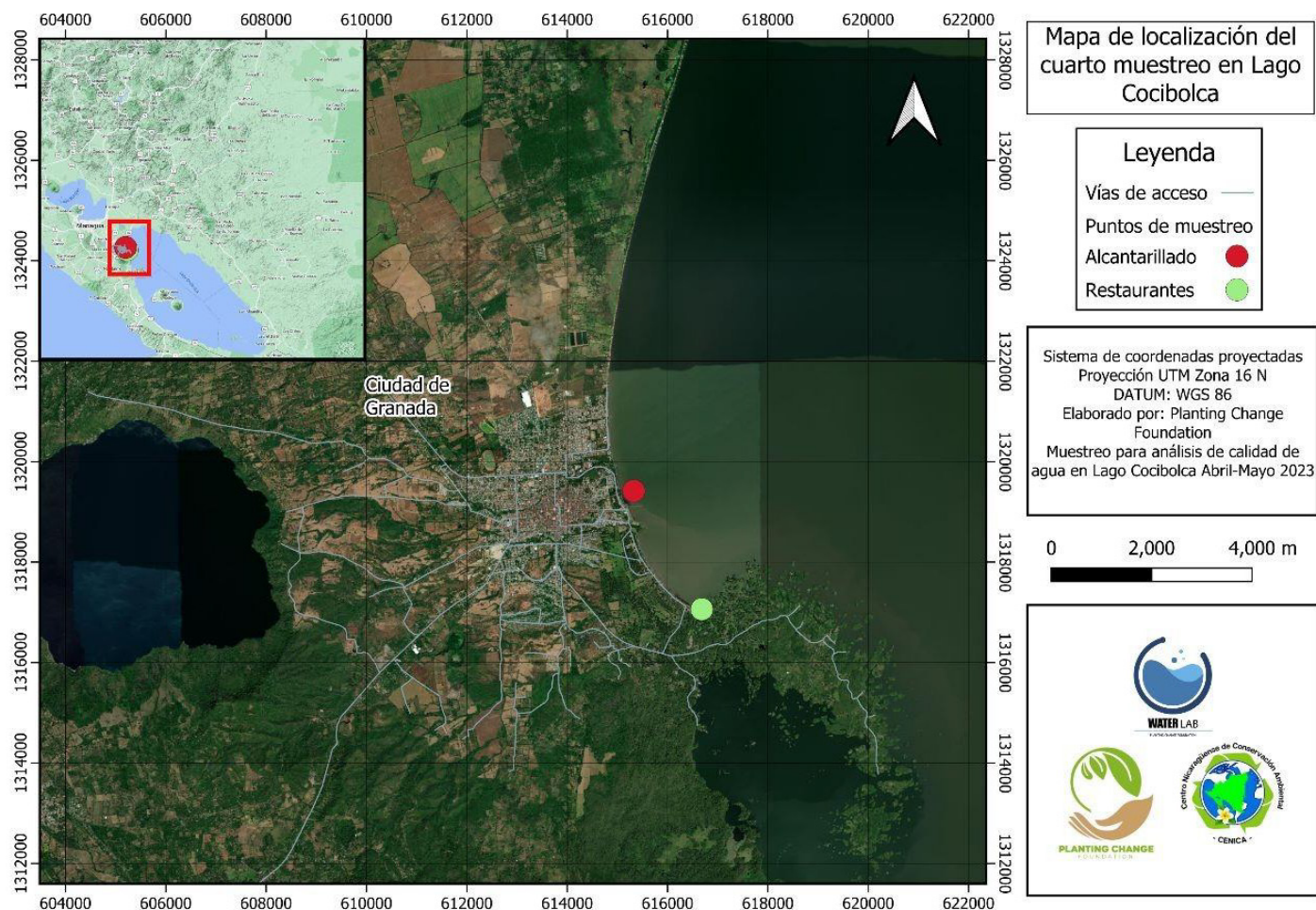


Tabla 5. Zona de Alcantarillado y Restaurantes en área turística

Resultados de Coliformes Totales	
Alcantarillado Granada	Restaurantes
18 NMP /100 mL	25 NMP /100 mL
Resultados de Coliformes Fecales	
Alcantarillado Granada	Restaurantes
28 NMP /100 mL	22 NMP /100 mL

Muestreo 2

Figura 3. Zona de Astillero-Diamante y Santa Rosita- Monserratt

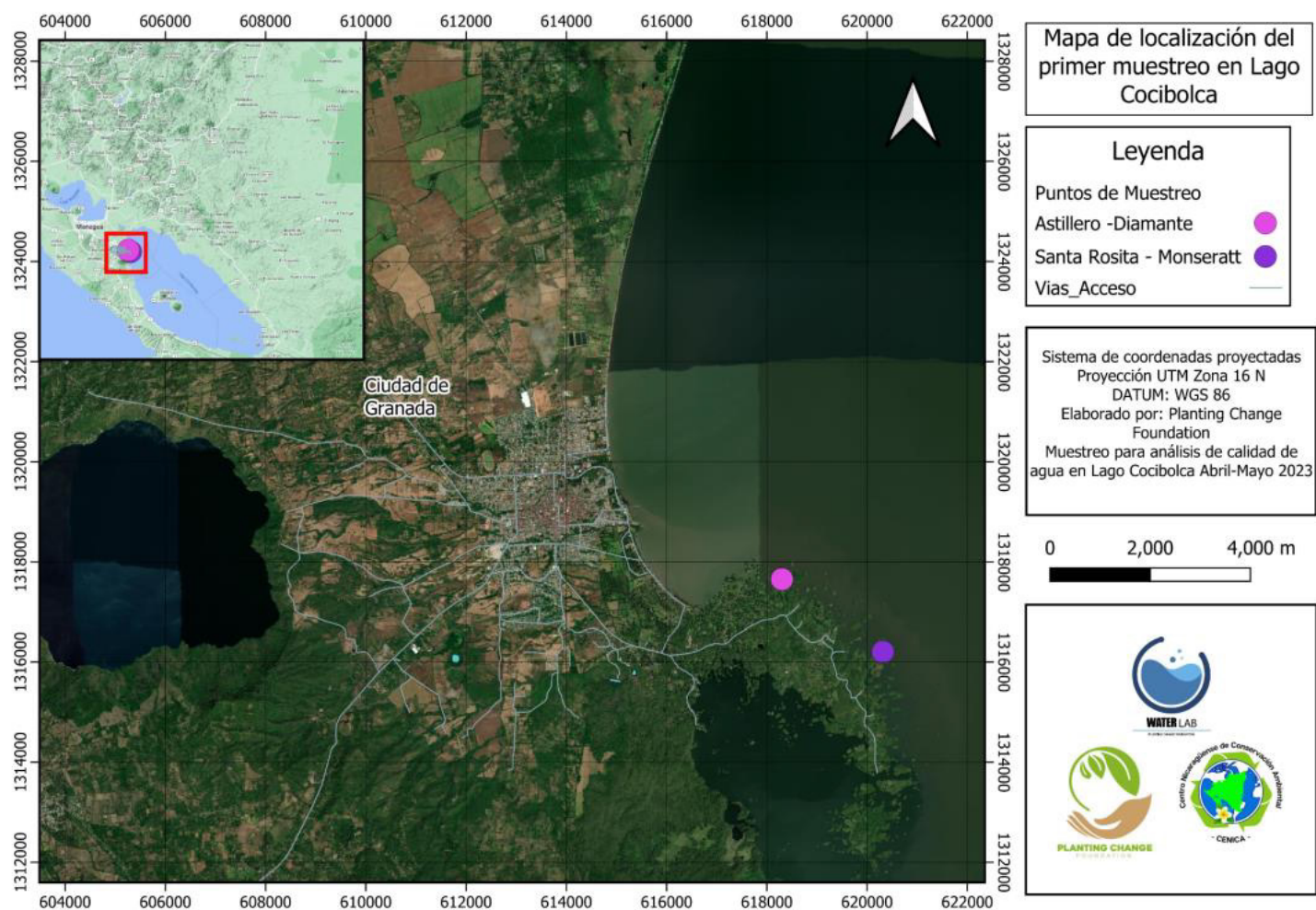


Tabla 6. Zona de Astillero-Diamante y Santa Rosita- Monserratt

Resultados de Coliformes Totales	
Astillero-Diamante	Santa Rosita- Monserratt
11 NMP /100 mL	17 NMP /100 mL
Resultados de Coliformes Fecales	
Astillero-Diamant	Santa Rosita- Monserratt
9 NMP /100 mL	17 NMP /100 mL

Muestreo 3

Figura 4. Zona Frente Atracadero y La Esperanza

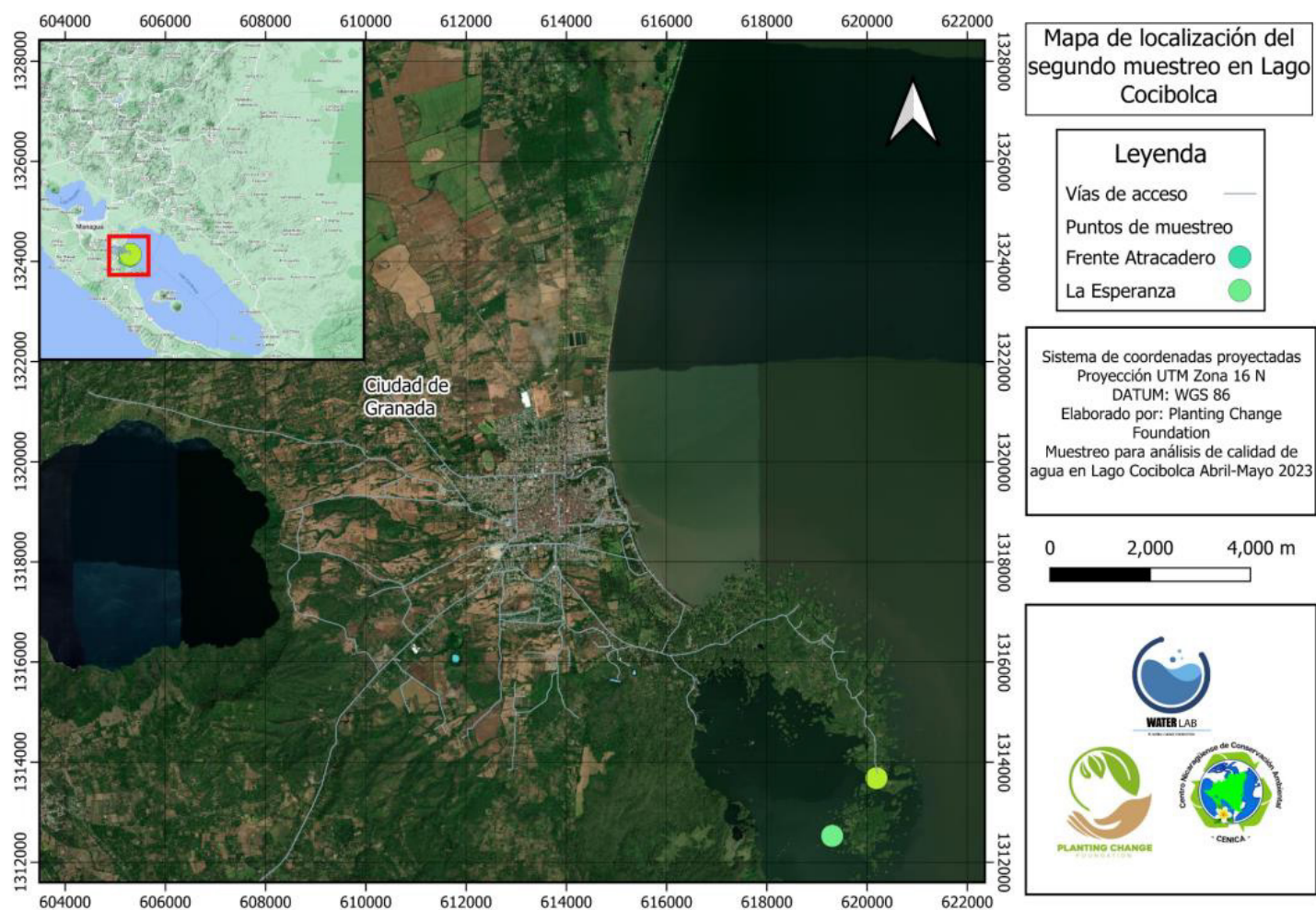


Tabla 7. Zona de Atracadero-El Rayo y La Esperanza

Resultados de Coliformes Totales	
Atracadero-El Rayo	La Esperanza
11 NMP /100 mL	240 NMP /100 mL
Resultados de Coliformes Fecales	
Atracadero- El Rayo	La Esperanza
23 NMP /100 mL	34 NMP /100 mL

Muestreo 4

Figura 5. Zona de Malecón e INTECNA

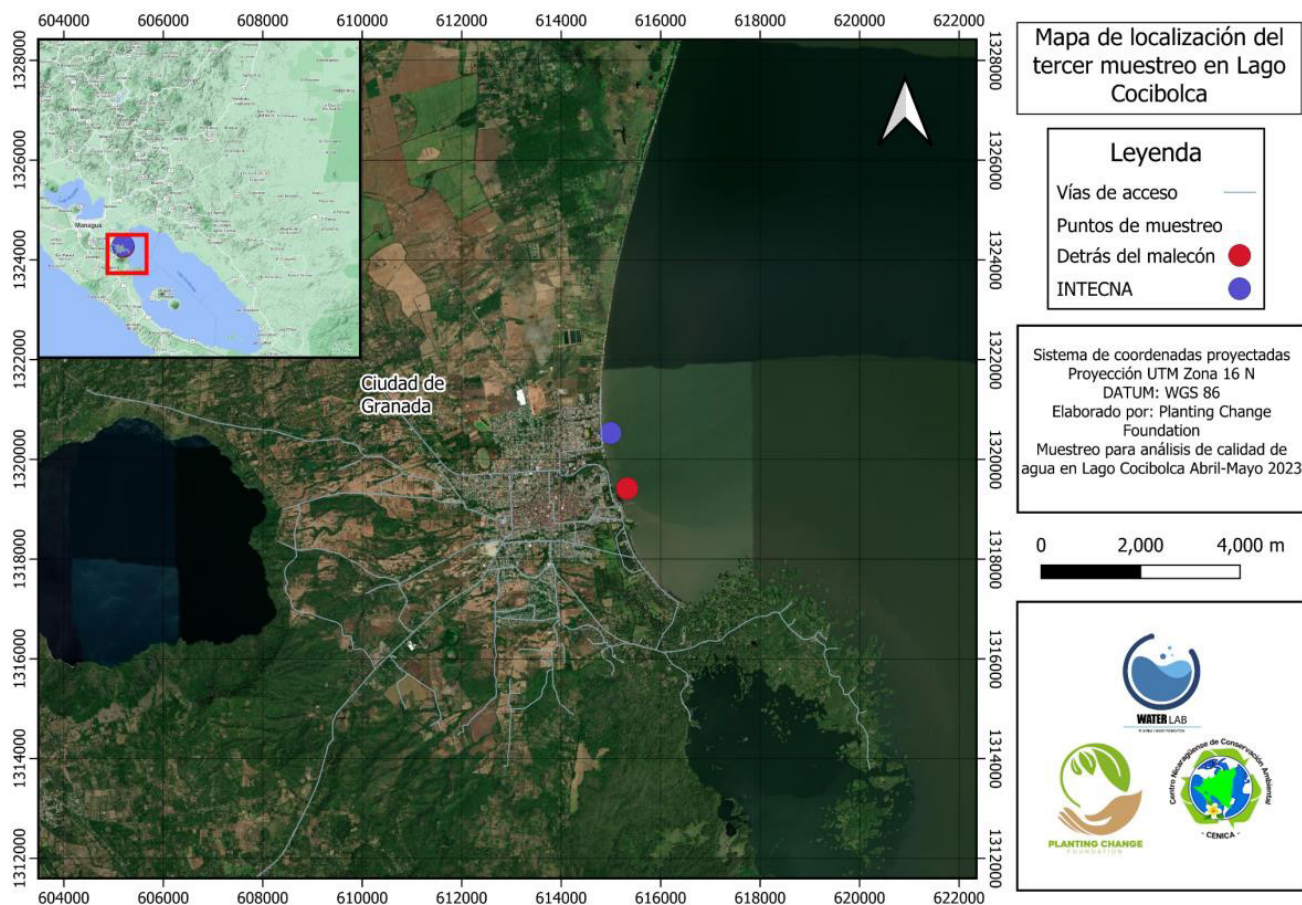


Tabla 8. Zona de Malecón e INTECNA

Resultados de Coliformes Totales	
Malecón	INTECNA
34 NMP /100 ml	500 NMP /100 mL

En relación a los datos de coliformes totales obtenidos durante el cuarto muestreo, durante la fase presuntiva de los dos puntos analizados, se observó que la cantidad de resultados positivos superó nuestra capacidad de manejo. En consecuencia, tomando en consideración las guías microbiológicas actualizadas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano, según la edición de 2004, se confirmó que el grupo de coliformes fecales, y específicamente la bacteria *Escherichia coli*, se establece como el indicador más apropiado para valorar el riesgo de propagación de enfermedades de origen intestinal. En consecuencia, en la fase de Evaluación Confirmatoria (EC), se otorgó prioridad a los resultados relativos a los coliformes fecales, ya que estos resultan ser el indicador principal para evaluar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano, conforme a la fundamentación mencionada.

Muestreo 5

Figura 6. Zona de Caola y San Pedro

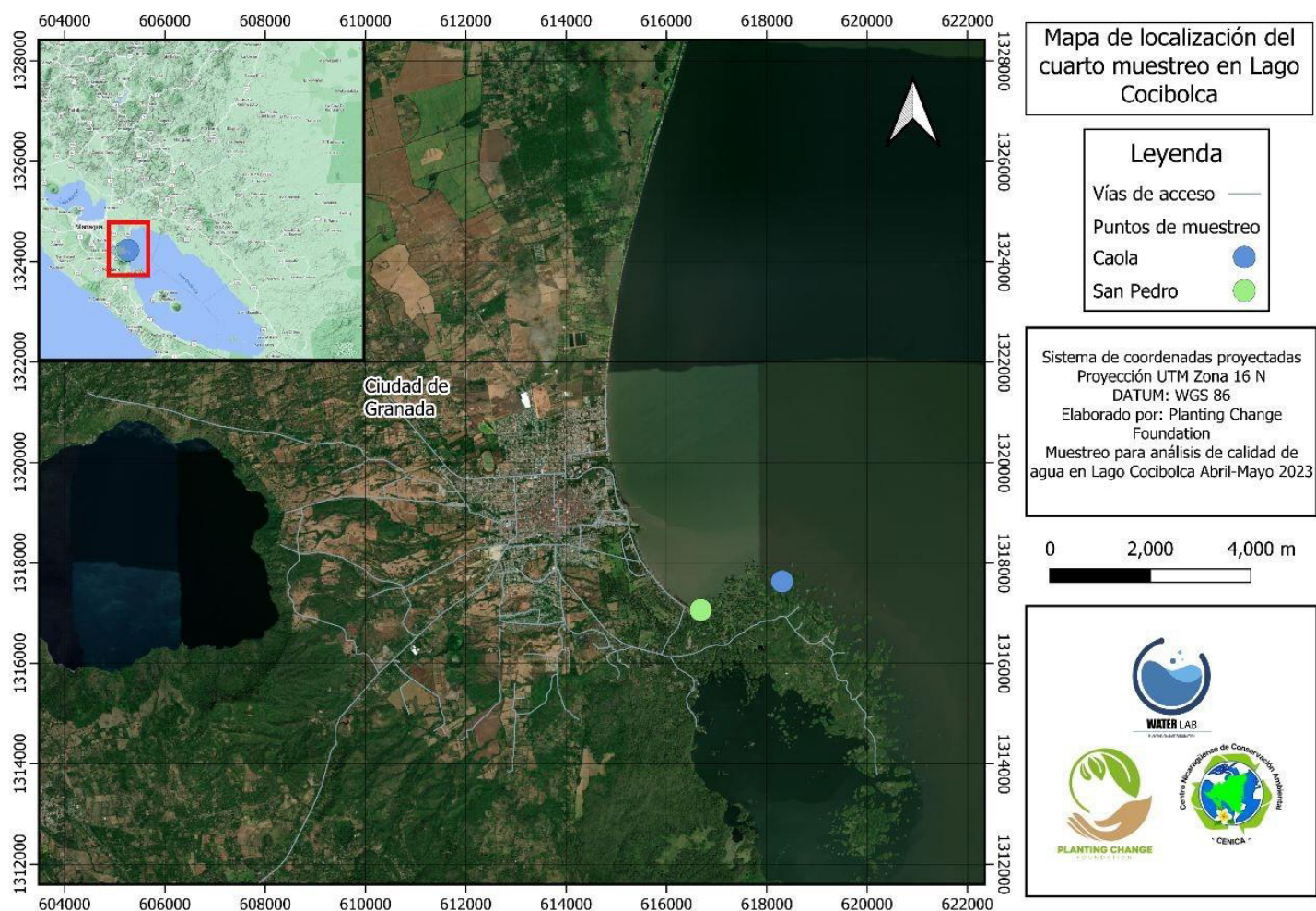


Tabla 9. Zona de San Pedro y Caola

Resultados de Coliformes Totales	
San Pedro	Caola
14 NMP /100 mL	130 NMP /100 mL
Resultados de Coliformes Fecales	
San Pedro	Caola
8 NMP /100 mL	34 NMP /100 mL

Muestreo 6

Figura 7. Zona del Cementerio e Isla Arenal

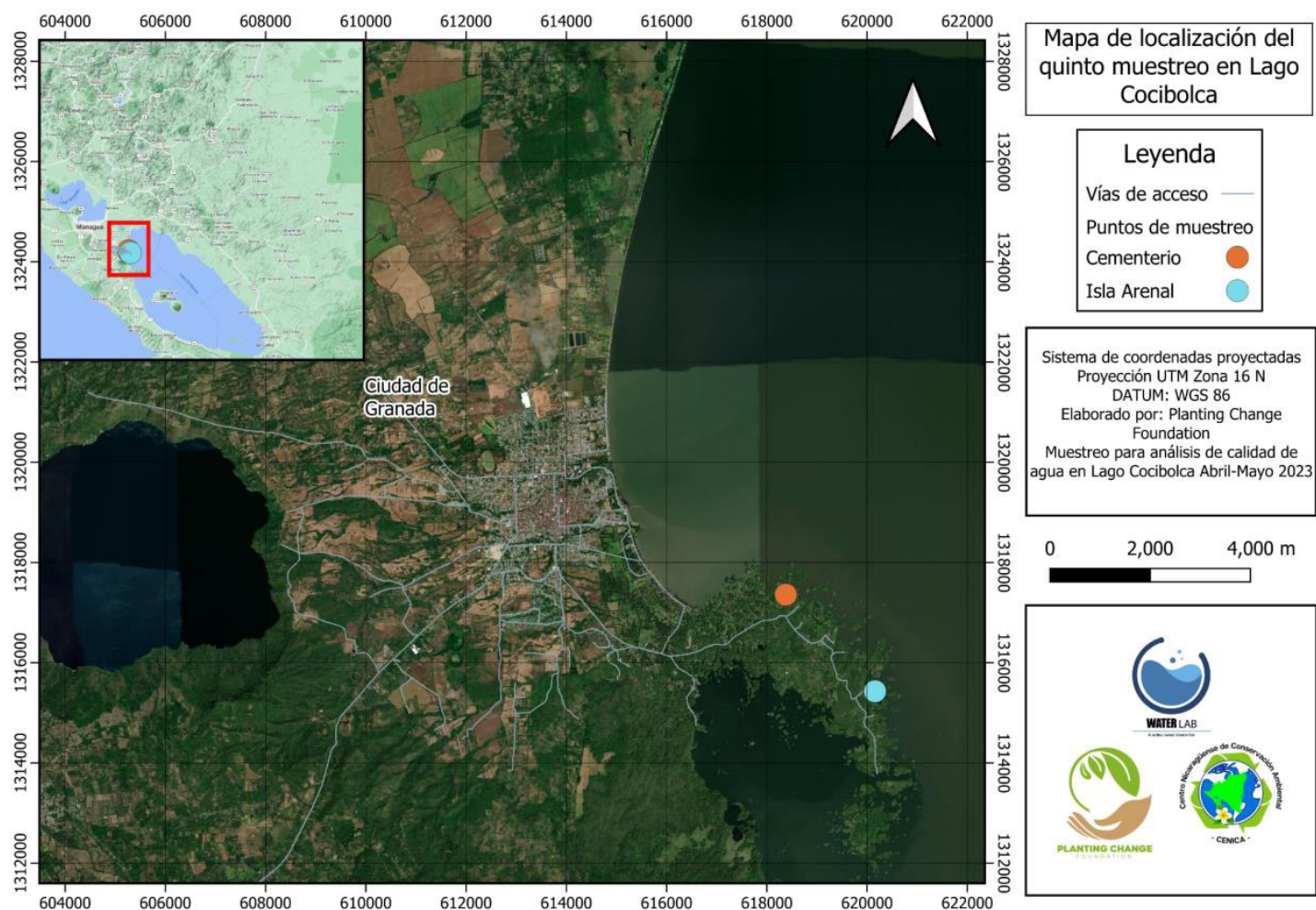


Tabla 10. Zona de Isla Arenal y Cementerio

Resultados de Coliformes Totales	
Isla Arenal	Cementerio
170 NMP /100 mL	900 NMP /100 mL
Resultados de Coliformes Fecales	
Isla Arenal	Cementerio
90 NMP /100 mL	900 NMP /100 mL

Los resultados más altos y alarmantes se vieron en la zona del Cementerio e INTECNA, justo al lado de la carretera hacia Malacatoya. Con 900 NMP/100 y 500 NMP/100 de Coliformes fecales respectivamente. Estos niveles son altamente elevados como para considerar que esta agua siquiera es apta para recreación.

Los resultados de coliformes para el cementerio fueron parte de las muestras recolectadas en la última semana, por esto, se considera que las lluvias jugaron un rol importante y por escorrentía cargaron la contaminación hacia el lago. Lo que demuestra que es necesario alargar la investigación a la época lluviosa para poder demostrar como los

niveles de coliformes en el lago incrementan con las lluvias y la cantidad de bacterias y contaminación que esta puede acarrear hacia la fuente superficial.

Se asume que, los puntos de contaminación son las heces fecales del ganado e incluso materia fecal humana. Planting Change Foundation junto con Fundación MAPEKO ha tenido múltiples giras de limpieza a la costa frente a INTECNA. Más allá de los esfuerzos de estas dos organizaciones por limpiar la costa y salvaguardar la ecología de la zona, las personas que viven en el área resaltan que los esfuerzos son en vano porque siempre llegan nuevamente a dejar contaminación desmesurada.

Resultado del análisis físico-químico

Primer muestreo

Tabla 11. Alcantarillado Granada y Restaurantes

Alcantarillado Granada		
Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	9.00	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	140 ppm	1000
Conductividad (µS/cm)	242 µS/cm	400
Temperatura	20.1 °	-
Restaurantes		
pH	8.94	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	127 ppm	1000

Conductividad (μS/cm)	225 μS/cm	400
Temperatura	19.09 °	-

Segundo muestreo

Tabla 12. Sta. Rosita- Monserrat y Astillero Diamante

Sta. Rosita Monserrat		
Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	8.56	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	117 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	235 μS/cm	400
Temperatura	17.4 °	-
Astillero diamante		
pH	8.46	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	114 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	226 μS/cm	400
Temperatura	16.4 °	-

Tercer muestreo

Tabla 13. Atracadero- El Rayo y La Esperanza

Atracadero - El Rayo		
Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	8.80	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	111 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	223 μS/cm	400

Temperatura	12.2 °	-
La Esperanza		
pH	8.64	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	121 ppm	1000
Conductividad (µS/cm)	243 µS/cm	400
Temperatura	13.0 °	-

Cuarto muestreo

Tabla 14. Malecón e INTECNA

Malecón		
Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	9.01	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	113 ppm	1000
Conductividad (µS/cm)	220 µS/cm	400
Temperatura	10.8 °	-
INTECNA		
pH	9.02	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	110 ppm	1000
Conductividad (µS/cm)	225 µS/cm	400
Temperatura	12.2 °	-

Quinto muestreo

Tabla 15. San Pedro y Caola

San Pedro		
------------------	--	--

Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	9.02	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	125 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	254 μS/cm	400
Temperatura	21.1 °	-

Caola

pH	8.96	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	111 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	239 μS/cm	400
Temperatura	20.8 °	-

Sexto muestreo

Tabla 16. Isla El Arenal y Cementerio

Isla El Arenal		
Parámetro	Valor	Valores máximos admisibles según CAPRE
pH	8.44	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	137 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	266 μS/cm	400
Temperatura	18.0 °	-
Cementerio		
pH	7.69	6.5 a 8.5
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	115 ppm	1000
Conductividad (μS/cm)	230 μS/cm	400
Temperatura	18.3 °	-

En cuanto a los parámetros físico-químicos observados, podemos notar como en su mayoría el pH sobrepasa los niveles máximos, esto denota basicidad o alcalinidad de las muestras de agua analizadas.

La alcalinidad del agua en estos sectores se relaciona con la descarga de aguas residuales domésticas que pueden contener detergentes y productos de limpieza, incluso las personas que lavan ropa a orillas del cuerpo de agua. También, se relaciona con la contaminación agrícola que conlleva uso de fertilizantes que introducen carbonatos y bicarbonatos a la fuente de agua.

Cuando el agua es básica, o tiene un pH que pueda considerarse elevado puede afectar la salud de la siguiente manera:

- Irritación de la piel y ojos: Tener un contacto prolongado puede generar enrojecimiento, picazón o ardor e irritación de los ojos si llega a haber exposición directa.
- Problemas respiratorios: Inhalar vapores de agua básica puede irritar los pulmones y generar afecciones respiratorias.
- Trastornos gastrointestinales: Afecta el equilibrio ácido-base en el estómago y el sistema digestivo, provocando malestar estomacal e incluso diarrea.
- Deshidratación: Un agua básica no se considera efectiva al momento de hidratarse a como puede ser un agua neutra o ligeramente ácida, y puede interferir con la capacidad del cuerpo para retener y absorber el agua.
- Desequilibrios electrolíticos: Lo que interfiere con los niveles de sodio, potasio y calcio en el cuerpo y afecta los músculos y nervios.



Irma Ramos, bióloga laboratorista con enfoque en análisis de calidad de agua / Por Planting Change Foundation

HERRAMIENTA DE INCIDENCIA

El Lago Cocibolca o Lago de Nicaragua, es un cuerpo de agua de gran extensión, abarca los departamentos de Granada, Rivas, Río San Juan, Chontales y Boaco. A su vez, contiene 365 isletas, 2 islas grandes: Ometepe y Zapatera.

Los habitantes de los territorios dentro y aledaños al lago aún consumen agua directamente del mismo. Es muy recurrente ver a las personas introduciendo sus botellas o vasos para tomar un poco de agua del lago y cubrir la sed.

Cuando se trata de coliformes, específicamente la bacteria *Escherichia coli* (E. coli) puede provocar enfermedades gastrointestinales como diarrea, vómito, deshidratación e incluso fiebre, afectando a comunidades en general. Lo que puede provocar ausentismo escolar y laboral, pues las personas que consumen agua contaminada pueden enfermarse y necesitar tiempo para poder estabilizarse y recuperarse, impactando la economía local, rendimiento económico y el desarrollo social.

Cuando de desarrollo social y humano hablamos, definitivamente en el área de la salud es sumamente importante poder llevar un control de los principales focos de enfermedades para los ciudadanos, empezando por garantizar la calidad del agua que estos ingieren, un derecho básico y primordial para el progreso, así como generar campañas sobre prácticas adecuadas de higiene y saneamiento para prevenir la contaminación de las fuentes.

Por medio de esta investigación se pretende poder informar sobre el estado de calidad de agua para poder obtener una herramienta que permita incidir y provocar cambios en la sociedad nicaragüense, que se incentiven más investigaciones y sirva de motor para impulsar próximos estudios en el Lago Cocibolca, ya que no se cuenta con suficientes estudios de calidad de agua para este cuerpo superficial y tenemos personas consumiendo directamente de esta fuente y al mismo tiempo contaminándolo.

Es importante evaluar qué otros tipos de contaminantes existen en el Lago Cocibolca, y poder monitorear el transporte de estos contaminantes de un punto a otro, es decir, extender el área de estudio para entender el comportamiento de estos y transformar las conductas.

Hasta el momento el laboratorio de calidad de agua de Planting Change Foundation, tiene la capacidad de analizar coliformes totales, coliformes fecales, pH, sólidos totales disueltos, temperatura y conductividad. Ha sido un proceso donde poco a poco se ha ido adquiriendo más equipos e insumos que permitan fortalecerlo y convertirlo en un laboratorio profesional. Para esto es necesario seguir en la búsqueda metodologías y cotizando de equipos que se adecuen a técnicas de análisis que ayuden a incrementar el número de parámetros de análisis de manera que en un futuro cercano se analicen más parámetros de calidad de agua que permitan conocer mejor el estado del Lago Cocibolca y poder incidir más a nivel nacional.

6 CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de coliformes fecales de la serie de muestras de agua tomadas dentro del área de influencia de la Ciudad de Granada, se pudo identificar que las zonas con mayor contaminación fueron INTECNA y Cementerio, con 500 NMP/100 mL y 900 NMP/100 mL respectivamente. Siendo concentraciones altamente elevadas para un lugar donde aún se observan pobladores bañándose, nadando, jugando, e incluso bebiendo.
- De acuerdo con la normativa regional CAPRE, que dispone de una serie de parámetros de calidad de agua con sus valores máximos admisibles para que una fuente sea considerada apta para consumo humano, los parámetros físico-químicos de este reporte se encuentran en general dentro de lo aceptable, excepto el pH que para Caola, San Pedro, INTECNA y el Malecón se encuentra por encima de los máximos admisibles, esto se relaciona con actividades antropogénicas que disponen en el agua detergentes y químicos de prácticas agrícolas.
- Los lugares más contaminados son INTECNA y el Cementerio donde la principal fuente de contaminación son las actividades antropogénicas, personas que tiran basura directamente al lago, que llevan a su ganado a orillas del lago y depositan sus excretas libremente. En cuanto al cementerio, toda la actividad de los humanos, la basura que tiran, sus animales de carga y la lluvia que hubo en esa semana, acarrearón mediante la escorrentía toda la contaminación hacia el cuerpo de agua.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la investigación continúe en el invierno para poder hacer una comparación de la manera en que las diferentes corrientes, movimiento en el lago, y escorrentía, afectan los niveles de contaminación en los mismos puntos analizados a lo largo de esta investigación.
- Se espera que las capacidades del laboratorio se incrementen próximamente de manera que puedan analizar más parámetros de los que actualmente están analizando, para que sea una herramienta más completa que permita reconocer un amplio espectro de contaminantes que pueden afectar el ecosistema y la salud humana, se propone que se avance a metales pesados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Organización mundial de la Salud. (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales. Ginebra: OMS. (Serie de Informes Técnicos 778), de www.who.int/water.sanitation.health.dwq.guidelines.es.

Arcos, M. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua, de http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf.

Glynn, H., y Heinke, G. (1999). Ingeniería Ambiental. México. PEARSON.

Lenntech. (2014). Tratamiento y purificación del agua. Recuperado el 14 de agosto de 2014, de <http://www.lenntech.es/estandares-calidad-agua-oms.htm>.

Montenegro, S. 1994. El Agua Origen de Vida. Características generales del Lago Cocibolca Granada, Nicaragua.

González Hernández, S. E. (Septiembre de 2006). Diagnóstico de la Calidad de Agua de los Tributarios que drenan al Lago Cocibolca. Managua, Nicaragua.

CAPRE. (1994). Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano. NORMA REGIONAL CAPRE. San José, Costa Rica.

Vammen, K., Peña, E., García, I., & Altamirano, R. (Agosto de 2019). LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS AMÉRICAS RIESGOS Y OPORTUNIDADES. México: The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS).

E. Castillo Hernández (1), H. Calderón Palma, V. Delgado Quezada, Y. Flores Meza y T. Salvatierra Suárez. (28 de Febrero de 2006). Situación de los recursos hídricos en Nicaragua. Managua, Nicaragua: Boletín Geológico y Minero, INETER.

Fundación Nacional de Salud. (2013). Manual práctico de análisis de agua 4ª edición. Brasília: Printed in Brazil.

Herrera, L. V. (21 de Septiembre de 1999). CALIDAD SANITARIA DE LOS ARROYOS DE LA CIUDAD DE. Managua, Nicaragua.

- Katherine Vammen, Jorge Pitty Tercero y Salvador Montenegro Guillén. (27 de Julio de 2007). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EUTROFICACIÓN DEL LAGO COCIBOLCA, NICARAGUA Y SUS CAUSAS EN LA CUENCA. Managua, Nicaragua: Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (CIRA/UNAN).
- Guevara Calero, K. G., & Pérez, J. C. (8 de Enero de 2015). Causas y consecuencias de la contaminación en el lago de Nicaragua. Chontales, Nicaragua .
- Ramón E. García Galán y Silvia Hernández. (2 de Agosto de 2007). Evolución Trófica del Lago Cocibolca. Managua.
- Saavedra-Chamorro, R. & J. Guatemala-Herrera. (13 de Febrero de 2007). CONDICION AMBIENTAL Y BIOLÓGICA EN LAS ISLETAS DE. Managua. Sandoval Tijerino , Y. d., & Torrez Ortega, A. M. (12 de Mayo de 2013). Calidad de Agua del Río de Oro Mediante la Aplicación de Índices Biológicos y Parámetros Fisicoquímicos Durante la Estación Seca y Lluviosa en el Departamento de Rivas, . Managua , Nicaragua .
- Guevara, K. y Pérez, J. (2015). Causas y consecuencias de la contaminación en el lago de Nicaragua, [Archivo PDF]. <https://repositorio.unan.edu.ni/1763/1/10394.pdf>.

Ejemplo de cadena de custodia

Descripción de la muestra	
Fecha	Martes 06 de junio del 2023
Hora	9:20 y 10:40
Número de muestras	2
Matriz	Agua
Origen de la fuente	Las muestras fueron colectadas en dos puntos de muestreo seleccionados al azar isla el arenal y cementerio ubicados dentro de las isletas de Granada
Lugar de muestreo	Lago Cocibolca, Granada
Coordenadas	Isla el arenal: N: 11.89724° O: 085.89667° Cementerio: N: 11.91474° O: 085.91295°
Volumen total	1000 ml o 1 litro de las muestras en total 2 litros
Información del análisis	
Parámetros medidos	• Coliformes totales y fecales • pH, conductividad, sólidos totales disueltos, temperatura
Método de análisis	• Método del NMP • Multi paramétrico Milwaukee MW803 MAX
Observaciones	Durante la recolección de las muestras se observó que en los dos puntos eutrofización de las aguas del lago e incluso en la ribera del área del cementerio se encontraban pastando un grupo de vacas posible foco de contaminación fecal en el área
Nombre de responsables	Irma Carolina Ramos, Arasí Torres Blandino

Foto 1 y 2. Toma de muestras



Foto 3. Viviendas asentadas en las isletas de Granada



Foto 4. Desagüe directamente en el Lago Cocibolca



Foto 5. Fase confirmativa y presuntiva del análisis microbiológico

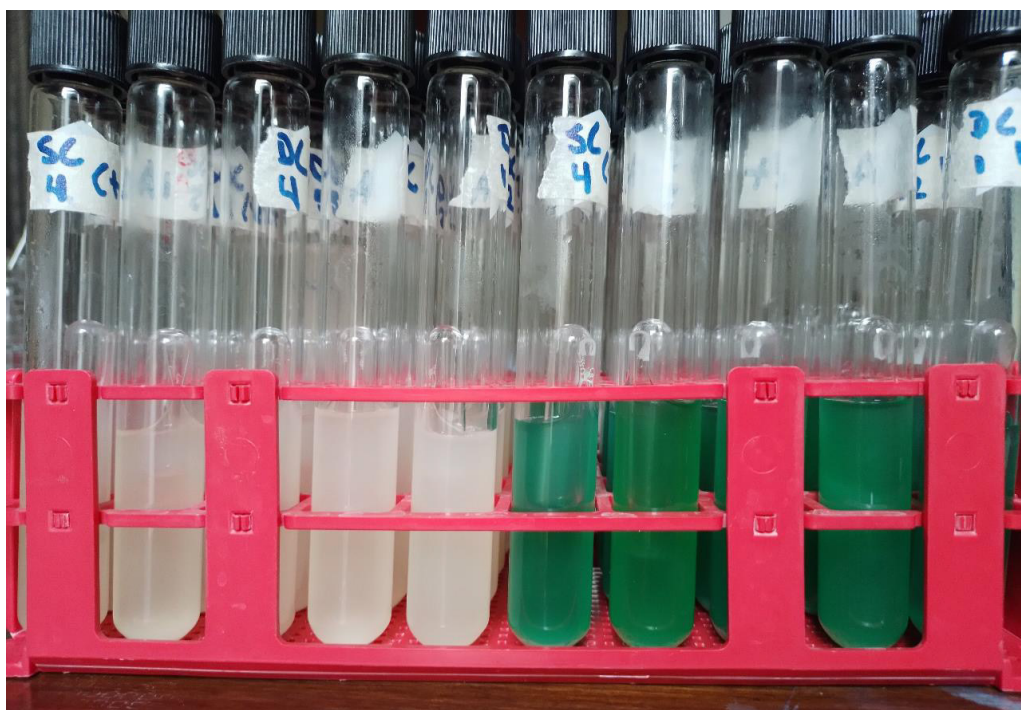


Foto 6. Multiparamétrico





WATER LAB

PLANTING CHANGE FOUNDATION

🌐 plantingchangefoundation.org/

📘 PlantingChangeFoundation

🐦 @plantingchange_

📷 plantingchange_

WATER LAB

POR PLANTING CHANGE FOUNDATION



IRWIN ANDREW PORTER *foundation*