



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“Evaluación Toxicológica del Río Minas, Parroquia Piartal, Cantón Montúfar”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA AMBIENTAL

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Manejo sostenible de recursos naturales

SUBLINEA: Manejo sostenible de recursos naturales

AUTOR: LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO

ASESOR: SANTIGO XAVIER MAFLA ANDRADE

Ibarra, septiembre del 2023

Ibarra, septiembre de 2023

Santiago Mafla Andrade
ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

Santiago Mafla

C.C.: 1002658399

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

Santiago Xavier Mafla Andrade
C.C.: 1002658399



(f).....

Yadira Ordoñez Vivanco
C.C.: 103764864



(f).....

Ruben del Toro Déniz
C.C.: 175754447-1

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, septiembre del 2023



f):

LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO

C.C.: 0401924444

AUTORÍA

Yo, LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO, portador de la cédula de ciudadanía N° 0401924444, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):

LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO

C.C.: 0401924444

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO, con C.C.: 0401924444, autor del trabajo de grado intitulado: EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DEL RÍO MINAS, PARROQUIA PIARTAL, CANTÓN MONTÚFAR previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Ambiental, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESEI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, septiembre del 2023



f):

LEYDI DAYANARA HERNÁNDEZ ERAZO

C.C.: 0401924444

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DEL RÍO MINAS, PARROQUIA PIARTAL, CANTÓN MONTÚFAR, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 13 de febrero de 2023.

Para constancia firma:



f):

Leydi Dayanara Hernández Erazo
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 0401924444
Carrera: Ingeniería Ambiental

Ibarra, 15 de febrero del 2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación, a todas las personas que creen en la investigación, ciencia y sobre todo a las que les importa el cuidado del medio ambiente, esta investigación les ayudará a motivarse y tomar acciones rápidas e importantes para el cuidado del recurso natural más valioso, el agua.

También a mi familia, docentes y personas cercanas que han contribuido en esta travesía académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, a mi querida familia al creer en mí, fueron la brújula que me guio a través de los desafíos, gracias por todo el amor y apoyo que me han brindado durante mi carrera universitaria, especialmente a mi mamá por ser un constante soporte de ánimo en cada paso de mi vida.

A los docentes, por ser testigos de mi crecimiento profesional y personal, gracias por su dedicación y pasión con la cual compartieron su conocimiento, cada consejo y lección han contribuido con mi proceso de educación, la confianza que han depositado en mí siempre me ha inspirado a seguir firme en el proceso para hacer las cosas bien.

Gracias a todos mis amigos y personas cercanas que contribuyeron con una motivación, consejo o enseñanza en cada paso que doy.

Mi más sincera gratitud hacia todos en este capítulo de mi vida.

ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO II.....	22
OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo General	22
2.2. Objetivos Específicos.....	22
2.3. Pregunta Directriz	22
CAPÍTULO III.....	23
ESTADO DEL ARTE	23
3.1. Cuenca Hidrográfica	23
3.2. Parámetros que Influyen en la Calidad de Agua.....	25
3.3. Impactos de las Actividades Humanas en la Salud Hidrológica de los Ríos	26
3.3.1. Impactos del Uso de Plaguicidas	28
3.3.2. Plaguicidas Usados en el Cultivo de Papá en Carchi	31
3. 4. Toxicología	34
CAPÍTULO IV	36
MATERIALES Y MÉTODOS	36
4.1. Materiales	36
4.1.1. Equipos.....	36

4.1.2. Reactivos	37
4.1.3. Materiales	37
4.2. Área de Estudio	37
4.2.1. Parroquia Piartal	37
4.2.2. Identificación de Puntos de Muestra	38
4.3. Recolección de muestras	39
4.3.1. Muestreo Microbiológico.	39
4.3.2. Parámetros Físicos Químicos.	40
4.4. Manejo de Muestras	40
4.5. Análisis In Situ	40
4.6. Análisis Ex Situ	41
4.6.1. Nitratos (3689-SC).....	41
4.6.2. Nitritos (3694-SC)	41
4.6.3. Hierro (3648-SC)	42
4.6.4. Fosfatos	42
4.6.5. Sulfatos (3665-SC)	42
4.6.6. DBO ₅	42
4.7. Índice de Calidad de Agua (ICA).....	43
4.8. Análisis Microbiológico.....	44
4.8.1. Conteo de Coliformes Totales	44
4.8.2. Identificación de E. Coli Coliformes Totales	44
4.9. Desarrollo Toxicológico con la Lechuga <i>Lactuca Sativa L.</i>	44
4.10. TOXI-CHROMO TEST	45
4.11. Límites Permisibles	47
CAPÍTULO V	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1. Parámetros Físicos	49
5.2. Parámetros Químicos	54
5.3. Parámetros Microbiológicos	63

5.4. Comparación de Análisis con la Normativa TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2 ..	64
5.5. Calidad del Agua (ICA)	65
5.6. Análisis Toxicológicos.....	66
5.6.1. Germinación de Lechuga Lactuca Sativa L.....	66
5.6.2. Test Toxi-Crhom	66
5.7. Discusión.....	67
CAPÍTULO VI	69
CONCLUSIONES	69
CAPÍTULO VII.....	70
RECOMENDACIONES.....	70
CAPÍTULO VIII.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	80
Anexo 1. <i>Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos</i>	80
Anexo 2. <i>Análisis del índice de Calidad de Agua</i>	83
Anexo 3. <i>Evidencia fotográfica el desarrollo de la investigación</i>	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos crónicos en la salud por exposición de As, Cd, Cr y Pb en agua potable...	29
Tabla 2. Fungicidas usados en la producción de papa.....	32
Tabla 3. Insecticidas usados en la producción de papa.....	33
Tabla 4. Condiciones de la prueba de toxicidad aguda con <i>Lactuca sativa L.</i>	45
Tabla 5. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.....	47
Tabla 6 Turbidez.....	49
Tabla 7 Oxígeno Disuelto.....	50
Tabla 8 Temperatura.....	51
Tabla 9 Conductividad Eléctrica.....	52
Tabla 10 Sólidos Suspendedos Totales	53
Tabla 11 Potencial de Hidrógeno.....	54
Tabla 12 Demanda Biología de Oxígenos	56
Tabla 13 Hierro total.....	57
Tabla 14 Hierro total.....	57
Tabla 15 Color	58
Tabla 16 Nitritos y Nitratos	59
Tabla 17 Sulfatos	61

Tabla 18 Fosfatos.....	62
Tabla 19 Levaduras y moho, aerobios, coliformes totales y E. coli	63
Tabla 20 Comparación de parámetros obtenidos con la tabla 2 del TULSMA	64
Tabla 21 Valores de toxicidad	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.....	39
Figura 2 Toxi-Chromo Test protocolo	46
Figura 3 Interpretación de resultado	46
Figura 4 Toxicidad.....	48
Figura 5 Turbidez.....	49
Figura 6 Oxígeno Disuelto.....	50
Figura 7 Temperatura.....	51
Figura 8 Conductividad eléctrica	52
Figura 9 Sólidos Suspendidos Totales	54
Figura 10 Potencial de hidrógeno	55
Figura 11 Demanda Biología de Oxígenos	56
Figura 12 Color	59
Figura 13 Nitritos y Nitratos.....	60
Figura 14 Sulfatos.....	61
Figura 15 Fosfatos	62
Figura 16 Levaduras y moho, aerobios, coliformes totales y E. coli.....	63
Figura 17 Índice de calidad de agua	65
Figura 18 Germinación de Lechuga.....	66

Figura 19 Valores de toxicidad.....67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos	801
Anexo 2 Análisis del índice de Calidad de Agua	834
Anexo 3 Evidencia fotográfica el desarrollo de la investigación	85

RESUMEN

El agua desempeña un papel esencial en la existencia de la vida, ya que cumple funciones vitales en el entorno, como participar en reacciones químicas, regular la temperatura, transportar nutrientes y contribuir al desarrollo tanto social como ambiental. En esta investigación se desarrolló un análisis del índice de calidad y toxicología del agua del río Minas, ubicado en la parroquia Piartal, provincia del Carchi, aunque no se habían realizado estudios previos de calidad de agua en esta zona, el resultado mostró un índice de calidad de agua con un valor de 45, valor que se encuentra en el rango de 26 a 50 correspondiente a una clasificación mala; además, se realizó un bioensayo utilizando lechuga *Lactuca sativa* L, cuyos resultados indicaron que el agua no es tóxica para la germinación y desarrollo de las plantas. Por otro lado, el test de toxi-chrom reveló que todas las muestras de agua analizadas son tóxicas, debido a que superan el 50%, porcentaje establecido por la guía de usuario en la interpretación de resultados, los análisis microbiológicos demostraron un crecimiento significativo de bacterias, que influye en la determinación de calidad del agua.

En el caso específico del río Minas, se han observado efectos adversos en la calidad del agua, clasificada como mala, esta situación podría atribuirse a la intensa actividad agrícola y ganadera en la región de estudio. Por lo tanto, se sugiere realizar análisis de suelo en las áreas adyacentes al río para obtener datos sobre las características físicas, químicas y microbiológicas que contribuirán a comprender la baja calidad del agua que se presenta en el río Minas dentro del límite parroquial de Piartal.

Palabras clave: Toxicología de río, ICA, Cantón Montúfar

ABSTRACT

Since it performs crucial environmental tasks like participating in chemical processes, controlling temperature, delivering nutrients, and promoting both social and environmental growth, water is crucial to the existence of life. This study examined the Minas River's water quality and toxicity index, which is a part of the Piartal parish in the Carchi province. A bioassay using *Lactuca sativa L lettuce* was conducted, and the results showed a low water quality index with a bad classification of 45 despite the fact that no previous water quality studies had been carried out in the area value that is in the range 26 to 45. Additionally, the results of the bioassay showed that the water is not toxic for the germination and growth of the plants.

On the other hand, the toxi-chrom test revealed that all the water samples analyzed are toxic, exceeding the 50% threshold in the interpretation of results, the microbiological analyses showed a significant growth of bacteria, which influences the determination of water quality. The extensive agricultural and animal activities in the research area may be to blame for the negative consequences that have been seen in the water quality of the Minas River, which is classed as poor. As a result, it is advised that soil analyses be carried out in the river's vicinity to gather information on the physical, chemical, and microbiological traits that will help explain the poor water quality of the Minas River inside the Piartal parish line.

Keywords: River toxicology, ICA, Cantón Montúfar

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua puede darse por factores naturales y antropogénicos afectando la calidad de esta (Prajapati et al., 2022), existen dos fuentes antropogénicas: puntuales, como el agua residual y no puntuales como la escorrentía pecuaria. En América del Sur las principales cuencas hidrográficas son adyacentes a zonas agropecuarias (Lajmanovich et al., 2023), por esta razón son responsables de la mayor producción de agua residual por volumen, filtrándose al suelo llegando a los acuíferos subterráneos donde se ha verificado la presencia de nitratos provenientes de agroquímicos usados en el campo agrícola y ganadero (Mateo-Sagasta et al., 2018).

Las acciones que contribuyen a la contaminación del agua en zonas rurales son la agricultura y ganadería, contaminación que puede convertirse en tóxica para el medio ambiente y la salud humana, debido a la toxicidad de plaguicidas que aumenta cuando ingredientes activos como mancozeb, malathion y foratoc son combinados con agentes de fórmula específica más comunes (Prajapati et al., 2022); la persistencia de estos plaguicidas se debe a sus propiedades fisicoquímicas que son intervenidas por parámetros de niveles hidrológicos y climático, aumentando su concentración en época seca en la parte baja de ríos (Lajmanovich et al., 2023).

Las actividades agropecuarias usan el 70 % de agua en el mundo, por lo que produce escorrentía y se da el transporte de insumos pecuarios (GBM, 2017), provocando acumulación de metaloides en suelo y en el sedimento de ríos (Xu et al., 2023). En una investigación del 2019 en la región Prairie Pothole ubicada al norte de las Grandes Llanuras que tiene cientos de humedales no profundos, se pudo identificar que en el 2015 se usó 39.235 toneladas métricas de pesticidas, entre ellos se halló 12 insecticidas, 55 herbicidas y 27 fungicidas de uso común (Prajapati et al., 2022), aportando residuos pecuarios al agua (Yadav et al., 2022), siendo el nitrógeno y el fósforo los más comunes en los agroquímicos por lo cual están presentes en la escorrentía agropecuaria (Nzungung y Gugolz, 2022); estas inserciones se

debe a que estos se pueden transportar por agua, erosión o viento (Prajapati et al., 2022). En el caso específico de la ganadería ocupa una superficie de 30% del planeta y 73% de pastos (Steinfeld et al, 2009), actividad conocida como una de las más perjudiciales para el recurso hídrico, porque también produce desechos fecales, antibióticos y hormonas que pueden transportarse al agua, al igual que los insumos agropecuarios que se usan en el crecimiento y cuidado de los pastizales para su alimentación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2006).

Para poder evaluar la carga toxicológica se hace uso de organismos como plantas, vertebrados e invertebrados los cuales permiten hacer valoraciones toxicológicas donde se puede apreciar la mortalidad, genotoxicidad en el desarrollo o alteraciones hormonales de los individuos a estudiar (Tu et al., 2023). La toxicidad en un ecosistema u organismo depende de la bioacumulación de sustancias químicas que tengan o como interactúan en un medio (Prajapati et al., 2022).

Los ríos son importantes ecosistemas diversos con muchas relaciones naturales y socioeconómicas, que se dan a lo largo de su cauce, estos sistemas no se miran afectados con actividades pequeñas en un corto tiempo, debido al movimiento constante de agua y su capacidad para transportar sedimentos, pero su auto - reparación puede ser muy limitada por la cantidad de contaminación o impacto producido en un tiempo determinado; su recuperación depende de varios factores como la vegetación, actividades sociales, calidad de agua y asentamientos humanos (Jiang et al., 2021).

En el área donde se desarrolla la presente investigación no existe análisis previos de calidad de agua, por lo que dicha investigación analizó la carga toxicológica de cuatro puntos establecidos dentro del límite político de la parroquia Piartal, en la zona de estudio existe agricultura y ganadería, por lo que hay transporte de agroquímicos al agua.

El Río Minas ubicado en la parroquia de Piartal, es una zona ecológica importante para el nacimiento de agua, es considerada una parroquia guardiana de ceja de montaña, debido a que no permite la extensión de la zona agrícola o ganadera hacia la montaña. El Río Minas

conforma la microcuenca río Cuasmal, afluentes del río Apaquí que desemboca en la subcuenca del río Chota (Montúfar, 2021). A lo largo del río se puede apreciar la formación de playas, terrazas bajas y conos de deyección (Montúfar, 2015).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la toxicidad del agua mediante análisis de laboratorio para identificación de carga toxicológica en el río Minas, parroquia Piartal, cantón Montúfar.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar físico química y microbiológicamente el agua del río Minas mediante análisis in situ y ex situ.
- Evaluar la presencia de toxicidad del agua del río Minas, identificando si es apta para usos agrícolas y pecuarios.

2.3. Pregunta Directriz

¿El agua del río Minas cumple con los límites máximos permisibles para uso agrícola y pecuario según lo establecido en la normativa ambiental vigente?

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Cuenca Hidrográfica

Es un espacio delimitado por laderas, colinas y parte alta de la montaña, el agua que corre por el río principal desemboca en otros (Faustino et al., 2006), la cuenca es independiente de fronteras político – administrativa (Aguirre, 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura menciona que “la cuenca hidrográfica es la zona geográfica drenada por una corriente de agua” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2009) .

Ecuador está dividido en 31 sistemas hidrográficos, dentro de estos existen 79 cuencas; de modo que estos sistemas se deben a dos vertientes hídricas que se originan en los Andes desembocan al Océano Pacífico en un total de 24 cuencas, mismas que tienen una extensión de 123.243 km², con un 48,07% de superficie dentro del área nacional, y 7 cuencas que fluyen hacia la región amazónica con 131.802 km² representando 51,41% del territorio nacional. La región insular comprende 1.325 km² siendo 0.52% del área nacional. El recurso hídrico en Ecuador depende de una importante y compleja relación entre algunos agentes climáticos originados en los puntos cardinales como la corriente de Humboldt, El Niño, etc., así como factores locales, relacionados con la Cordillera Andina, influye mucho la ubicación geográfica, época del año y otros para originar el clima local (Muñoz et al., 2014)

Dentro de la cuenca hidrográfica se puede encontrar la microcuenca, misma que está delimitada en parte alta, media y baja, en esta el agua lluvia se une formando arroyos y ríos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2007), siendo de importancia geográfica, ambiental, económico y social (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2018). Es un componente fisiográfico del sistema delimitado por el relieve del río (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), 2002). Al conocer que es un ecosistema muy completo donde interactúan diversos factores como variables temporales o fijadas a estos sistemas fluviales, se les puede dar un manejo eficiente que ayude al desarrollo social y natural sin alterar o poner en riesgo todo el ecosistema que conforman (Córdova y Pascual, 2013).

3.1.2. Territorio Hidrosocial

Son espacios integrados entre la naturaleza y la sociedad, originando un proceso socio-cultural, que adopta flujos hídricos y tecnológicos formando una socio-naturaleza (Damonte y Boelens, 2019). Los territorios hidrosociales se conocen como “Interacciones socioambientales de flujos agua, relaciones ecológicas, estructura hidráulica, economía, jurídico, administrativos e instituciones, cultura se definen, alinean y movilizan a través de creencias epistemológicas, políticas”. Los elementos de la red territorial hidrosocial son los humanos, flujo de agua, relaciones ecológicas, infraestructura hidráulica, medios financieros, régimen jurídico administrativo, instituciones y prácticas culturales, límites geográficos y autoridades (Mills-Novoa et al., 2020).

El uso de agua en actividades agrícolas o industriales por lo general altera a zonas locales y ecosistemas, este uso de agua dulce que se utiliza directa o indirectamente en todo un proceso para generar un producto se conoce como agua virtual, por lo cual transforma el territorio hidrosocial, debido a que el uso creciente del recurso hídrico crea nuevos territorios porque se generan leyes y regulaciones en la gobernanza del agua (Vos y Hinojosa, 2016).

En Ecuador las normativas de gestión integral del recurso hídrico (GIRH) tienen base en palabras inclusivas, participativas y liberales, siendo políticas que involucran grupos de interés socio-económicamente alejados no modifican la jerarquía del agua y desigualdades arraigadas dándose conflictos socio-ambientales. El agua desencadena movilizaciones y contradicciones, cambiando seguidamente de relaciones políticas y económicas y por ende la socio-naturalidad del territorio hidrosocial (Mena-Vásquez et al., 2020).

Ecuador tiene más de 4.000 sistemas de riego en las comunidades, generadas por los mismos comuneros que aún les dan mantenimiento, cuidando su respectivo territorio hidrosocial. Las empresas transnacionales también generan grandes cambios hidrosociales como es el caso de las florícolas que en los últimos 30 años han crecido drásticamente en el período 2001-2012,

las exportaciones de flores fueron por encima del 11% anual, posicionando Ecuador como el tercer país exportador de flores del mundo (Hidalgo et al., 2017).

3.2. Parámetros que Influyen en la Calidad de Agua

En el agua se puede medir diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, que ayudan a monitorear los cuerpos de agua o descargas de diferentes actividades industriales como productivas generando muestreos y análisis in situ y ex situ, generando información cuantitativa y cualitativa (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), 2015). Algunos de los parámetros que pueden influenciar en la calidad del agua son:

La temperatura, es un parámetro físico que ayuda acelerar o reducir los procesos de contaminación de aguas servidas o lixiviados, es un factor que puede aumentar en la zona baja del río, la tasa de disolución de los minerales aumenta proporcionalmente con el aumento de la temperatura, al igual que influye en la velocidad de reacciones biológicas y químicas del agua, este aumento de temperatura se da por el cambio climático afectando al desarrollo y crecimiento de ecosistemas (Kasa et al., 2022).

La conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. Parámetros importantes para determinar la calidad de agua, en el estudio de (Kasa et al., 2022), menciona que valores obtenidos fueron variables de 101,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 151 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y de 190,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 325 $\mu\text{s}/\text{cm}$ siendo 200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ el valor normal generalmente estos datos fueron tomados durante tiempo seco y húmedo, en tiempo de lluvia los valores fueron más altos por el ingreso de escorrentía.

Al encontrar sustancias físicas, químicas o biológicas en el agua es consecuente con el nivel de oxígeno disuelto (OD), al ser bajo este parámetro puede impedir el metabolismo de bacterias en algunos compuestos orgánicos, siendo peligroso de estrés oxidativo para los seres vivos acuáticos. Respecto a DBO/DQO tienen una relación aproximada de 0,5, en el caso de minimizar del valor estándar indica alta concentración de químicos orgánicos difíciles de su descomposición por tratamientos bacterianos (Anifowoshe et al., 2022).

El pH juega un indispensable en el proceso de purificación la tasa de purificación de agua se da alrededor del pH 7.5 (Mehrpour et al., 2023). El pH se relaciona inversamente con la salinidad y densidad en la Antártida por la baja salinidad de la superficie lo cual indica estratificación, permitiendo soportar el aumento fotosintético del pH (Hernández Ayón et al.,

2003) En el caso de animales acuático el nivel de pH es muy importante para su reproducción como es el caso de la trucha marrón que prefiriere un pH bajo de 4 a 5 (Baldisserotto et al., 2012).

La precipitación de aguas lluvia en las cuencas altera su pH, porque estas pueden ser ácidas, en el Valle de Huánico se realizó un análisis de precipitación donde se pudo apreciar que precipito en el mes de mayo del 2013 con un valor de pH 7.17, seguido de 5.19 y en septiembre por debajo del límite permisible de 5.6; consecuentemente esto alteraría la calidad de agua de afluentes en la superficie terrestre (Hurtado, 2015).

3.3. Impactos de las Actividades Humanas en la Salud Hidrológica de los Ríos

En 1972 la USEPA dio a conocer el significado de salud fluvial mencionando que se debe mantener la integridad química, biológica y física, siendo un estado ecosistémico sin alteraciones (Jiang et al., 2021). El agua superficial se usa para diferentes consumos domésticos como industriales, debido al abuso del agua dulce este se convirtió en un problema mundial (Kasa et al., 2022), porque interviene en el flujo ecológico que es necesario para la prevalencia de la salud de los ecosistemas fluviales, si este flujo disminuye puede causar alteraciones en el medio (Jiang et al., 2021). La degradación de sub corrientes ha aportado a degradar la calidad de agua, dándose la eutrofización y la hipoxia, debido a la falta de monitoreos efectivos (Yang et al., 2017).

La dispersión de plaguicidas se puede dar por lavado de lluvia, filtrándose al subsuelo como lixiviados; especialmente en zonas montañosas se produce un flujo lateral hacia la parte baja llegando como afloramientos o vertientes muy pequeñas, por lo que la esorrentía superficial se filtra a otras localidades contaminando directamente in situ; estos insumos agropecuarios también se volatizan causando la muerte de aves, abejas peces, anfibios y pequeños mamíferos impactando las principales fuentes de alimento (Crissman; et al., 2002).

Estos llegan a trasportarse hasta el mar donde existen otros ecosistemas como arrecifes de coral; en Gran Barrera, Australia se encontró alteraciones generadas por pesticidas que también llegan afectar a las algas simbióticas. En el caso de la acuicultura es casi imposible llegar a tener una buena calidad de agua debido a que hace uso de químicos, en la producción del salmón que en la UE proporcionó alrededor de 1/3 del pescado para consumo humano, hace uso de antiincrustantes, antibióticos y otros productos químicos para eliminar o

controlar parásitos del salmón de cultivo (SEP); produciendo residuos químicos, toxinas naturales, dioxinas y los PCB, involucrando la acuicultura con las aguas costeras en una cadena contaminante (Carvalho, 2017).

Las actividades sociales causan efectos importantes en la salud de una cuenca, en el trabajo de investigación de Jiang et al. (2021), concluyen que los resultados obtenidos favorecen a entender las propiedades evolutivas y factores del buen estado hidrológico de los ríos en un ambiente variable, siendo importante para la gestión del recurso hídrico y cuidado de ecosistemas fluviales. Durante los años de 1964 a 2016 de influencia humana la degradación hidrológica fue de 86 %, 91,9% y 80,8% en los ríos Taipingzhuang, Chifeng y Xinglongpo respectivamente, siendo la extracción artificial una de las actividades con mayor impacto degradativo.

El transporte de plaguicidas que se originan en los campos, cuando se transfiere al agua también se precipita y reposa en los sedimentos de los ríos en el estudio de Peluso et al., (2022) se realizó el análisis de 3 puntos a lo largo del río Salado donde se detectó la presencia de organofosforados como el glifosato y AMPA, también se identificó la presencia del herbicida atrazina; por esta razón la calidad del agua río Salado disminuye provocando el aumento de la degradación de la cuenca amenazando gravemente el entorno. Por lo cual el estudio concluye que la zona de la cuenca entre los cultivos debe ser mayor lo que ayudaría a evitar el contacto directo de plaguicidas en el agua.

Se ha detectado en los sistemas acuáticos residuos de pentaclorofenol (PCP), se estima que el 45% de PCP que ingreso al ambiente, está en el agua de escorrentía incluso en el agua potable al igual que en organismos acuáticos, esto se debe a que PCP puede adherirse a sedimentos y a materia particulada permitiéndole trasportarse al agua superficial o subterránea, logrando permanecer por horas o días la degradación se da en la superficie; en el caso que PCP ingrese al agua en concentraciones muy elevadas provocaría la muerte de los peces o invertebrados al igual que la vegetación, por ejemplo en concentración de 2 a 10 microgramos/litr provoca una inhibición del crecimiento de algunos peces (Castillo Morales y Bárcenas Pazos, 1998).

La salud de los humanos es importante por lo que el uso de fármacos terapéuticos, preventivos y de diagnóstico tienen una gran demanda. Los medicamentos tienen una ruta

hacia el medio ambiente que es la excreción del cuerpo a través de la orina y heces; estos medicamentos son cada vez más presentes en efluentes y afluentes de aguas residuales, mar, subterráneas, superficiales y potable con un valor de L-1 y $\mu\text{g L}^{-1}$ siendo mayor cada vez, sé desarrollando potencia ecotóxica en el agua y efectos biológicos, los antidepresivos siempre provocan alteraciones acuáticas por más pequeña que se a la concentración y el tiempo al cual estuvo expuesto (Słoczyńska et al., 2023).

En La Isla Santa Rosa la cual está dentro de la Reserva de Manglares Cayapas-Mataje (REMACAM) Ecuador, existe contaminación de metales pesados como Cr, Cd y Pb en muestras de bivalvos afectando a ecosistema actuatico y poniendo en peligro la salud de las personas que consumen animales acuáticos (Estévez et al., 2020).

Las afectaciones por fuentes puntuales se dan por contaminantes que ingresan al sistema fluvial desde una fuente identificada y única como granjas de ganadería o porcina, alcantarillado, en se encontró aguas subterráneas contaminadas con nitratos en pozos excediendo el valor de nitratos en algunos de ellos debido a que el valor máximo es de 50 mg/l, esto debido a la presencia de fosas sépticas y lixiviados agrícolas que se transportaron a pozos de consumo humano que se contaminan (Jurec y Jazbec, 2017).

3.3.1. Impactos del Uso de Plaguicidas

Los plaguicidas se desarrollaron para el control de plagas agrícolas, animales y humanas, a pesar de que muchos ya se prohibieron con las consecuencias algunos de estos aún se usan en el control de vectores de malaria y plagas domésticas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima el uso de pesticidas por hectárea con un promedio alto de 6,5–60 kg/ha ocurrieron en Asia y en varios países de América del Sur, el consumo de estos aumentos a inicio del siglo XX (Carvalho, 2017).

A nivel internacional 25 millones de trabajadores dedicados a la agricultura experimentaron casos de intoxicación por uso de pesticidas, efecto de químicos sintéticos, aumentando los envenamientos no intencionales; siendo aproximadamente 1800 millones de personas que hacen uso de insumos agrícolas para el desarrollo y cuidado de sus productos. La exposición permanente está relacionada con el cáncer y obesidad (Carvalho, 2017).

La EPA determino más de 80 contaminantes que se pueden encontrar en el agua que pueden ser peligrosos para la salud humana, causando efectos agudos o crónicos. Los efectos agudos se dan en unas horas o días después de haber ingerido el contaminante, por lo general todos los contaminantes tienen este efecto si la concentración es muy alta en agua potable, los contaminantes más comunes con este efecto son las bacterias y virus estos no llegan a tener efectos permanentes. Los efectos crónicos se dan después de haber consumido el contaminante en un nivel sobre los estándares establecidos de la EPA (Méndez et al., 2009). Lo que provoca intoxicaciones, enfermedades crónicas como cáncer, muerte en humanos animales bioacumulación en la cadena alimenticia, fitotoxicidad, seguimiento de plagas y desarrollo de resistencia de estas, contaminación de agua, suelo y aire (González et al., 2016).

Tabla 1

Efectos crónicos en la salud por exposición de As, Cd, Cr y Pb en agua potable

Elemento	MNMC1 (mg/L)	NMC2 o TT3 (mg/L)	Probables efectos sobre la salud	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Arsénico	ninguno	0.05	Lesiones en la piel, desorden circulatorio, alto riesgo de cáncer	Erosión de depósitos naturales, escurrientías de huertos, residuos de la fabricación de vidrios y electrónicos.
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales	Corrosión de tubos galvanizados, erosión de depósitos naturales, lixiviados de refinерías de metales, baterías usadas y de pinturas.
Cromo (total)	0.10	0.10	Dermatitis alérgica	Efluentes de fábricas de aceros y papel, erosión de depósitos naturales.

Plomo	0.00	Nivel de acción = 0.015	En niños lento desarrollo, leve déficit de atención y aprendizaje, En adultos trastornos renales e hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar, erosión de depósitos naturales
-------	------	-------------------------	---	---

Nota. La tabla muestra los elementos y concentraciones de contaminantes que se pueden encontrar en el agua y hacer daño a la salud del ser humano. Meta de Nivel Máximo Contaminante (MNMC) es el nivel de un contaminante por debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud; Nivel Máximo del Contaminante (NMC) es el máximo nivel permitido de un contaminante; los NMC se establecen tan próximos a los MNMC como sea posible; los NMC son normas de obligatorias; Técnica de Tratamiento (TT) es el proceso obligatorio para reducir el nivel de contaminante (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), 2007).

En el río Paraná, se encontró pesticidas organoclorados como el heptacloro y DDT en el tejido graso de los peces al igual que organoclorados parejos (valor máximo 3,6 µg/kg) en el músculo, debido a la cantidad de pesticidas encontrados en el agua estos vertebrados son afectados directamente al igual que al consumidor desencadenando una cadena de bioacumulación (Lajmanovich et al., 2023).

El nivel de sales en el agua es perjudicial para el crecimiento de cultivos, la calidad de agua es importante para industrias del sector alimenticio por los contaminantes del agua se filtran al producto causando daños en color, textura, valor nutricional y comestibilidad poniendo en peligro al consumidor, por la presencia de contaminantes con propiedades biológicas, física y químicas que son perjudiciales para los humanos (Kasa et al., 2022).

Pérdida de nitrógeno en la tierra cultivable provoca efectos económicos y ecológicos, al igual que eutrofización de cuerpos de agua e impacto en ecosistemas paisajísticos, siendo un impacto por el uso de químicos en zonas de captación del recurso hídrico que por lo general en el campo donde se cultiva muy cerca de las fuentes de agua (Weber y Kubiniok, 2022).

Las fuentes básicas de basuras marinas que hay en el medio marino son de origen terrestre, alcanzando el 80%, ubicaciones de mayor contaminación por ser industrializadas, de mayor densidad de población o cercanas a plantas de tratamiento de residuos. En la entrada de basura a lo largo de la línea de costa se estima hasta el 80% de los residuos sólidos encontrados en algunas playas provendrían de los ríos cercanos.

El 20% restante son las entradas desde los propios océanos, debido a la actividad humana como la pesca que causa el abandono o pérdida de aparejos (redes, líneas, boyas, etc.) que viajan a la deriva en los océanos atrapando accidentalmente numerosos organismos y dañando hábitats bentónicos que a la vez estos se descomponen en micro plástico (Rojo, 2017).

En los océanos o cuerpos de agua como lagunas o lagos se puede dar la estratificación térmica debido a que es un fenómeno físico por el cual el aire de distintas densidades se estratifica en función de su temperatura, de mayor densidad y menor temperatura más cercanas al piso, y el de menor densidad y mayor temperatura más lejano al piso (García, 2013), actúa como barrera para el intercambio de nutrientes y gases entre la capa superior, la cual recibe luz solar y donde prolifera el fitoplancton que viven flotando en la columna de agua, y cuya capacidad natatoria no logra nunca superar la inercia de los océanos (que prolongará los efectos del calentamiento global haciendo irreversibles las consecuencias) y las aguas profundas, ricas en nutrientes. La mezcla de estas capas estratificadas requiere energía y si no hay una intensa mezcla debida a olas o viento, el fitoplancton de la superficie se quedará sin nutrientes (Watt, 2013).

3.3.2. Plaguicidas Usados en el Cultivo de Papá en Carchi

En una encuesta realizada a los agricultores de Carchi entre los años 1990 a 1992 sobre los insumos agrícolas que usan se encuentran en su mayoría comunes entre los agricultores.

Entre estos existen 24 ingredientes activos, varios ingredientes activos se mezclaban en una sola formulación; solo nueve ingredientes activos fueron utilizados en más de 10 parcelas, los ditiocarbamatos son común entre los agricultores del Carchi, el mancozeb dominó la selección al contribuir con más del 80% de todos los ingredientes activos fúngicos aplicados. Los fungicidas sistémicos casi siempre se mezclan con fungicidas de contacto, por ejemplo,

el cymoxanil es un fungicida sistémico que se formula con el mancozeb (Yanggen et al., 2002).

Tabla 2.

Fungicidas usados en la producción de papa

Ingrediente activo	Cantidad total aplicada (kg)	No. Total de aplicaciones	No. Total de parcelas tratadas
Mancozeba	3.110,67	1.801	304
Compuestos de azufre	333,14	286	99
Propineba	142,02	146	53
Maneba	115,11	181	65
Cymoxanilb	64,93	635	178
Compuestos de cobre	29,21	94	29
Fentinacetato	11,34	86	36
Ferbama	9,55	73	28
Chlorothalonil	6,75	6	6
Fosetil-Aluminio	4,74	11	6
Metirama	3,92	7	6
Oxicarboxinb	1,95	2	2
Propiocanazolb	1,39	26	13
Captan	1,16	7	5
Tiofanato-metflico	1,15	12	5
PCNB	0,75	1	1
Dinocap	0,59	5	3
Tridemorphb	0,30	2	1
Zineba	0,25	3	2
Carbendazimb	0,25	1	1
Carboxin	0,15	1	1
Ofurace	0,02	1	1
Metalaxylb	0,00	1	1

Nota. En la se muestra los funguicidas comerciales que hacen usos los agricultores del Carchi para el cultivo de papa, que es el cultivo que se da en el área de estudio de la presente investigación (Yanggen et al., 2002).

Tabla 3.

Insecticidas usados en la producción de papa

Ingrediente activo	Cantidad total aplicada (kg)	No. Total de aplicaciones	No. Total de parcelas tratadas
Carbofurán	224,77	687	265
Metamidofosc	206,00	999	265
Profenofosc	20,99	117	62
Fonofosc	9,77	28	46
Malathionc	9,72	14	9
Dimetoatoc	5,40	19	11
Lambda Cihalotrina	0,78	148	64
Diazinonc	0,72	3	1
Foratoc	0,71	1	6
Parathion-metflico	0,49	4	1
Deltametrina	0,46	92	42
Monocrotofosc	0,32	2	2
Fosfamidon	0,32	1	1
Cypermctrina	0,31	7	4
Acephate	0,19	7	2
Cyflutrin	0,12	10	6
Formothion	0,08	1	1
Fenitrothionc	0,08	1	1
Alfametrina	0,05	3	2

Nota. En la se muestra los insecticidas comerciales que hacen usos los agricultores del Carchi para el cultivo de papa, que es el cultivo que se da en el área de estudio de la presente investigación (Yanggen et al., 2002).

3. 4. Toxicología

El análisis toxicológico del agua de ríos es fundamental porque complementa con estudios físicos, químicos y biológicos se desarrollará información de la calidad de agua, motivar y asegurar el uso sostenible, ético, responsable y racional del recurso hídrico en armonía y eficiencia en todo su entorno (Orbegoso y Carnero, 2017). Dependiendo del tiempo o retención se puede dar bioacumulación por la absorción de sustancias o bioconcentración por la acumulación de sustancias disueltas en agua, lo cual se torna en contaminación para todo el entorno que interviene (Słoczyńska et al., 2023).

Para realizar estudios toxicológicos se puede usar invertebrados como sustitución de los vertebrados, en análisis ecológicos o ambientales minimiza costos y la manipulación es más segura, brindando información toxicológica importante para un individuo o grupo. En la investigación de (Wu y Li, 2018) propone el uso de las Planarias, son organismos de movimiento lento que tiene resistencia insignificante a la salinidad, estos invertebrados ayudan a detectar productos químicos en agua dulce debido a su eficiencia y sensibilidad en la detección de toxicidad, siendo similares a los dáfnidos.

El análisis de toxicidad se puede realizar en diferentes sistemas acuáticos, como es el caso de un sistema fluvial el río Hrazdan (Armenia), que mediante un bioensayo de potencial clastogénico y genotóxico de agua utilizando dos ensayos Trad-MCN y Trad-SHM fundamentados en *Tradescantia* (clon 02), el mencionado río recibe aguas agrícolas, municipales e industriales, dando como resultado que los trastornos genéticos y morfológicos observados se atribuyen a una alta sensibilidad de *Tradescantia* Sistemas de prueba para determinar la carga de contaminantes (Khosrovyan et al., 2022).

La contaminación de los sistemas acuáticos puede llegar a disminuir considerablemente las especies acuáticas incluso eliminar, reducir la biodiversidad y comprometer seriamente las interacciones de los ecosistemas. Las investigaciones en toxicología acuática muestran que las sustancias tóxicas en concentraciones muy bajas, siempre se bioconcentraran afectando a

especies sensibles o en estadios larvarios de la biota, perjudicando las interacciones saludables de un ecosistema y su función en el planeta por ejemplos la reducción de polinizadores, las concentraciones elevadas de PCB y pesticidas en la producción de salmón y la muerte de la Gran Barrera de Coral (Carvalho, 2017).

Se realizó estudios de toxicidad, en el río Cuavery usando embriones del pez cebrá y se da el mismo efecto citogenotóxico a especies reactivas de oxígeno (ROS), dando como resultado disfunciones subcelulares, alteraciones en ADN, apoptosis, deformaciones de esqueleto, endemas pericárdico y alta mortalidad; los afluentes de actividades antropogénicas como agrícola e industrial son las principales causas de contaminación del río, demostrando que el agua de las muestras tomadas son hipóxicas causando efectos de citotoxicidad y genotoxicidad en el desarrollo del embrión del pez cebrá por la reducción de OD y exceso de DBO/DQO (Anifowoshe et al., 2022).

En Santa Fe Argentina en los últimos años se ha podido detectar la presencia de plaguicidas en peces y anfibios autóctonos, como es el caso del endosulfán insecticida clorado que su límite permisible en la fauna acuática es de 8 ng/l; en el estudio realizado se describió una concentración entre 5 a 39 ng/g en el 42% de los anfibios analizados que fueron la rana criolla *Leptodactylus latrans*, rana chaqueña *L. chaqueensis*, rana del zarzal *Hypsiboas pulchellus* y sapo buey *Rhinella schneideri*; en este caso el endosulfán es muy peligroso porque tiene efectos estrogénicos interviniendo en mecanismo ferohormonales además de efectos mutagénicos para las larvas de anfibios (Lajmanovich et al., 2012).

En Perú se realizó un estudio de toxicidad en el río Moche usando como bioindicador *V. faba* L. en el tratamiento siete se presentó el mayor efecto citotóxico al inducir un índice miótico de 5,4%, aumento profásico de 87,2% y reducción de índice metafásico a 5,1%, anafásico de 3,3% y telofásico de 4,4% también un considerable efecto genotóxico debido a la presencia de aberraciones cromosómicas clastogénicas y aneugénicas, resultados que demuestran la alta contaminación química de las aguas del río Moche (Beltrán Orbegoso y Gonza Carnero, 2017).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos usados en la presente investigación fueron esenciales para determinar con veracidad los resultados que se obtuvieron.

4.1. Materiales

En los análisis in situ y ex situ de esta investigación se hizo uso de:

4.1.1. Equipos

- Auto Clave (icanCLAVE)
- Estufa Germinadora (Ing. Climas)
- Contador de colonias manual (BioCote)
- Refrigeradora (mabe)
- Medidor de pH (LAQUA F-71)
- Estufa (memmert)
- Estufa (BIOBASE)
- Equipo DBO (VELP SCIENTIFICA)
- Balanza (ADAM)
- Colorímetro (SMART 2 LaMotte)
- Centrifugadora (PRISM)
- Computadora (ASUS)
- GPS (GARMI GPSMAP 64)
- Espectrofotómetro (Epoch BioTek)
- Potenciómetro Conductímetro (EXTECH)
- Oxímetro (HANNA)

4.1.2. Reactivos

- Caldo LB (Merck®)
- Kit de nitratos (LaMotte®)
- EMB (Merck®)
- Kit de sulfato (LaMotte®)
- Kit de nitrito (LaMotte®)
- Kit de hierro (LaMotte®)
- Kit de sulfato (LaMotte®)

4.1.3. Materiales

- Cajas Petri
- Mechero
- Parafilm
- Pipetas
- Frascos
- Papel filtro
- Tubos de ensayo
- Pinzas
- Cooler

4.2. Área de Estudio

4.2.1. Parroquia Piartal

La Cabecera Parroquial Piartal que está situada al Noreste de la Ciudad de San Gabriel, limitada al Norte con la Parroquia de Fernández Salvador, al Sur y Oeste con la Parroquia San José, y al Este con la Provincia de Sucumbíos, además se encuentra bañada por dos

importantes ríos que son el Cuasmal y el Minas. La Cabecera Parroquial Piartal que está situada al Noreste de la Ciudad de San Gabriel, limitada al Norte con la Parroquia de Fernández Salvador, al Sur y Oeste con la Parroquia San José, y al Este con la Provincia de Sucumbíos, además se encuentra bañada por dos importantes ríos que son el Cuasmal y el Minas.

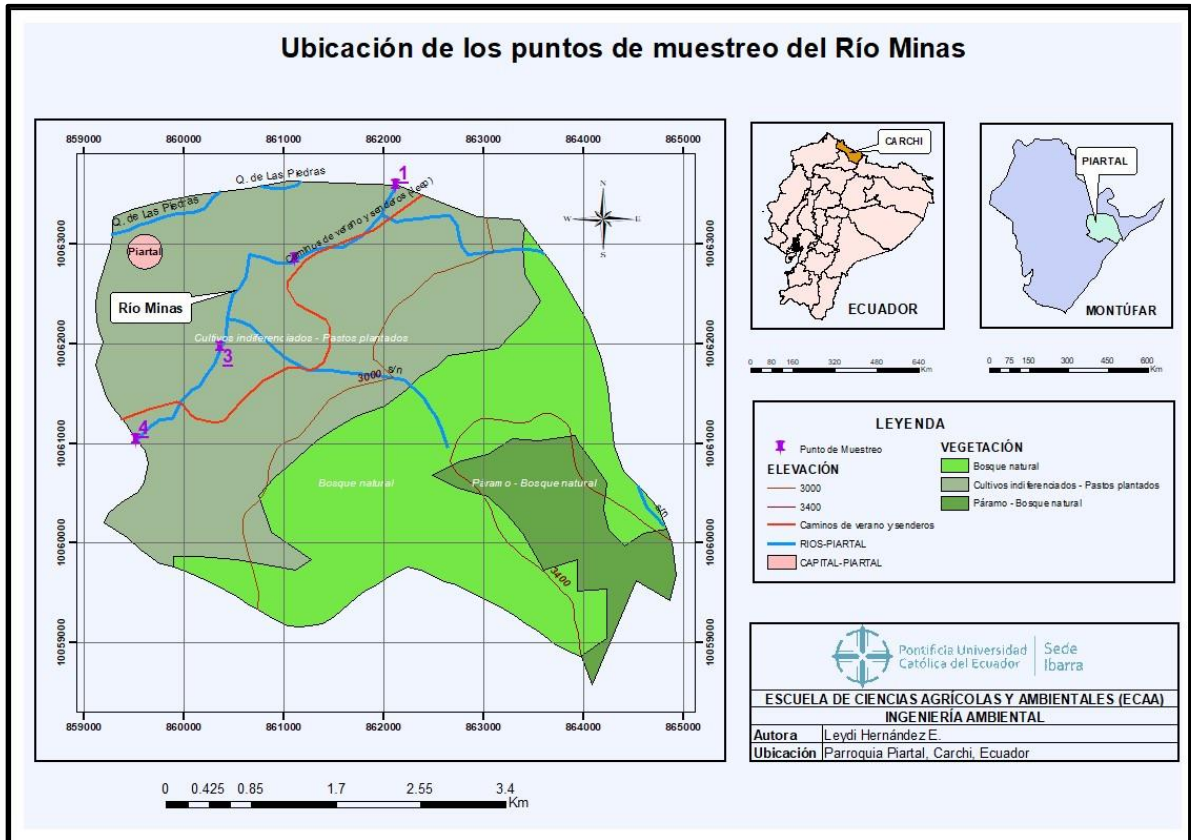
Piar quiere decir maíz, Tal se deriva de un apellido que significa alto. IS significa colina. Por lo tanto, realizando un análisis y por la característica de los terrenos Piartal significaría Colina de Maíz. La sociedad Piartal estaba organizada en pequeños poblados, muy distantes unos de otros y en jerarquías. Esta organización se deduce por la forma en que estaban colocadas las tumbas: en el centro del poblado yacían restos de los caciques acompañados de objetos de cerámica, de metal, caracoles de mar, textiles de pelo de llama y de algodón; objetos tallados en madera de chonta como bancos (Carchi, 2022).

4.2.2. Identificación de Puntos de Muestra

Se usó el programa ArcMap 10.8 para delimitar el trayecto que recorre el río Minas en la parroquia de Piartal, identificando cuatro puntos que fueron establecidos a cada kilómetro ubicando el primer punto al inicio el cuarto al final del límite parroquial y el punto dos y tres dentro del límite parroquial ubicados a un kilómetro respectivamente; llegando a georreferenciar todos los puntos en el trayecto que tiene el río Minas dentro de la parroquia Piartal (Luján et al., 2017).

Figura 1

Mapa de ubicación



Nota. Ubicación de la zona de estudio, mapa elaborado para la presente investigación por autora.

4.3. Recolección de muestras

Una vez georreferenciado los puntos se tomó las muestras de agua, usando el protocolo de monitoreo de agua (Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025) el procedimiento que se siguió fue el siguiente:

4.3.1. Muestreo Microbiológico.

- Se usó frascos de vidrio esterilizados de 200 ml.

- Al momento de tomar la muestra se homogeneizarón los frascos con el agua del río del punto establecido.
- Para que la muestra pueda ser significativa se tomó el agua a una profundidad de 20 a 30 cm.
- Una vez tomada la muestra se dejó el frasco a 1/3 vacío de su capacidad.
- Se etiquetó el frasco para poder identificarlo y se selló con para-film.

4.3.2. Parámetros Físicos Químicos.

- Se usó frascos de vidrio esterilizados con capacidad de 200 ml.
- Se homogeneizó tres veces el frasco y se botó el agua homogeneizada alejada del punto de muestreo.
- Se tomó la muestra de agua a 20 cm debajo de la superficie para que pueda ser la toma representativa.
- Se llenó el recipiente en su totalidad, se usó parafilm para un mejor sellado del recipiente y se etiquetó respectivamente.

4.4. Manejo de Muestras

Una vez tomada las muestras, se transportaron a los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCESE), para la preservación de las muestras se usó la metodología American Water Works Association (2017) donde se toma en cuenta el almacenamiento y manejo adecuado, por lo que las muestras fueron selladas y transportadas en un cooler con hielo a una temperatura de 4 °C, ayudando a que la cadena de custodia no se rompa hasta llegar al destino final.

4.5. Análisis In Situ

Para la medición in situ de parámetros físicos como la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad se usó el protocolo de La Motte, en el cual menciona el uso de equipos portátiles, mismos que antes de su uso fueron calibrados.

- Se usó el potenciómetro para medir el pH, se encendió y se usó agua destilada para lavar el equipo, luego se insertó el equipo en el río, se esperó unos segundos para que

el valor se estabilice, y se procedió anotar el valor del pH al igual que el de la temperatura, debido a que el equipo proporciona esos dos resultados.

- Para saber la conductividad eléctrica se usó el conductímetro, primero se encendió y se usó agua destilada para lavar después se sumergió el equipo en el río, después de unos minutos se pudo observar el valor de conductividad y temperatura, se anotó los resultados.
- Al usar el equipo para medir oxígeno disuelto, primero se encendió y se usó agua destilada para lavar, luego se insertó en el agua del río después de unos minutos que se estabilizó el valor se procede anotar el valor.

Al momento del guardar los equipos siempre se deben limpiar y sacar las pilas.

4.6. Análisis Ex Situ

Los análisis de laboratorio se realizaron en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE-I), donde se usó el protocolo de La Motte para obtener resultados de:

4.6.1. Nitratos (3689-SC)

- Se colocó la muestra en un frasco aforado de 10 ml.
- Luego se preparó el kit de nitratos de “La Motte SMART3”.
- El kit proporciona 5 ml de reactivo líquido y 1 g de reactivo sólido o una cuchara, mismos que se puso en la muestra de agua.
- Se agitó específicamente 64 veces, quedando una mezcla homogénea.
- Posteriormente se dejó reposar durante 10 minutos.
- Se hizo uso del colorímetro donde se debe seleccionar la opción de nitratos o el número 64 de referencia del kit, se inicia el escaneo obteniendo el resultado.

4.6.2. Nitritos (3694-SC)

- Se agregó la muestra en un frasco de vidrio de 10 ml, se midió 5 ml de reactivo ácido mixto en la probeta el cual se lo incorporo a la muestra de agua.

- Se agitó el recipiente durante 2 min, se agregó una cucharada aproximadamente de 1 g de reactivo sólido y se dejó reposar durante 5 min.
- Se usó del colorímetro seleccionar el código 67 de nitritos y se procedió a leer el dato.

4.6.3. Hierro (3648-SC)

- Se colocó la muestra de agua en un recipiente de 10 ml.
- Se agrega fenantrolina y agitar.
- Se usó el colorímetro seleccionando el número insertado en el kit, anotar el resultado.
- Enseguida se coloca el reductor de hierro y nuevamente homogeneizamos.
- Colocar nuevamente la muestra en el colorímetro y observar el resultado.

4.6.4. Fosfatos

- Incorporar una muestra de agua en un recipiente de 10 ml y colocar la solución DPD Free Chlorine HACH (970)669-3050.
- Se agita aproximadamente 5 minutos hasta que esté disuelta completamente la solución.
- Se usó el colorímetro seleccionando el código de fosfatos, obteniendo el resultado.

4.6.5. Sulfatos (3665-SC)

- Incorporar una muestra de agua en un recipiente de 10 ml e incorporar la solución Sulfate 3654-01-SC.
- Agita de arriba a abajo aproximadamente 5 minutos hasta que esté disuelto completamente la solución.
- Se usó el colorímetro seleccionando el código 89 de sulfatos, se esperó unos segundos para obtener el resultado.

4.6.6. DBO₅

- En un frasco de color ámbar colocar 43 ml de la muestra de agua.

- Coloca en un vial hidróxido de sodio procurando dejar un espacio con el fin de que no se caiga el reactivo.
- Incorporar en el frasco ámbar que está la muestra 1 ml de sales nutritivas A, B, C Y D y se añade el imán.
- Solución amortiguadora de fosfatos: 8,5 g de fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4); 21,75 g de fosfato dipotásico (K_2HPO_4); 33,4 g de fosfato de disódio heptahidratado (Na_2HPO_4) * $7H_2O$ y 1,7g de cloruro de amonio (NH_4Cl).
- Solución de sulfato de magnesio heptahidratado 22,5 g de $MgSO_4$ * $7H_2O/L$.
- Solución de cloruro de calcio 27,5 g $CaCl_2/L$.
- Solución de cloruro férrico hexahidratado 0,2 g $FeCl_3$ * $6H_2O/L$.
- Una vez incluidos todos los elementos en el frasco ámbar colocamos en la boca el vial con 1,5 g hidróxido de sodio.
- Posteriormente se coloca en la boca del frasco el sensor de DBO procurando cerrar muy bien para que no se escape el oxígeno.
- Colocar el frasco en la incubadora a 20 °C, asegurarse que el agitador esté conectado y la luz no quede encendida para evitar errores en los resultados.

4.7. Índice de Calidad de Agua (ICA)

La calidad de agua es la evaluación de parámetros químicos, físicos y biológicos, en tema de calidad natural (P. Torres et al., 2008). En 1970 la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, presento un índice para la calidad del agua que cuenta con tres usos:

1. Contacto directo del humano
2. Contacto indirecto
3. Contacto con el agua remoto

EL índice hace uso de valores relativos, relacionando valor medido y el valor permitido para un uso o aprovechamiento específico. La Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos, se basa en un método de agregación de suma aritmética ponderada, que transforma las valores por medio de curvas funcionales producidas por el método Delphi 2012).

$$ICA = \sum_{i=1}^n w_i * SI_i$$

w_i: Peso relativo del parámetro

i, n: Número de parámetros que se utilizan

SI_i: Sub índice de calidad del parámetro

I: Para determinar los subíndices de cada parámetro se trabajó con curvas funcionales determinadas por la NSF

(Borrero García y Husserl, 2016).

4.8. Análisis Microbiológico

Para la evaluación de microorganismos se usó los siguientes procesos

4.8.1. Conteo de Coliformes Totales

Se hizo uso de 200 ml de agua destilada y 7 gramos de agar con eosina y azul de metileno (E.M.B.), se mezcló muy bien y se autoclavó 10 cajas Petri, para que estén libres de contaminantes externos, una vez terminado el proceso, se usó un mechero para poner el medio de cultivo EMB en las cajas procurando que la mezcla acapare la superficie de la caja, una vez que el medio de cultivo se solidificó se puso 1 ml de la muestra siempre cerca del mechero para evitar contaminación cruzada, se sella las cajas con parafilm debidamente etiquetadas y se puso en la estufa por 30 horas.

4.8.2. Identificación de E. Coli Coliformes Totales

Se hizo uso de petrífil de hongos y aerobios se usó 1 ml de muestra en los test se etiquetó y se puso en la estufa por 24 horas.

4.9. Desarrollo Toxicológico con la Lechuga *Lactuca sativa* L.

Es una prueba estática de toxicidad aguda en la cual la semilla se expuso a agua del río minas por 120 horas, lo que permitió evaluar la germinación de las semillas

Tabla 4.*Condiciones de la prueba de toxicidad aguda con Lactuca sativa L.*

Condiciones de Bioensayo Toxicológico	
Tipo de ensayo	Estático
Temperatura	20 °C
Humedad	60
Calidad de luz	Oscuridad
Volumen de la solución de prueba	4 mL
Agua de dilución	Agua dura reconstituida
Número de semillas por réplica	5
Número de réplicas	2
Duración de la prueba	120 horas
Efecto medido	Inhibición en la elongación de la radícula e hipocótilo. Inhibición en la germinación
Resultado final	CE50 o CI50 o % inhibición
Aceptabilidad de los resultados	Germinación > 90%

Nota. (Ramírez y Mendoca, 2008).

4.10. TOXI-CHROMO TEST

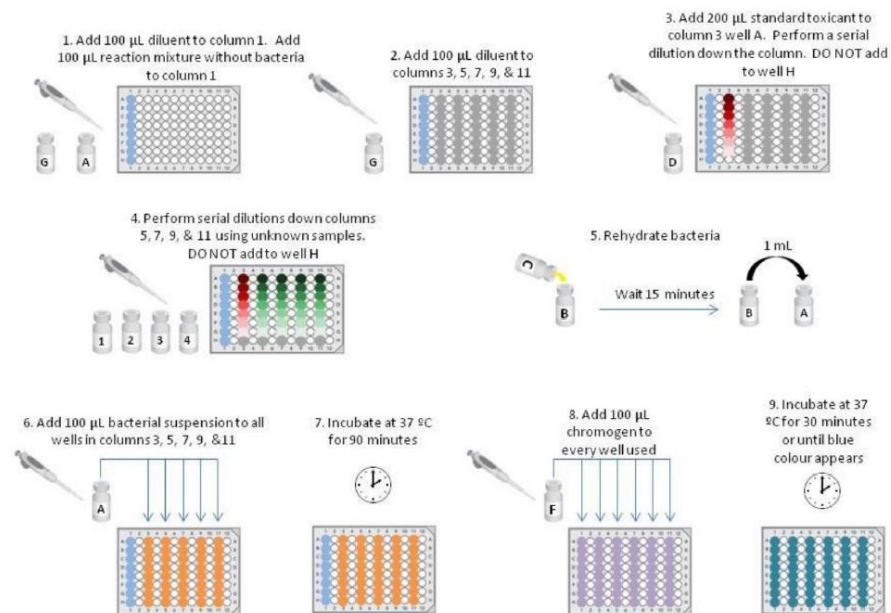
El kit hace uso de reactivos, bacterias, por lo cual es altamente sensible a cambios de color, es un test que se puede realizar en un día. Para el desarrollo se tomó en cuenta la asepsia en todos los pasos, los pasos que se siguió son (Singh, 2012):

- Se puso el reactivo de bacterias en la placa, 15 minutos antes de iniciar el ensayo.
- Se agregó 100 ul de diluyente B1 – H1
- Se adicionó 200 ul de MgCl₂ (cloruro de magnesio) a A1
- Se puso 100 ul de diluyente en la placa, menos en la columna 1
- Después se agregó 200 ul de la muestra a analizar en la columna 1, sin hacer disolución
- Se agregó el sustrato cromogénico 100 ul

- Se incubó la placa a 37 °C por 48 horas
- Se leyó la absorbancia a 615 nm (+20) nm de la placa a través del espectrofotómetro y aplica la fórmula del Kit

Figura 2

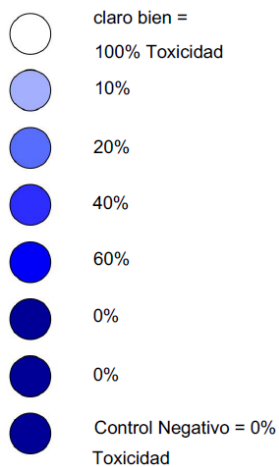
Toxi-Chromo Test protocolo



Nota. Diagrama de toxicidad (ebpi, 2023).

Figura 3

Interpretación de resultado



Nota. Evaluación cliométrica de los resultados, el color blanco 100% de toxicidad y el azul intenso 0% de toxicidad (ebpi, 2023).

4.11. Límites Permisibles

Los límites establecidos en el acuerdo 097 de agua establece los siguientes parámetros para agua de uso pecuario

Tabla 5.

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Parámetros permisibles
Hierro	Fe	mg/l	0.3
Oxígeno disuelto	OD	% de saturación	>80
Nitritos	NO ₂	mg/l	0.2
Nitratos	NO ₃	mg/l	13
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	40
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural
Potencias de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6.5 - 9

Nota. El ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica mediante la Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes al Recurso Agua en el 2015) estableció 38 parámetros físicos y químicos que se consideran para la buena calidad de agua dulce y salada para la preservación de la vida acuática y silvestre. Dentro de los parámetros que mi investigación analizo están siete los cuales son para evaluar la calidad ambiental (ICA).

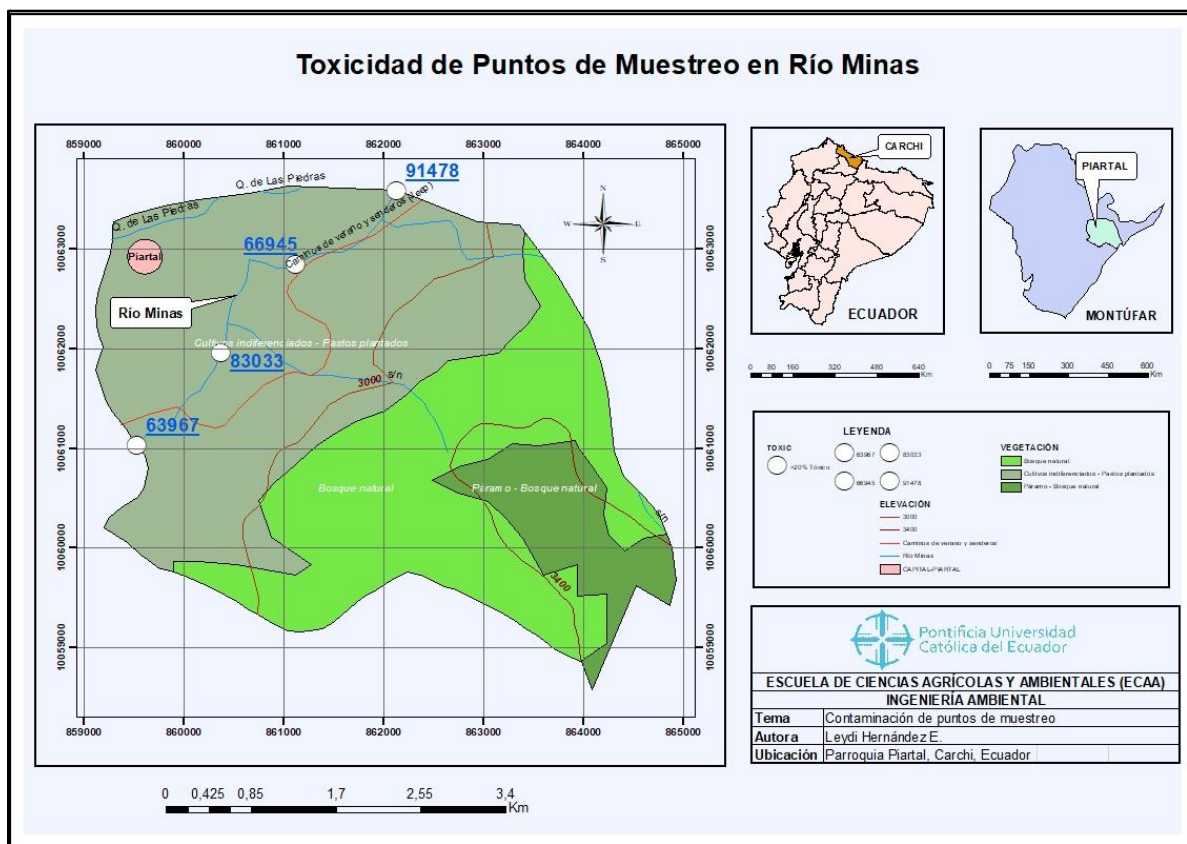
CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se desarrolló en el tramo del río Minas que se encuentra dentro del límite parroquial de la Parroquia de Piartal, Carchi, Ecuador. Por lo cual se determinó que existe mayor presencia de contaminación En el punto 4, como se observa en el mapa.

Figura 4

Toxicidad



Nota. Toxicidad en los puntos de muestreo en el río Minas

5.1. Parámetros Físicos

Los primeros resultados obtenidos fueron los parámetros físicos que se realizaron in situ, en un total de tres muestreos.

Tabla 6

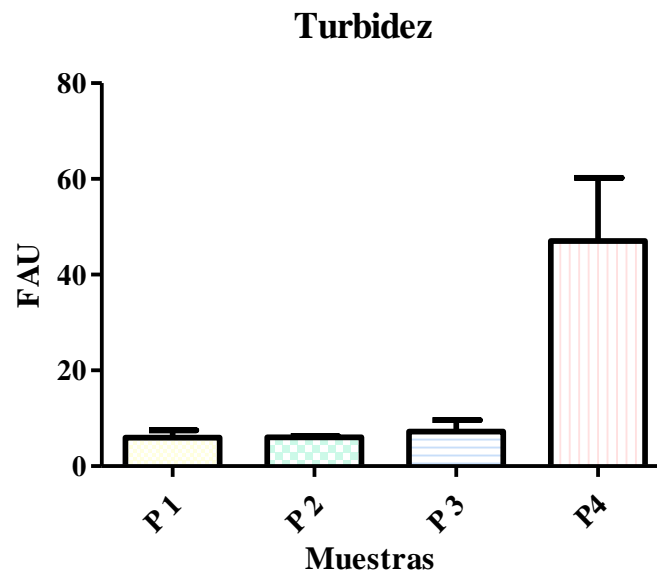
Turbidez

Turbidez (NTU)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
5.92	6	7.247	33.383

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 5

Turbidez



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo. De acuerdo con el análisis de comparación múltiple Tukey, se observa una diferencia significativa en las siguientes comparaciones: P1 vs P4, P2 vs P4 y P3 vs P4.

En el cuarto punto de prueba, se identificó el nivel más alto de turbidez, posiblemente debido a la presencia de bacterias y partículas coloidales que se adhieren a la materia en suspensión, esto genera un aumento en la turbidez, como se menciona en el estudio de Enrique et al.

(2013), el cual trata sobre la eliminación de la turbidez en el agua del río Magdalena mediante el uso del mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*, los valores obtenidos en la presente investigación, específicamente en el punto P4, son similares a los informados en dicho estudio; sin embargo, si se pretende utilizar el agua del río Minas para consumo humano, surgirían problemas, ya que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un límite permisible de 1 Unidad de Absorbancia de Formazina (FAU), tal como se menciona en el estudio realizado por Marcó et al. (2004) sobre la calidad de las aguas potables obtenidas de fuentes superficiales en Concepción del Uruguay; por lo tanto, en términos de turbidez, el agua no sería apta para consumo humano, ya que su exceso podría comprometer la salud, especialmente para grupos vulnerables que carecen de acceso a agua potable.

Tabla 7

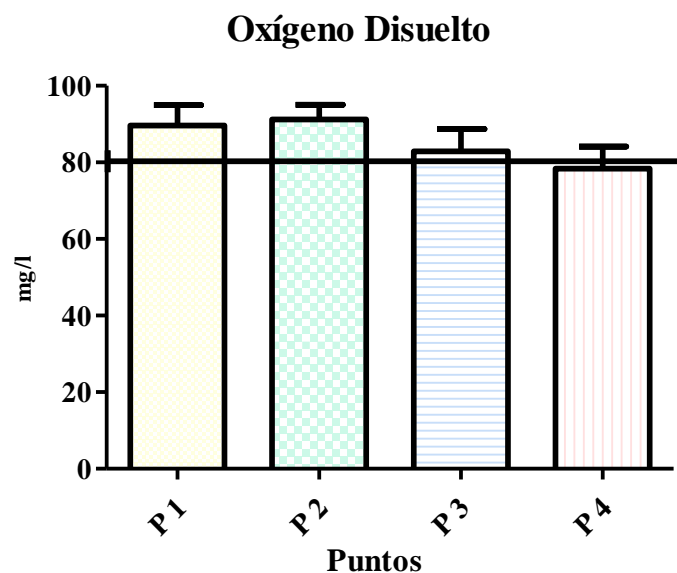
Oxígeno Disuelto

Oxígeno Disuelto (%)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
89,66	91,233	82,857	78,4

Nota. Valor promedio de los puntos de muestreo en el río Minas.

Figura 6

Oxígeno Disuelto



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo. Según la norma Ecuatoriana de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, menciona que el oxígeno disuelto debe ser mayor a 80 mg/l.

En el caso de tener bajas concentraciones se debería por la existencia de materia orgánica en descomposición, provocando que bacterias usen el oxígeno para descomponer según el estudio de Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba) (Peña et al., 2006) por lo que puede afectar a la vida acuática porque dependen del oxígeno para poder respirar y desarrollar procesos metabólicos. Los niveles altos se encuentran normalmente en cuerpos fluviales, debido a que existe turbulencia y el contacto entre el gas y agua menciona (Álvarez et al., 2006), siendo el caso de los datos obtenidos del río Minas, conocer el oxígeno disuelto es indispensable para la salud de los ecosistemas acuáticos que garantiza la vida acuática y el buen estado del recurso hídrico.

Tabla 8

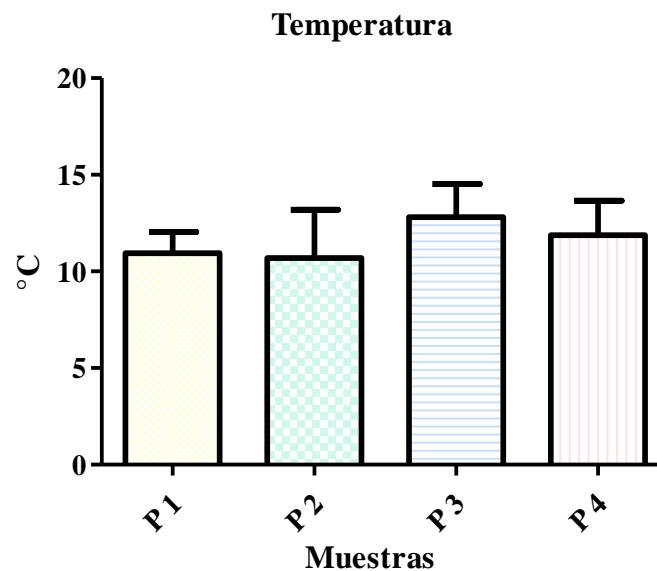
Temperatura

Temperatura (°C)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
10,933	10,7	12,8	11,883

Nota. Valor promedio de los puntos de muestreo en el río Minas.

Figura 7

Temperatura



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo, del agua del río Minas tomadas in situ.

La temperatura desempeña un papel crucial, ejerciendo influencia sobre la vida acuática al impactar la velocidad de las reacciones químicas, el desarrollo y la reproducción de los organismos biológicos; este fenómeno puede tener consecuencias en la diversidad y distribución de la vida acuática, según lo señalado por (Gómez, 2015) en su investigación sobre la temperatura del agua continental y su efecto en las migraciones de los peces en la cuenca del Río De La Plata.

En el área de estudio, se encuentra una especie invasora reconocida como trucha común (*Salmo trutta*), la cual presenta períodos significativos de migración. Estos se relacionan con la reproducción y otros momentos estacionales, influenciados por los cambios en el caudal y la temperatura del agua, así como la radiación solar, tal como se exponen en el estudio realizado por (García, 2015) sobre la migración de la trucha común en un tramo de río regulado.

Tabla 9

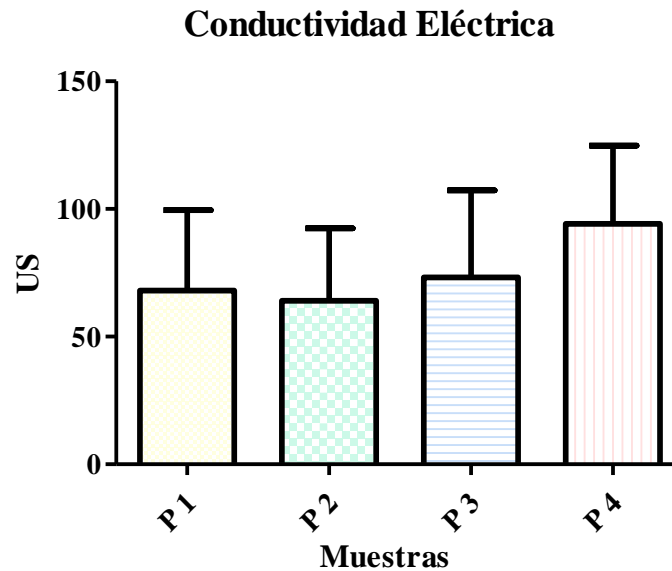
Conductividad Eléctrica

Conductividad Eléctrica (us)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
68,067	64	73,233	94,233

Nota. Valor promedio de los puntos de muestreo en el río Minas.

Figura 8

Conductividad eléctrica



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo, del agua del río Minas tomadas in situ.

La topografía de los sistemas fluviales influye en el incremento de sales en la zona baja del río, ya que transporta nutrientes o fertilizantes, debido a que existe presencia de agricultura y ganadería en todo el trayecto del río Minas, resultando en un aumento de conducir electricidad, conocida como conductividad eléctrica misma que tiene un mayor valor en el P4 como se aprecia en la figura 8. Esta elevación en la zona tiene impactos en la vida acuática y vegetal, tal como se expone en el trabajo de investigación llevado a cabo por Cremona y Enríquez (2020). La medición de la conductividad eléctrica resulta valiosa para identificar la cantidad y categoría de sales solubles, si las concentraciones son significativas, también podría indicar la existencia de elementos pesados o contaminación química, conforme se señala en la investigación de Quinteros Carabalí et al. (2019).

Tabla 10

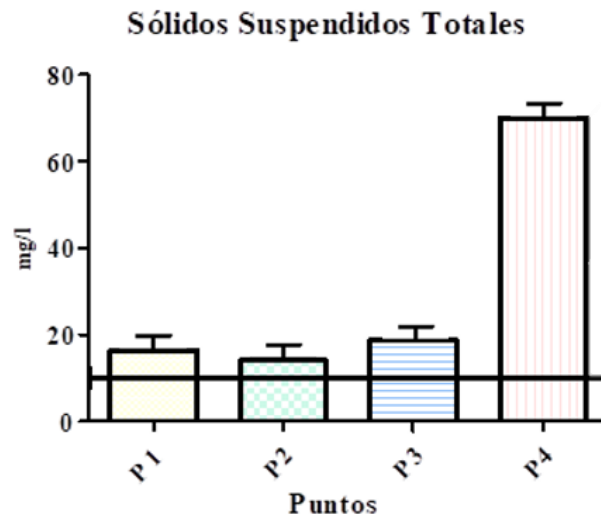
Sólidos Suspendidos Totales

Sólidos Suspendidos Totales			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
16.4	14.1	18.7	70.1

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 9

Sólidos Suspendedos Totales



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo, del agua del río Minas.

La normativa de calidad de agua de ríos en Ecuador establece que el máximo permisible en TDS es del 10% con respecto a las condiciones naturales. Sin embargo, los resultados obtenidos del agua del río Minas exceden este valor, colocándola fuera de cumplimiento con dicha norma; la presencia de niveles elevados de TDS en el agua del río Minas causa turbidez y afecta negativamente su sabor además, su consumo puede conllevar a problemas gastrointestinales debido a la irritación, esto no solo tiene impacto en la salud humana, sino que también puede influir en la vida acuática al transportar contaminantes, un estudio previo Burillo y Romero (2022), dijo que los sólidos disueltos totales aceleran las actividades respiratorias de los organismos acuáticos, lo que reduce los niveles de oxígeno disuelto en el agua. Estas conclusiones coinciden con investigaciones anteriores sobre la calidad del agua potable en un cantón de Ecuador Baque et al. (2016), donde se destaca cómo los sólidos en suspensión afectan la calidad del agua y vida acuática.

5.2. Parámetros Químicos

Tabla 11

Potencial de Hidrógeno

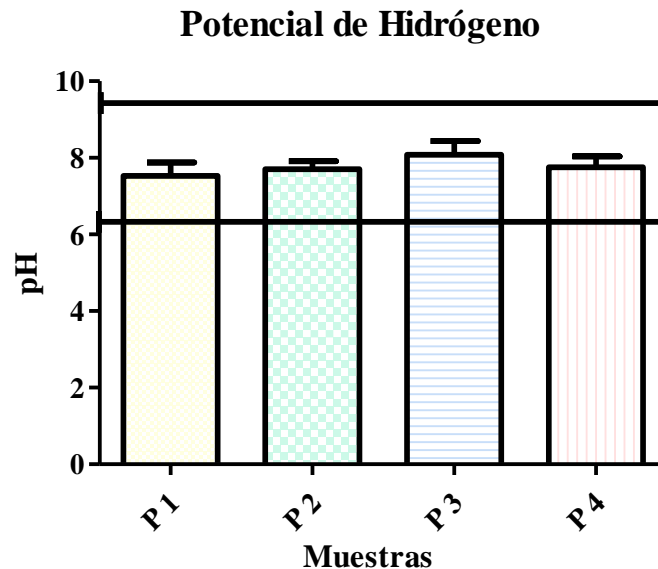
Potencial de Hidrógeno (pH)

Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
7,531	7,701	8,077	7,753

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 10

Potencial de hidrógeno

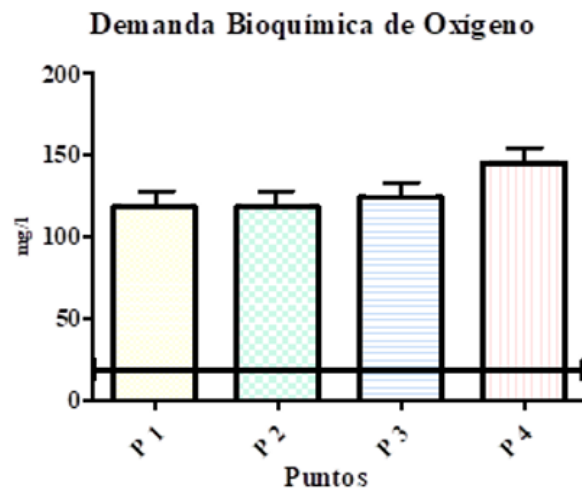


Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

En la normativa de calidad del agua en ríos según las normativas ecuatorianas, se establece un intervalo de pH entre 6.5 y 9 como límites aceptables, dentro de este rango se encuentra el agua del río Minas, lo que contribuye a un equilibrio ecosistémico, tomando en cuenta en potencial de hidrógeno porque sirve para conocer la proporción relativa de distintas sustancias químicas presentes, como el carbono disuelto. Debido a que la zona de estudio es un entorno acuático, diversos componentes químicos interactúan, tal como lo discute la investigación realizada por Medina Valdovinos et al. (2016), enfocada en la calidad del agua utilizada para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. El valor del pH también incide en la asimilación y accesibilidad de nutrientes, al influir en su disociación en diversas formas químicas Castellón Gómez et al. (2015).

Tabla 12*Demanda Biología de Oxígenos*

Demanda Bioquímica de Oxígeno 5			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
118	118	124	145

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas**Figura 11***Demanda Biología de Oxígenos**Nota.* Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

DBO₅ según la normativa vigente en Ecuador de calidad de agua en ríos los valores obtenidos del agua del río Minas exceden el límite permisible que es 20 mg/l, siendo un indicador de contaminación por materia orgánica, afectando la disponibilidad de oxígeno disuelto en ríos, a mayor DBO el oxígeno se agota más rápido reflejando alta contaminación, donde solo pueden sobrevivir organismos tolerantes a poco oxígeno al igual que tenga alta presencia de turbiedad como lo menciona. Es necesario conocer los valores de DBO, para dimensionar sistemas de tratamiento de aguas residuales porque permiten determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para degradar biológicamente la materia orgánica dice en la investigación titulada Evaluación de las características fisicoquímicas y

toxicológicas en aguas residuales de industrias farmacéuticas para la verificación de la calidad del agua en la parroquia Tarqui y Pascuales, provincia de Guayas, febrero 2023.

Según las regulaciones actuales en Ecuador con respecto a la calidad del agua en cuerpos fluviales, el umbral máximo permitido de 20 mg/l y sé el valor de DBO₅ en el río Minas superan el límite permisible; este exceso indica la presencia de contaminación debida a materia orgánica, lo que afecta la cantidad de oxígeno disuelto disponible en el agua, a medida que la DBO₅ aumenta, la disminución de oxígeno acelerada, reflejando un grado elevado de contaminación. En estas condiciones, solo pueden sobrevivir organismos que toleran bajos niveles de oxígeno; demás, el río también presenta una notable turbidez, como señala el estudio de Leiva (2007).

La medición de los valores de DBO₅ resulta esencial, ya que influye en sistemas de tratamiento de aguas, estos datos permiten estimar la cantidad aproximada de oxígeno necesaria para degradar biológicamente la materia orgánica, como destaca Mero en su investigación "Evaluación de las características fisicoquímicas y toxicológicas en aguas residuales de industrias farmacéuticas para la verificación de la calidad del agua en la parroquia Tarqui y Pascuales, provincia del Guayas", llevada a cabo en febrero de (2023).

Tabla 13

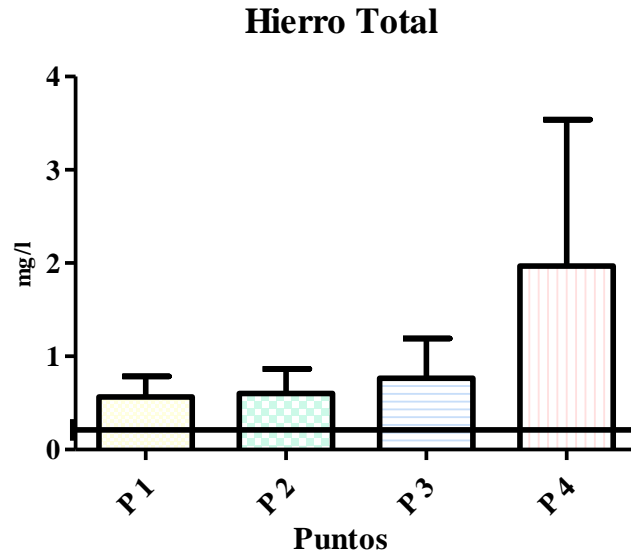
Hierro total

Hierro Total			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
0,567	0,6	0,767	1,967

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Tabla 14

Hierro total



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

En la normativa vigente de Ecuador de calidad de agua de ríos menciona que el hierro total tiene un límite permisible de 0.3 mg/l, similar a las pautas de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, la figura 11 ilustra los resultados obtenidos de las muestras de agua del río Minas, los cuales exceden el límite establecido en la normativa; el hierro es un metal que tiende a corroerse rápidamente cuando se expone al aire, lo que lo hace poco común en cuerpos de agua fluviales, sin embargo, esta presencia de hierro puede afectar el color, la turbidez, el sabor y el olor del agua, como señala el estudio de Singler y Bauder (2012). Además, la presencia de hierro en el agua puede promover el crecimiento y la reproducción de la bacteria *Crenotrix*, esta bacteria por lo general está en las tuberías y sistemas de recirculación disminuyendo el flujo del agua comenta (Pacheco, 1985), lo que es muy probable suceda en la zona de estudio debido a que también se hace uso de desvío de agua para abrevadero de animales o riego.

Tabla 15

Color

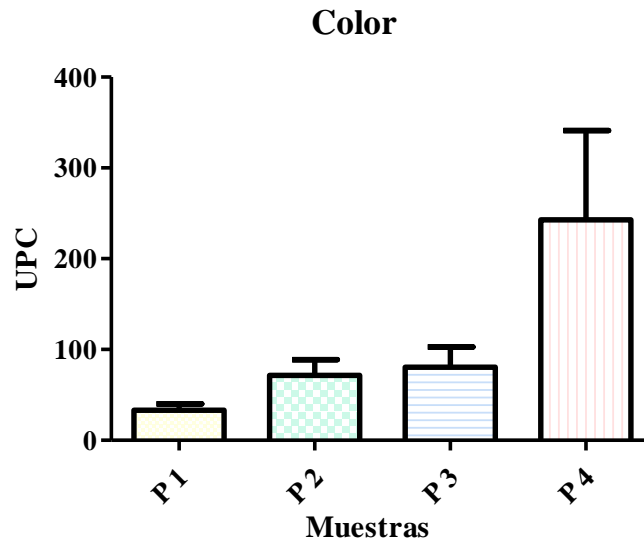
Color (UC)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4

33	71,667	80,333	242,667
----	--------	--------	---------

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 12

Color



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

La elevada tonalidad del agua en el Punto 4 puede estar relacionada con la presencia de sustancias disueltas, como sugiere Ghione en su investigación reciente (2023), es esencial analizar y comprender el matiz del color, ya que podría presentar una tonalidad amarillo dorado indicativa de alta salinidad o incluso elementos tóxicos, como menciona el estudio sobre "Los colores del agua" (2005), donde explora los aspectos cromáticos del agua virtual y su vínculo con los conflictos hídricos, la coloración de los espejos de agua podría reflejar también la existencia de moléculas orgánicas derivadas de la materia vegetal, si bien esta influencia podría darse por la presencia de partículas en suspensión, como señaló Osorio Trujillo y Martínez Cajigas en su análisis de (2018).

Tabla 16

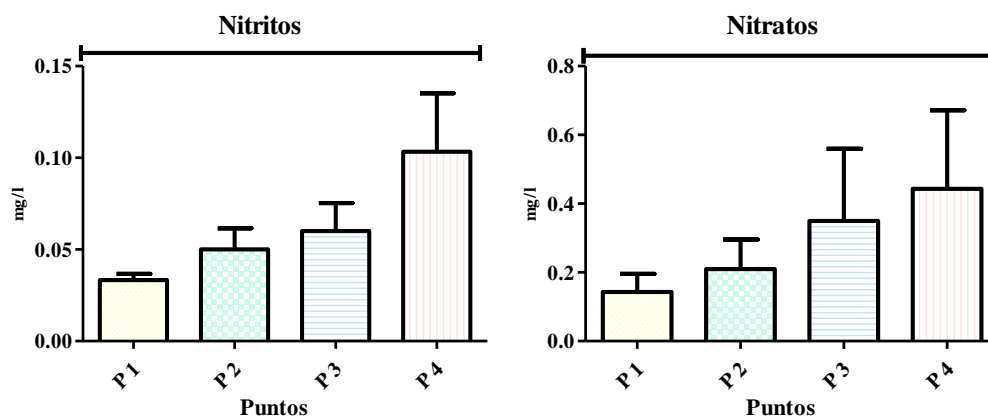
Nitritos y Nitratos

Nitratos (mg/l)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
0,143	0,21	0,35	0,443
Nitritos (mg/l)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
0,033	0,05	0,06	0,103

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 13

Nitritos y Nitratos



Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

En el contexto de las regulaciones de calidad del agua en los ríos de Ecuador, se establece que el nivel máximo admisible de nitritos es de 0.2 mg/l, por lo tanto, las muestras de agua recolectadas en el río Minas están en conformidad con la norma actual del Art 097. En cuanto a los nitratos, el límite permitido es de 13 mg/l, y las muestras de agua del río Minas cumplen con los requisitos legales establecidos. Los nitritos y nitratos son compuestos solubles que, en el entorno acuático, el nitrito tiende a transformarse en nitrato, estos componentes son indicadores significativos de contaminación, lo que puede tener implicaciones tanto ambientales como para la salud (Bolaños Alfaro et al., 2017).

Del mismo modo en el estudio de, Caracterización física química e hidro-morfológica de los ríos alto andinos tropicales de Ecuador y Perú, se encontraron niveles bajos de nitritos y

nitratos, lo que significa que no existe desequilibrio en el ecosistema acuático (Villamarín et al., 2014).

Tabla 17

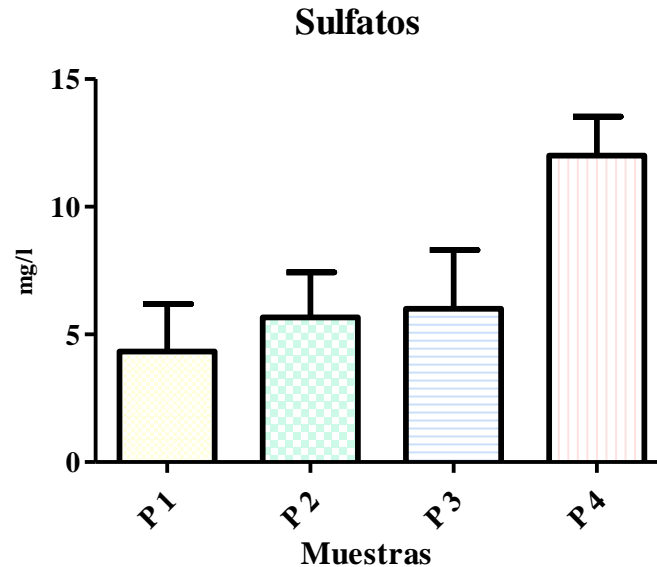
Sulfatos

Sulfatos (mg/l)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
4,333	5,667	6	12

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 14

Sulfatos



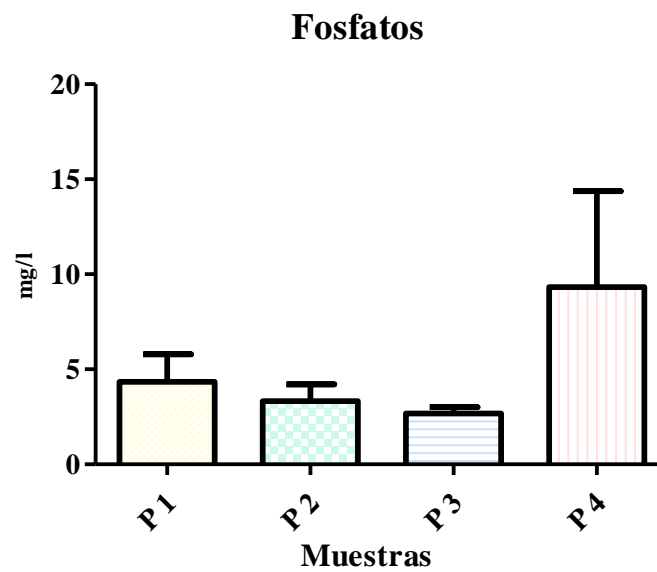
Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

Los resultados obtenidos concuerdan con el tipo de cuerpo de agua bajo investigación, ya que se trata de agua natural tal como señala Bilder et al. (2022) no se espera que se presenten concentraciones elevadas. De acuerdo con la investigación de Bolaños Alfaro et al. (2017), en casos donde el cuerpo hídrico está en proximidad de minas de pirita, se observan niveles elevados de sulfatos. Sin embargo, dado que el río Minas no se encuentra cerca de pirita, las mediciones reflejan valores bajos de presencia de sulfatos.

Tabla 18*Fosfatos*

Fosfatos (ppm)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
4.333	3.333	2.667	9.333

Nota. Valor promedio de las muestras de agua tomadas en el río Minas

Figura 15*Fosfatos*

Nota. Rangos promedio de los cuatro puntos de muestreo.

La introducción de actividades agrícolas conlleva al incremento de los niveles de fosfatos en la zona de estudio, lo que resulta en valores superiores a 2 mg/l, según Lavie et al. (2010) en áreas libres de actividad agrícola y ganadera, los valores se mantienen por debajo de 1 mg/l incluso en los análisis realizados por Moreno (2014) y Rodríguez et al. (2016), los niveles de fosfatos son inferiores, llegando a un máximo de 3,48 mg/l, a pesar de haber examinado muestras de agua en entornos agrícolas, por lo cual el área de estudio de la presente investigación tiene más presencia de agricultura y por ende escorrentía agrícola.

5.3. Parámetros Microbiológicos

Tabla 19

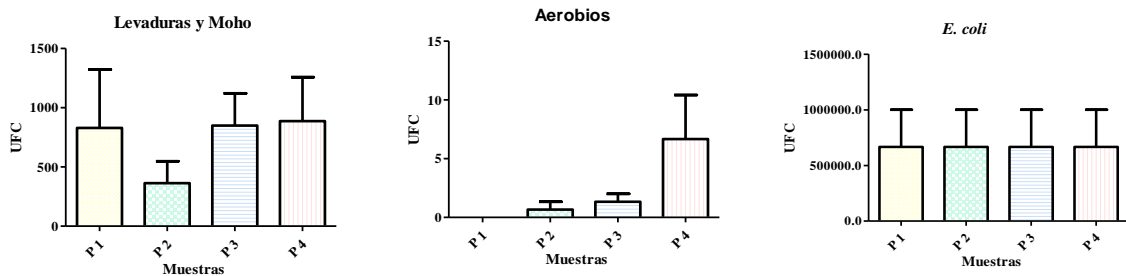
Levaduras y moho, aerobios, coliformes totales y E. coli

Levaduras y Mohos (UFC)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
829	363,667	849,333	886,667
Aerobios (UFC)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
0	0,667	1,333	6,667
<i>E. coli</i> (UFC)			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
666828	666917,667	666825,333	666715,333
Coliformes Totales			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Crecimiento masivo			

Nota. Valor promedio de los puntos de muestreo en el río Minas, Petrifilm 640/6417/6445

Figura 16

Levaduras y moho, aerobios, coliformes totales y E. coli



Nota. Valores promedio de los análisis microbiológicos, destacando un crecimiento masivo de *E. coli*, Levaduras y Moho.

Los valores obtenidos no superan los 1000 UFC, por lo cual esta cantidad obtenida puede afectar la reproducción e inmunidad de animales que consumen el agua, así como a la vida acuática, valores similares se encontró que considera que es agua contaminada para abrevadero de animales.

Los coliformes totales y fecales se encuentran con crecimiento masivo en los análisis realizados en las muestras de agua del río Minas, el mismo caso se da en la investigación de, estos niveles altos de crecimiento no se deben asociar solo a desechos fecales, porque puede deberse a la presencia de materia orgánica que tiene la capacidad de reproducirse fácilmente como menciona.

Estos niveles altos pueden darse, por la presencia de ganadería y descomposición de animales muertos u otra materia orgánica.

Los valores obtenidos superan los 1000 UFC, lo que implica que esta cantidad registrada podría tener un impacto en la capacidad reproductiva y en el sistema inmunológico de los animales que depende de esta agua para su consumo, asimismo, la vida acuática también podría verse afectada, un hallazgo similar fue observado por Rowlands (2019), quien obtuvo que estos niveles implican que el agua no es apta para su uso como abrevadero para animales debido a su contaminación.

Se detecta un crecimiento masivo de coliformes totales y fecales en los análisis de las muestras de agua del río Minas, esta situación es paralela a la investigación realizada por Vallejo (2017); sin embargo, es importante señalar que estos niveles elevados de crecimiento no se pueden atribuir exclusivamente a los desechos fecales, ya que también podrían estar relacionados con la presencia de materia orgánica que tiene una alta capacidad de reproducción, tal como mencionan Cadena y Galeas (2022).

Estos niveles elevados podrían estar influenciados por la presencia de actividades ganaderas, la producción de animales fallecidos u otros tipos de materia orgánica en el entorno.

5.4. Comparación de Análisis con la Normativa TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2

Tabla 20

Comparación de parámetros obtenidos con la tabla 2 del TULSMA

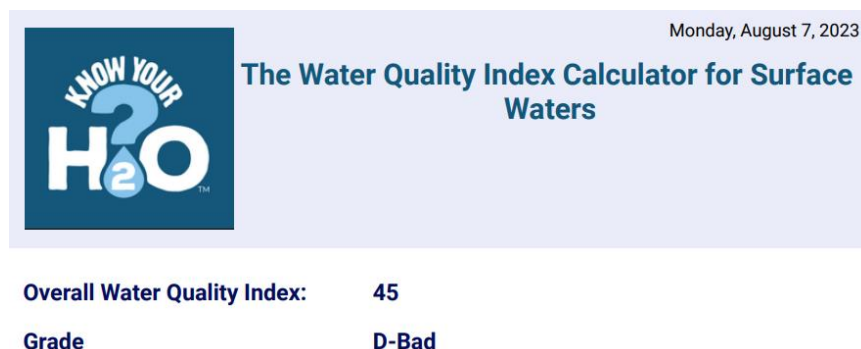
Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor promedio	LMP	Cumple
Hierro	Fe	mg/l	0.975	0.3	No
Oxígeno disuelto	OD	% de saturación	93.475	>80	No
Nitritos	NO ₂	mg/l	0.087	0.2	Si
Nitratos	NO ₃	mg/l	0.567	13	Si
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	126.25	40	No
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	75	Max incremento de 10% de la condición natural	No
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	8.023	6.5 – 9	Si

Nota. En la tabla se presentan siete parámetros que se eligieron, mismos que se usan para el análisis del índice de calidad de agua, de nitrito, nitratos y pH cumplen con la normativa vigente de límites permisibles criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios, en este caso se usó el criterio de calidad de agua dulce.

5.5. Calidad del Agua (ICA)

Figura 17

Índice de calidad de agua



Nota. El agua del río Minas tiene un valor índice de calidad de 45, perteneciendo al rango de “D” 25-49 que se clasifica en MALA.

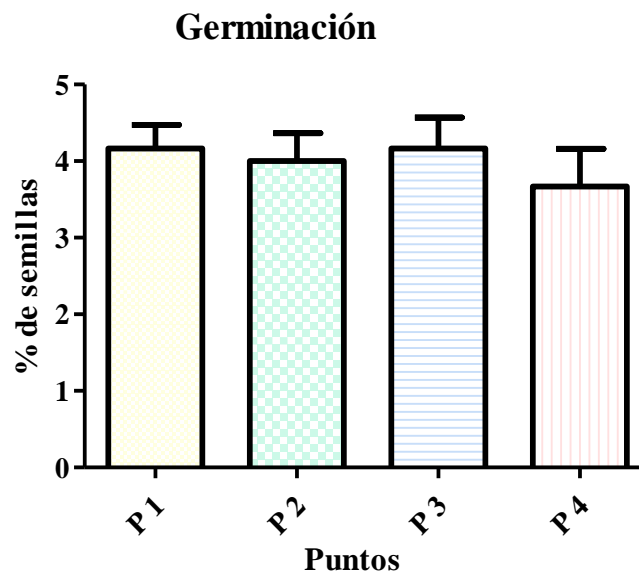
5.6. Análisis Toxicológicos

Se realizaron dos análisis toxicológicos

5.6.1. Germinación de *Lechuga Lactuca sativa* L.

Figura 18

Germinación de Lechuga



Nota. Tal como se evidencia en la figura 20, se constató la germinación en cada uno de los puntos examinados, sin que se manifiesten alteraciones cromáticas ni daños foliares; siendo una clara desarrollo de las raíces, resultados que guardan similitud con los obtenidos en el análisis de Toxicidad en aguas fluviales mediante la implementación de un ensayo biológico con vegetales (M. Torres y Hernández, 2009).

5.6.2. Test Toxi-Crhom

Tabla 21

Valores de toxicidad

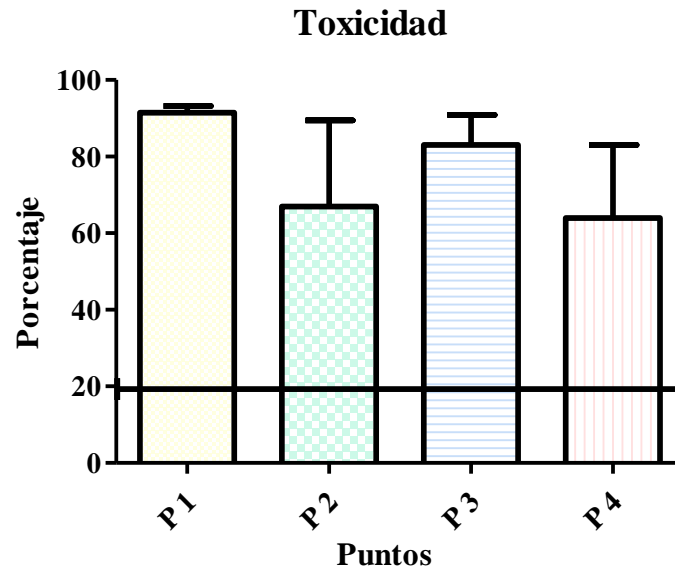
	P 1	P 2	P 3	P 4
M 1	94.400	75.967	86.700	30.933
M 2	88.433	24.300	67.933	63.867

M 3	91.600	100.567	94.467	97.100
------------	--------	---------	--------	--------

Nota. Valores promedio de toxicidad

Figura 19

Valores de toxicidad



Nota. Se observa toxicidad en cada uno de los puntos evaluados, ya que exceden el umbral del 50% según la evaluación realizada mediante el test que usa la bacteria *E. coli*. estos hallazgos, se alinean con los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la presente investigación, que muestra un incremento significativo en la población bacteriana; dado que el área de estudio se dedica a actividades agrícolas y agropecuarias, es posible que este sea atribuible a la escorrentía de prácticas agrícolas, deposiciones animales y generación de materia orgánica.

5.7. Discusión

Al usar agroquímicos cerca de cuerpos de agua, resultan deteriorados (Fernández-Rodríguez y Guardado-Lacaba, 2021) es el caso de la presente investigación que aparentemente no podía estar en un estado de calidad de agua mala, pero resulto ser falso los agroquímicos que

se usan se considera que son los causantes del mal estado debido a que no existe otras actividades en el área de estudio con las cuales interactuar.

El recurso hídrico es fundamental para la vida, por lo cual es necesario siempre estar monitoreando el estado del recurso; para que así se pueda actuar a tiempo y poder proteger o restaurar (Cecilia Arango y Álvarez, 2008).

Este tipo de investigaciones debe ser tomado en cuenta por las autoridades competentes locales y provinciales debido a que el estado del río ayudara a tomar acciones ante posibles eventos no deseados (María Soledad y Paola Dennisse, 2016).(María Soledad y Paola Dennisse, 2016).(María Soledad y Paola Dennisse, 2016).(María Soledad y Paola Dennisse, 2016).(María Soledad y Paola Dennisse, 2016).(María Soledad y Paola Dennisse, 2016).

Por lo anterior mencionado, el río Minas es un espacio Hidrosocial fundamental para el desarrollo productivo y económico de la zona en estudio es el único río cercano que crece en la ceja de montaña de la parroquia Piartal, al cual se le debe dar la importancia debida y proponer acciones de mitigación a contaminantes y acciones de la comunidad que puedan ayudar a su degradación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- En la presente investigación se realizaron análisis físicos, químicos, microbiológicos y toxicológicos, empleando el test de toxi-chrom y el bioensayo de lechuga *Lactuca sativa* L. los resultados demuestran que el test supera el 20% de toxicidad indicando que el agua del río Minas presenta una alta carga tóxica y se muestra que en el caso del bioensayo de la *Lactuca sativa* L que no afecta la germinación del modelo.
- Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos empleados para el cálculo del índice de calidad de agua (ICA), tienen un valor de 45, resultado que se encuentra en un rango de 26 – 50 que corresponde a una calidad de agua "mala".
- Los límites permisibles establecidos en la normativa del TULSA tabla 2 de calidad de agua, reflejan que los parámetros de hierro, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y DBO₅ no cumplen la normativa, más sin embargo nitritos, nitratos y potencial de hidrógeno están entre los valores aceptables.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo un análisis del suelo en las áreas ribereñas del río con el propósito de adquirir información acerca de las características físicas, químicas y microbiológicas.
- Es necesario llevar a cabo un estudio sobre los productos fitosanitarios empleados en la plantación de papas, dado que este tubérculo prevalece en los suelos de la región bajo análisis.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A., Rubiños Panta, E., Gavi Reyes, F., José Alarcón Cabañero, J., Hernández Acosta, E., Ramírez Ayala, C., Mejía Saenz, E., Pedrero Salcedo, F., Nicolas Nicolas, E., & Salazar Sosa, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *International Journal of EXPERIMENTAL BOTANY*, 71–83. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v75/v75a07.pdf
- Anifowoshe, A. T., Roy, D., Dutta, S., & Nongthomba, U. (2022). Evaluation of cytogenotoxic potential and embryotoxicity of KRS-Cauvery River water in zebrafish (*Danio rerio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 233, 113320. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113320>
- ASADO HURTADO, A. N. A. M. (2015). RANGOS DE pH DE LAS AGUAS DE LLUVIA DEL VALLE DE HUÁNUCO. *Investigación Valdizana*, 9(2), 28–30. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=586061450008>
- Baldisserotto, B., Konzen Riffel, A. P., Jardim, S., Ciprandi Pires, M., Bertagnolli, B., Silva Corrêa, B. R., Cenzi de Ré, F., Bao Zambra, F. M., Lubini, G., & Oliveira Garcia, L. (2012). Preferred pH of silver catfish *Rhamdia quelen* acclimated to different pH levels. *Ciência Rural*, 42(5), 834–836. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=33122632006>
- Baque, R., Simba, L., Gonzáles, B., Sautunce, P., Ocampo, D., & Cadme, L. (2016). Calidad de agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 109–117. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663826015.pdf
- Beltrán Orbegoso, R. A., & Gonza Carnero, K. A. (2017). Citotoxicidad y genotoxicidad de las aguas de los ríos Jequetepeque y Moche mediante el bioindicador ambiental *Vicia faba* L. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 203–213. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=357652969003>
- Bilder, B. R., Barranzuela, O., Autor, R., Optar, P., Título, E. L., & De, P. (2022). CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN EL RIO PIURA, DESDE EL PUENTE ÑACARA HASTA PRESA EJIDOS [Universidad Nacional de Piura]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/4590/AGRI-BAR-RIS-2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bolaños Alfaro, 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>
- Borrero García, C., & Husserl, J. (2016). *Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo*. Universidad de los Andes.
- Burillo, E., & Romero, W. (2022). “*DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA CONSUMO HUMANO E IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN FIJAS DEL ASENTAMIENTO HUMANO SEÑOR DE LOS MILAGROS, DISTRITO DE YARINACOA - UCAYALI*”. [Universidad Nacional de Ucayali]. elibro.puce.elogim.com/es/lc/puce/titulos/229029
- Cadena, L., & Galeas, A. (2022). *PROPUESTA DE FITORREMEDIACION DE AGUAS NEGRAS QUE DESEMBOCAN EN EL RÍO CHORRÓN UTILIZANDO LA ESPECIE Equisetum arvense, CANTÓN NARANJITO, ECUADOR* [Ingeniería Ambiental, Universidad de Guayaquil]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/revista/59652/1/TESIS%20Cadena_Galeas.pdf
- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48–60. <https://doi.org/10.1002/fes3.108>
- Castellón Gómez, J. J., Bernal Muñoz, R., & De Lourdes Hernández Rodríguez, M. (2015). *Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala Irrigation water quality in greenhouse in Tlaxcala* (Vol. 19, Issue 1).
- Castillo Morales, I., & Bárcenas Pazos, C. (1998). Pentaclorofenol: toxicología y riesgos para el ambiente. *Madera y Bosques*, 4(2), 21–37. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=61740203>
- Cecilia Arango, M., & Álvarez, L. F. (2008). CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA. In *Revista EIA*.
- Cremona, V., & Enríquez, S. (2020). *ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE CONDICIONAN SU COMPORTAMIENTO*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/335290789.pdf
- Crissman Charles;, Yanggen Davis, & Espinisa Patricio. (2002). *LOS PLAGUICIDAS*. www.cipotato.org

- Damonte, G., & Boelens, R. (2019). Hydrosocial territories, agro-export and water scarcity: capitalist territorial transformations and water governance in Peru's coastal valleys. *Water International*, 44(2), 206–223. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1556869>
- de Córdova W., J. F., & Pascual, J. A. (2013). Estimation of Water Excess in the Medium and High Basins of Yanuncay River (Cuenca-Ecuador) by Approximation of Monthly: Distributed Water Balance. In *Management of Water Resources in Protected Areas* (pp. 121–128). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16330-2_14
- ebpi. (2023). *Acute Toxicity*. Environmental Bio-Detection Products Inc. <https://www.biotoxicity.com/index.php/ebpi-toxicity-tests/acute-toxicity/toxi-chromotest-kit#:~:text=The%20Toxi%2DChromoTestTM%20procedure,distinctive%20blue%20colour%20quickly%20develops>.
- Fernández-Rodríguez, M., & Guardado-Lacaba, R. M. (2021). *Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba Evaluation of Water Quality Index in Cabaña River, Moa-Cuba*.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Montufar, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Montufar (2015).
- Ghione, A. (2023). Propiedades organolépticas del agua. *Seminarios de La Reunión Semanal Del CUEM*. <https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/26025/Propiedades%20organol%C3%A9pticas%20del%20agua.pdf?sequence=3>
- Hernández Ayón, J. M., Zirino, A., Marinone, S. G., Canino Herrera, R., & Galindo Bect, M. S. (2003). Relación pH-densidad en el agua de mar. *Ciencias Marinas*, 29(4), 497–508. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=48029412>
- Hidalgo, J. P., Boelens, R., & Vos, J. (2017). De-colonizing water. Dispossession, water insecurity, and Indigenous claims for resources, authority, and territory. *Water History*, 9(1), 67–85. <https://doi.org/10.1007/s12685-016-0186-6>
- Jiang, S., Zhou, L., Ren, L., Wang, M., Xu, C.-Y., Yuan, F., Liu, Y., Yang, X., & Ding, Y. (2021a). Development of a comprehensive framework for quantifying the impacts of climate change and human activities on river hydrological health variation. *Journal of Hydrology*, 600, 126566. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126566>
- Jiang, S., Zhou, L., Ren, L., Wang, M., Xu, C.-Y., Yuan, F., Liu, Y., Yang, X., & Ding, Y. (2021b). Development of a comprehensive framework for quantifying the impacts of climate change and human activities on river hydrological health variation. *Journal of Hydrology*, 600, 126566. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126566>

- Jiang, S., Zhou, L., Ren, L., Wang, M., Xu, C.-Y., Yuan, F., Liu, Y., Yang, X., & Ding, Y. (2021c). Development of a comprehensive framework for quantifying the impacts of climate change and human activities on river hydrological health variation. *Journal of Hydrology*, 600, 126566. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126566>
- Jorge Faustino, Francisco Jiménez, & Karim Musalem. (2006). *Manejo de Cuencas Hidrográficas*. 1, 10–21. https://www.researchgate.net/publication/271587324_Musalem-Castillejos_K_F_Jimenez-Otarola_J_Faustino_y_Y_Astorga-Espeleta_2006_Certificacion_del_manejo_integrado_de_cuencas_en_America_Tropical_Parte_1_Estandar_propuesto_Recursos_Naturales_y_Ambient
- Kasa, T., Bassa, A. L., Negatu, G. T., Sahile, Z. A., & Reddythota, D. (2022a). Investigation of Wabe River water fitness for agricultural and industrial purposes. *Heliyon*, 8(12), e11865. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11865>
- Kasa, T., Bassa, A. L., Negatu, G. T., Sahile, Z. A., & Reddythota, D. (2022b). Investigation of Wabe River water fitness for agricultural and industrial purposes. *Heliyon*, 8(12), e11865. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11865>
- Khosrovyan, A., Aghajanyan, E., Avalyan, R., Atoyants, A., Sahakyan, L., Gabrielyan, B., & Aroutiounian, R. (2022). Assessment of the mutagenic potential of the water of an urban river by means of two Tradescantia-based test systems. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 876–877, 503449. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2022.503449>
- Lajmanovich, R. C., Peltzer, P. M., Attademo, A. M., Cabagna-Zenklusen, M. C., & Junges, C. M. (2012). Los agroquímicos y su impacto en los anfibios: un dilema de difícil solución. *Química Viva*, 11(3), 184–198. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=86325090004>
- Lajmanovich, R. C., Repetti, M. R., Cuzziol Boccioni, A. P., Michlig, M. P., Demonte, L., Attademo, A. M., & Peltzer, P. M. (2023). Cocktails of pesticide residues in Prochilodus lineatus fish of the Salado River (South America): First record of high concentrations of polar herbicides. *Science of The Total Environment*, 870, 162019. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162019>
- Lavie, A., Morábito, J., Salatino, S., Bermajillo, A., & Filippini, M. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Ciencias Agrarias*, 42(1), 169–184. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837646012>
- Leiva, L. (2007). “VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS PRINCIPALES RÍOS DE LAS CUENCAS GRANDE DE TÁRCOLES Y REVENTAZÓN, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA PSO, DBO Y NH₄, PARA LA CLASIFICACIÓN MEDIANTE EL SISTEMA HOLANDÉS.” chrome-

- extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/592/Leiva%20Leiva%20Lizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Llamas, R. (2005). LOS COLORES DEL AGUA, EL AGUA VIRTUAL Y LOS CONFLICTOS HÍDRICOS. *Revista Académica de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 369–389. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58510866/2005_RLlamas_Los_colores_del_agua-libre.pdf?1551276460=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_COLORES_DEL_AGUA_EL_AGUA_VIRTUAL_Y_L.pdf&Expires=1691707826&Signature=Xqoy0U79pb8iCCsvvgLE6PTTB2ZA3FqaUxCyoCuL9SImHtVUddQmq4B4UffoftdscYREGyjl~17At~A3bR3GVY68fwp6hIzHy~Lj8jKGFdS77TgyfgTFmPA-4--q1xkTZgiiP5OhzXdZJA0fGTogJWDWM6bneUUHE3DONm9i5bjaJm8OmZKe5W9SWgipjh2HSDrLZqIIvykjRg3npKv-wc~Qmc7aXWpnoCek4MuE025UjeLJGf1nYyU9b2mxBWKutTSfPbWkwL8K3HZdR0~M179HJ33nOCNAcRCDR157GJCRer6dqYNknSCMzJV4qDv0zF~KUP0dftEOGqgWYBirYw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58510866/2005_RLlamas_Los_colores_del_agua-libre.pdf?1551276460=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_COLORES_DEL_AGUA_EL_AGUA_VIRTUAL_Y_L.pdf&Expires=1691707826&Signature=Xqoy0U79pb8iCCsvvgLE6PTTB2ZA3FqaUxCyoCuL9SImHtVUddQmq4B4UffoftdscYREGyjl~17At~A3bR3GVY68fwp6hIzHy~Lj8jKGFdS77TgyfgTFmPA-4--q1xkTZgiiP5OhzXdZJA0fGTogJWDWM6bneUUHE3DONm9i5bjaJm8OmZKe5W9SWgipjh2HSDrLZqIIvykjRg3npKv-wc~Qmc7aXWpnoCek4MuE025UjeLJGf1nYyU9b2mxBWKutTSfPbWkwL8K3HZdR0~M179HJ33nOCNAcRCDR157GJCRer6dqYNknSCMzJV4qDv0zF~KUP0dftEOGqgWYBirYw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Norma de calidad ambiental y descargas de efluentes al recurso agua, Pub. L. No. 387, Texto unificado 14 (2015).
- MAE. (2015). *Acuerdo Ministerial 097*.
- MARÍA SOLEDAD CARRILLO ALVARADO, & PAOLA DENNISSE URGILÉS CALLE. (2016). “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICANSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG” *TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL*. Universidad de Cuenca.
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S. M., & Turrall, H. (2018). *More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture*. www.fao.org/
- Medina Valdovinos, E. K., Mancilla Villa, O. R., Larios, M. M., Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., & Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *Idesia (Arica), ahead*, 0–0. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292016005000035>
- Mehrpour, P., Mirbagheri, S. A., kavianimalayeri, M., Sayyahzadeh, A. H., & Ehteshami, M. (2023). Experimental pH adjustment for different concentrations of industrial wastewater and modeling by Artificial Neural Network. *Environmental Technology & Innovation*, 103212. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103212>
- Mena-Vásquez, P., Boelens, R., & Vos, J. (2020). Roses: the latest chapter in the conflicted history of controlling irrigation water in the Ecuadorian Andes. *Water History*, 12(2), 205–226. <https://doi.org/10.1007/s12685-020-00250-8>

- Mero, K. (2023). *Evaluación de las características fisicoquímicas y toxicológicas en aguas residuales de industrias farmacéuticas para la verificación de la calidad del agua en la parroquia Tarqui y Pascuales, provincia del Guayas, febrero 2023* [Universidad Estatal de Milagro]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7010/1/MERO%20ALCIVAR%20KENDY%20XIMENA.pdf
- Mills-Novoa, M., Boelens, R., Hoogesteger, J., & Vos, J. (2020). Governmentalities, hydrosocial territories & recognition politics: The making of objects and subjects for climate change adaptation in Ecuador. *Geoforum*, 115, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.06.024>
- Moreno, A. (2014). *FOSFATOS EN AGUA DE DRENAJE AGRÍCOLA: CUENCA BAJA DEL RÍO SINALOA* [Universidad Occidental]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblat.unam.mx/hevila/CienciadesdeOccidente/2014/vol1/no2/3.pdf
- Muñoz, Á. G., Muñoz, Á. G., Macías, S., & Belén García, M. (2014). *INFORME FINAL DE CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Informe_Caracterizaci%C3%B3n-H%C3%ADrica.pdf
- Nemčić-Jurec, J., & Jazbec, A. (2017). Point source pollution and variability of nitrate concentrations in water from shallow aquifers. *Applied Water Science*, 7(3), 1337–1348. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0369-9>
- Nzungung, V., & Gugolz, S. (2022). Biochar-based constructed wetland for contaminants removal from manure wastewater. In *Sustainable Biochar for Water and Wastewater Treatment* (pp. 487–525). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822225-6.00004-X>
- Osorio Trujillo, A. F., & Martínez Cajigas, M. E. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 7(1), 143–155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Pacheco, V. (1985). Remoción de hierro total en los procesos de floculación, sedimentación y filtración. *Dialnet*, 11–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7427467>
- Patricia Ramírez Romero, & Anía Mendoca Cantú. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo La experiencia en México*.
- Peluso, J., Aronzon, C. M., Martínez Chehda, A., Cuzziol Boccioni, A. P., Peltzer, P. M., De Geronimo, E., Aparicio, V., Gonzalez, F., Valenzuela, L., & Lajmanovich, R. C. (2022). Environmental quality and ecotoxicity of sediments from the lower Salado River basin (Santa Fe, Argentina) on amphibian larvae. *Aquatic Toxicology*, 253, 106342. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2022.106342>

- Peña, O. S., Rubalcaba, S. C., Novo, M. F., Rodríguez, Y. H., & Cabrera, A. P. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). In *Higiene y Sanidad Ambiental* (Vol. 6).
- Prajapati, S., Challis, J. K., Jardine, T. D., & Brinkmann, M. (2022). Levels of pesticides and trace metals in water, sediment, and fish of a large, agriculturally-dominated river. *Chemosphere*, 308, 136236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136236>
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=93911243003>
- Quinteros Carabalí, J. A., Gómez-García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera-Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. *Siembra*, 6(2), 046–057. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Rodríguez, S., De Asmundis, C., & Martínez, G. (2016). Variaciones estacionales de las concentraciones de fosfatos y nitratos en distintas fuentes de aguas de pequeños productores hortícolas. *Revista Agrotecnia*, 30–34.
- Romero-Estévez, D., Yáñez-Jácome, G. S., Dazzini Langdon, M., Simbaña-Farinango, K., Rebolledo Monsalve, E., Durán Cobo, G., & Navarrete, H. (2020). An Overview of Cadmium, Chromium, and Lead Content in Bivalves Consumed by the Community of Santa Rosa Island (Ecuador) and Its Health Risk Assessment. *Frontiers in Environmental Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00134>
- Rowlands, E. (2019). “DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS COLIFORMES TOTALES, MESÓFILOS, MOHOS Y LEVADURAS EN AGUA DE BEBEDEROS DE ESTABLOS VACUNOS LECHEROS EN EL DISTRITO DE LURÍN” [Universidad Científica del Sur]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/848/TL-Rowlands%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Singh, D. K. (2012). TOXICOLOGY: AGRICULTURE AND ENVIRONMENT. In *TOXICOLOGY*. Bentham Science Publishers, Bentham Science Publishers. <https://www.proquest.com/books/toxicology/docview/2130885625/section2?accountid=13357>
- Singler, A., & Bauder, J. (2012). *Hierro o Fierro Total*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://region8water.colostate.edu/pdfs/we_espanol/iron%202012-11-15-sp.pdf

- Słoczyńska, K., Orzeł, J., Murzyn, A., Popiół, J., Gunia-Krzyżak, A., Koczurkiewicz-Adamczyk, P., & Pękala, E. (2023). Antidepressant pharmaceuticals in aquatic systems, individual-level ecotoxicological effects: growth, survival and behavior. *Aquatic Toxicology*, 260, 106554. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.106554>
- Torres, M., & Hernández, N. (2009). *Determinación toxicológica en aguas de río mediante el empleo de un bioensayo con planta*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/saludpublica/public/inline-files/bc5101915f34e4d_Hig.Sanid_.Ambient.9.505-509\(2009\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/saludpublica/public/inline-files/bc5101915f34e4d_Hig.Sanid_.Ambient.9.505-509(2009).pdf)
- Torres, P., Hernán, C., Paola, C. •, & Patiño, J. (2008, December 11). *WATER QUALITY INDEX IN SURFACE SOURCES USED IN WATER PRODUCTION FOR HUMAN CONSUMPTION. A CRITICAL REVIEW*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- Tu, L. H., Grieneisen, M. L., Wang, R., Watanabe, H., & Zhang, M. (2023). Assessment of agricultural pesticide inert ingredient transport following modeling approach: Case study of two formulation agents in Sacramento River watershed. *Journal of Environmental Management*, 330, 117123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117123>
- Vallejo, R. (2017). *“DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y COLIFORMES FECALES EN EL ESTERO PEÑAFIEL, EN EL BOSQUE PROTECTOR PEDRO FRANCO DÁVILA DEL RECINTO JAUNECHE, CANTÓN PALENQUE, PROVINCIA DE LOS RÍOSECUADOR”* [Escuela de Biología, Universidad de Guayaquil]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/rediug/21004/1/TESIS%20ECAEP%20ULTIMO%20BORRADOR%20OFICIAL%20JULIO%202017.pdf>
- Vargas-González, G., Alvarez-Reyna, V. de P., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., Jiménez-Díaz, F., Vásquez-Arroyo, J., & García-Carrillo, M. (2016). Patrón de uso de plaguicidas de alto riesgo en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(9), 367–378. <https://redalyc.puce.elogim.com/articulo.oa?id=358646832009>
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5), 1072–1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>

- Vos, J., & Hinojosa, L. (2016). Virtual water trade and the contestation of hydrosocial territories. *Water International*, 41(1), 37–53. <https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1107682>
- Weber, G., & Kubiniok, J. (2022). Spring waters as an indicator of nitrate and pesticide pollution of rural watercourses from nonpoint sources: results of repeated monitoring campaigns since the early 2000s in the low mountain landscape of Saarland, Germany. *Environmental Sciences Europe*, 34(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00632-0>
- Wu, J.-P., & Li, M.-H. (2018). The use of freshwater planarians in environmental toxicology studies: Advantages and potential. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.057>
- Xu, F., Yang, R., Wang, H., He, X., Li, W., Wei, Y., Bao, L., Yuan, J., & Tong, H. (2023). Sources and historical records of metal(loid)s in river sediments from an agricultural tributary of Tuojiang river: Evidence from geochemical analyses and Pb isotope. *Chemosphere*, 322, 138169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138169>
- Yadav, S., Chauhan, A. K., Kumar, S., & Kataria, N. (2022). Advanced membrane technology for the removal of pesticides from water and wastewater. In *Pesticides Remediation Technologies from Water and Wastewater* (pp. 143–156). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90893-1.00007-6>
- Yang, X., Liu, Q., Luo, X., & Zheng, Z. (2017). Spatial Regression and Prediction of Water Quality in a Watershed with Complex Pollution Sources. *Scientific Reports*, 7(1), 8318. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08254-w>
- Yanggen, D., Crissman, C., & Espinosa, P. (2002). *LOS PLAGUICIDAS* (Primera). Abya-Yala. www.cipotato.org

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Turbidez (NTU)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	8.27	6.57	3.04
Punto 2	6.45	5.50	6.05
Punto 3	4.94	4.76	12.04
Punto 4	5.95	33.78	60.25

Oxígeno Disuelto (%)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	90.58	80	98.4
Punto 2	90.50	85	98.2
Punto 3	89.77	71.3	87.5
Punto 4	72.6	72.8	89.8

Temperatura (°C)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	10.3	13.1	9.4
Punto 2	12.3	14	5.8
Punto 3	15	14	9.4
Punto 4	13.8	13.5	8.35

Potencial de Hidrógeno			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	8.1	7	7.4
Punto 2	8	7.30	7.80
Punto 3	7.9	7.50	8.75
Punto 4	7.9	7.2	8.14

Conductividad Eléctrica (us)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	27.6	46.6	130
Punto 2	45	27	120
Punto 3	52	27.7	140
Punto 4	57.7	70	155

**Demanda Bioquímica de
Oxígeno**

Punto	Valor
Punto 1	118
Punto 2	118
Punto 3	124
Punto 4	145

**Sólidos Suspendidos
Totales**

Punto	Valor
Punto 1	16.4
Punto 2	14.1
Punto 3	18.7
Punto 4	70.1

Hierro Total

Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	0.4	0.3	1
Punto 2	0.5	0.2	1.1
Punto 3	0.5	0.2	1.6
Punto 4	0.6	0.2	5.1

Color (UC)

Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	47	25	27
Punto 2	106	56	53
Punto 3	61	55	125
Punto 4	48	315	365

Nitritos (mg/l)

Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	0.04	0.03	0.03
Punto 2	0.05	0.03	0.07
Punto 3	0.04	0.05	0.09
Punto 4	0.05	0.10	0.16

Sulfatos (mg/l)

Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	8	2	3
Punto 2	9	3	5
Punto 3	10	2	6

Punto 4	9	13	14
Nitratos (mg/l)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	0.06	0.13	0.24
Punto 2	0.11	0.14	0.38
Punto 3	0.14	0.14	0.77
Punto 4	0.11	0.34	0.88
Fosfatos (ppm)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	4	2	7
Punto 2	5	3	2
Punto 3	3	2	3
Punto 4	2	19	7
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	16.4	16.4	16.4
Punto 2	14.1	14.1	14.1
Punto 3	18.7	18.7	18.7
Punto 4	70.1	70.1	70.1
Levaduras y Mohos (UFC)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	240	1810	437
Punto 2	120	726	245
Punto 3	430	758	1360
Punto 4	160	1120	1380
Aerobios (UFC)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	0	0	0
Punto 2	2	0	0
Punto 3	2	2	0
Punto 4	0	7	13
<i>E. coli</i> (UFC)			
Punto	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Punto 1	484		
Punto 2	753	Crecimiento	Crecimiento
Punto 3	476	masivo	masivo
Punto 4	146		

Anexo 2. Análisis del índice de Calidad de Agua



Know Your H2O WQI For Surface Waters Submission Received!

DATA SUBMITTED:

Calculator Mode of Use: Actual - Data will be submitted to Citizen Science Global Map
(Please select one below)

Your Name Leydi Daya Hernández, Erazo.

Email ldhernandez@pucesl.edu.ec

Organization Name PUCE

Body of Water Type

Postal Code (Zipcode in USA) 040555

Latitude of Sample (optional if known): 0.37073

Longitude of Sample (optional if known): 78.01789

06/04/2023

11:00:00

Dissolved Oxygen Sat (%) 93.475

Fecal Coliform or E. coli (Colony count per 100mL) 666819.4444

pH 8.023

Biochemical Oxygen Demand (BOD) in mg/L (ppm) 126.25

Temperature Change (in degrees C) 11.57

Total Phosphorus / Phosphate Units? mg P/L (Units expressed as Phosphorus per Liter)

Total Phosphorus as Phosphorus P/L or Phosphate PO ₄ /L in mg/L (ppm)	5
Total Nitrate / Nitrogen Units?	mg N/L (mg Nitrogen/Liter)
Nitrate in mg NO ₃ /L (ppm) or Nitrogen mg N/L (ppm)	0.28
Turbidity Units	NTU
Turbidity in NTU or Secchi Disk Depth (cm)	13.13
Total Dissolved Solids in mg/L (ppm)	30.825
Detected GPS Location	H68H+C2H, Montufar, Ecuador 0.56615, -77.77149

Anexo 3. Evidencia fotográfica el desarrollo de la investigación

Recolección de Muestras



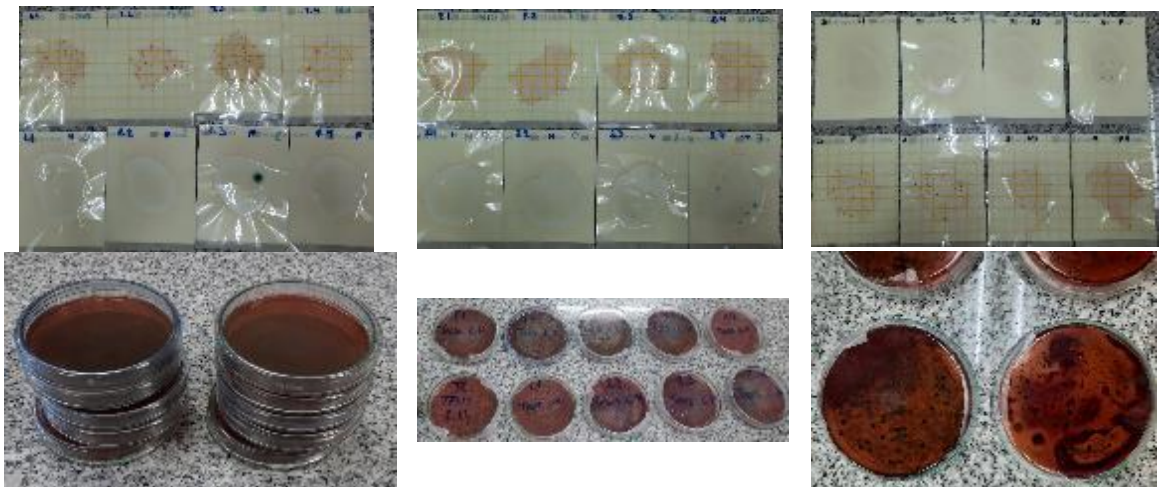
En las fotografías, se muestra las tres salidas para recolección de muestras y análisis in situ del agua del río Minas.

Análisis Químicos



Los análisis de ex situ químicos, se realizaron con el protocolo de LaMotte

Análisis Microbiológicos



En las fotografías, se puede mirar que se relizo analisis de *E. coli*, aerobios, mahoo y levaduras

Análisis Toxicológicos



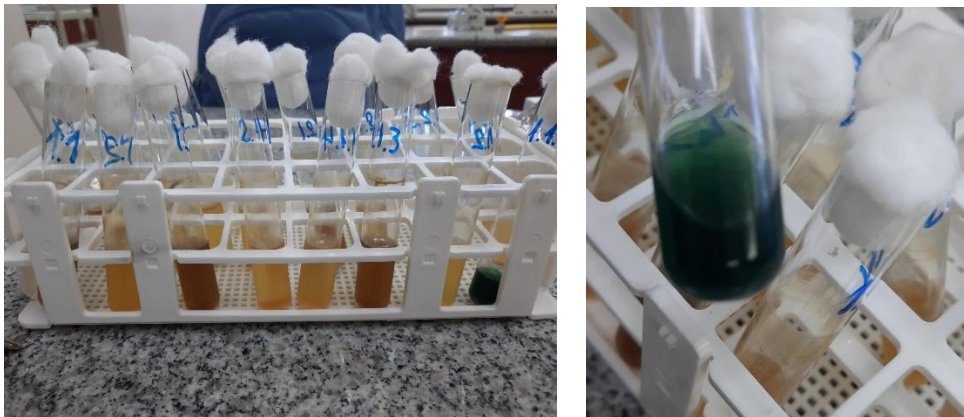


Se realizó el ensayo toxicológico usando la lechuga *Lactuca sativa* L.



Se usó el test Toxi-Crhom, para determinar si existe toxicidad en las muestras de agua del río Minas.

Novedades



Se encontró en el Punto 1, bacterias *Pseudomonas*