

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del Río Chinambí,
provincia del Carchi, Ecuador

Estudiante

Johnny Fabricio Garrido Membreño

Asesores

Erika Tenorio Moncada, M.Sc.

Josue Anibal León Carvajal, Mtr.

Jeffrey Díaz Sierra, M.Sc.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA ALEJANDRA TENORIO MONCADA

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Figuras	5
Índice de Cuadros.....	7
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Metodología.....	14
Área de Estudio	14
Caracterización Biofísica de la microcuenca del Río Chinambí.....	15
Identificación de Fuentes de Contaminación	16
Análisis de Calidad de Agua	17
Temperatura	20
pH.....	21
Turbidez	21
Conductividad Eléctrica.....	21
Sólidos Totales Disueltos	22
Fosfatos.....	22
Coliformes Fecales	23
Coliformes Totales	23
Alcance y Diseño	24
Análisis Estadístico	24
Resultados y Discusión.....	25
Caracterización Física.....	25
Evaluación de la Calidad del Agua.....	28

Interpretación de Parámetros Físicoquímicos	31
Interpretación de Parámetros Bacteriológicos	47
Conclusiones	52
Recomendaciones	53
Referencias.....	54
Anexos.....	57

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de la microcuenca del río Chinambí.....	14
Figura 2 Metodología utilizada para la realización de los mapeos participativos	17
Figura 3 Esquema resumido de la metodología utilizada para la investigación	20
Figura 4 Mapa de la microcuenca del Río Chinambí.....	25
Figura 5 Mapa de usos y cobertura de suelos en la microcuenca del Río Chinambí	27
Figura 6 Mapa de atractivos turísticos en la microcuenca del Río Chinambí	28
Figura 7 Valores de temperatura por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos.....	33
Figura 8 Comportamiento del parámetro temperatura con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico).....	33
Figura 9 Valores promedio de pH por punto, comparado con los límites máximos y mínimos para aguas para fines recreativos mediante contacto primario.	34
Figura 10 Valores de pH por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos y los límites máximos en aguas para uso recreativo de contacto primario	36
Figura 11 Comportamiento del parámetro pH con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico).....	37
Figura 12 Valores de turbidez por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos y los límites máximos en aguas para uso estético.	39
Figura 13 Comportamiento del parámetro turbidez con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico).....	39
Figura 14 Valores de conductividad eléctrica por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos	41

Figura 15 Comportamiento del parámetro conductividad eléctrica con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)	42
Figura 16 Valores de sólidos totales disueltos por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos	44
Figura 17 Comportamiento del parámetro sólidos totales disueltos con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)	44
Figura 18 Valores de fosfatos por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos.	46
Figura 19 Comportamiento del parámetro fosfatos con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)	47
Figura 20 Valores máximos de coliformes fecales por punto, comparado con los límites máximos en aguas para fines recreativos mediante contacto primario	50
Figura 21 Comportamiento del parámetro coliformes fecales con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)	50
Figura 22 Valores máximos de coliformes fecales por punto de muestreo, comparado con los límites máximos en aguas para fines recreativos mediante contacto primario	51
Figura 23 Comportamiento del parámetro coliformes totales con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Listado de mapas desarrollados con sus componentes, fuente de información y propósito	15
Cuadro 2 Tipo de análisis realizado en cada punto de muestreo	18
Cuadro 3 Clasificación del sitio de análisis y envase de transporte utilizado para cada parámetro ...	19
Cuadro 4 Resumen de métodos analíticos para los parámetros del estudio	23
Cuadro 5 Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos por punto de muestreo.....	30
Cuadro 6 Medidas de resumen de parámetros bacteriológicos por punto de muestreo	31
Cuadro 7 Valor promedio de temperatura por muestreo	32
Cuadro 8 Valor promedio de pH por muestreo	34
Cuadro 9 Valor promedio de turbidez por muestreo	37
Cuadro 10 Valor promedio de conductividad eléctrica por muestreo	40
Cuadro 11 Valor promedio de total sólidos disueltos por muestreo	43
Cuadro 12 Valor promedio de fosfatos por muestreo.....	46
Cuadro 13 Valor promedio de coliformes fecales por muestreo.....	49
Cuadro 14 Valor promedio de coliformes totales por muestreo.....	49

Índice de Anexos

Anexo A Cronograma utilizado para el desarrollo de la reunión de socialización.....	57
Anexo B Preguntas para reunión de socialización	58
Anexo C Ficha de recolección de datos usada en múltiples muestras en campo	59
Anexo D Lista para la recolección de datos de asistentes a reunión de socialización de la investigación	60
Anexo E Población de la microcuenca del Río Chinambí	61
Anexo F Equipo utilizado y finalidad de uso	62

Resumen

El recurso hídrico dentro de una microcuenca es de gran importancia debido a que gracias a este, es posible que los diferentes ecosistemas estén adecuadamente equilibrados, manteniendo la biodiversidad y satisfaciendo las necesidades de las poblaciones. Se desarrolló una investigación en la microcuenca del río Chinambí, ubicada en el cantón Mira, Provincia del Carchi, Ecuador, con el objetivo de caracterizar los componentes biofísicos y socioeconómicos dentro de la microcuenca y su relación con la calidad del agua en el área de investigación, siendo este, el recurso con mayor importancia de la zona. Para ello se realizaron tres mapas de caracterización de la microcuenca, un mapa general, uno de usos y cobertura de suelos y uno de los sitios turísticos que se encuentran dentro de esta área. De igual manera, se recolectaron muestras de agua y se realizaron análisis *in situ* para los parámetros de temperatura, pH, turbidez y conductividad, y análisis en laboratorio para los parámetros de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, fosfatos, coliformes fecales y totales. Posteriormente, se evaluó la relación entre parámetros para ver su comportamiento entre ellos, pudiendo determinar relaciones entre parámetros como por ejemplo temperatura y pH, así como entre fosfatos y coliformes fecales. Los resultados de la investigación permitieron conocer que el recurso hídrico de la microcuenca cumple con los criterios de calidad de agua para uso recreativo, y que se pueda aprovechar este recurso de manera sostenible para generar un desarrollo socioeconómico adecuado en el área.

Palabras clave: Agua recreativa, calidad de agua, coliformes, contaminación, turbidez

Abstract

The water resources inside a microwatershed are very important because they allow that the different ecosystems are properly balanced, maintaining biodiversity inside the area, and satisfying the needs of the population. An investigation was carried out in the Chinambí River microwatershed, located in the Mira canton, Carchi Province, Ecuador, with the objective of characterizing the biophysical and socioeconomic components in this area and their relationship with the water quality, which is the most important resource in the area. For this purpose, three characterization maps of the microwatershed were made, one general, one for land use and coverage, and one for the tourist sites located within the zone. Water samples were also collected and analyzed *in situ* for temperature, pH, turbidity and conductivity, and in the laboratory for electrical conductivity, total dissolved solids, phosphates, and fecal and total coliforms. Subsequently, the relationship between parameters was evaluated to see how they interact with each other and to determine relationships between them, for example, between temperature and pH, and between phosphates and fecal coliforms. The results of the research showed that the water resources of the microwatershed fulfill the water quality criteria for recreational use, and that this resource can be sustainably used for generating an appropriate socioeconomic development in the area.

Keywords: Coliforms, recreational water, river pollution, turbidity, water quality

Introducción

Una cuenca es un espacio dentro de un área determinada mediante la cual viajan diferentes corrientes de agua de manera natural que provienen de diversas fuentes hasta llegar al punto de descarga, que generalmente es un cuerpo de agua de gran tamaño, como un lago u océano (Aguirre Núñez, 2011). Una cuenca hidrográfica se puede considerar como un gran receptor de agua, especialmente de agua lluvia, donde el suelo de esta cumple una función similar a la de una esponja, la cual absorbe el agua de las lluvias de forma rápida y va siendo liberada en pequeñas cantidades, lo que a partir de esta agua almacenada se forman los ríos, quebradas o arroyos que pueden contar con recurso hídrico incluso en épocas secas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2023). La cuenca hidrográfica es la unidad geográfica que está conformada por un río principal y su entorno, la cuenca se divide a su vez en subcuencas, las cuales también se encuentran divididas en microcuencas, quienes se encargan de drenar el recurso hídrico hacia la subcuenca y posteriormente a la cuenca (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2009).

Tanto las cuencas hidrográficas como las microcuencas juegan un papel fundamental en el equilibrio de los ecosistemas y todas las actividades que se realizan entorno a estos. Sin embargo, el constante crecimiento poblacional a lo largo del tiempo ha generado diversos problemas en cuanto al buen manejo, la calidad y el uso adecuado de los recursos naturales provocando una variedad de problemáticas socioecológicas (Faustino y Jiménez, 2000). Otro factor que puede afectar la calidad de los recursos dentro de una microcuenca, es la cercanía que tienen los asentamientos humanos a las fuentes de agua o río, pues al estar más cerca, podría existir una mayor probabilidad en el ingreso de contaminantes al recurso debido a las diferentes actividades que se realizan en zonas cercanas al río. Dentro de los contaminantes que ingresan al río se pueden destacar aquellos residuos que son producidos por las actividades agrícolas, pecuarias, y por residuos que se generan en las diferentes poblaciones que se encuentran dentro del área que cubre la microcuenca (Mijangos Carro et al., 2015).

El sector turístico tiene un gran impacto en los aspectos ambientales y socioeconómicos, pues el turismo genera desarrollo socioeconómico para un territorio, sin embargo, para impulsar el turismo es importante contar con una buena calidad de los recursos disponibles y hacer un manejo adecuado de los mismos, pues existen ocasiones en las que los recursos no son utilizados de manera adecuada, provocando una disminución en la cantidad y calidad de agua en la microcuenca (Monserrate Remache, 2018). Es importante mencionar que el turismo también podría influir en el aumento de la migración y en un crecimiento poblacional constante asociado al incremento de las actividades económicas desarrolladas dentro de un territorio.

Uno de los problemas que está estrechamente relacionado al crecimiento poblacional y que afecta a la calidad del recurso hídrico de una cuenca, son las descargas de contaminantes que ingresan al río. Una gran parte de los contaminantes que ingresan al cauce consisten en residuos químicos y orgánicos, que provienen de actividades antropogénicas no controladas. Cuando los contaminantes entran en contacto con el agua del río, se empiezan a generar cambios en las características fisicoquímicas del recurso (Abarca, 2007, como se citó en Guerra et al., 2016). Al contar con un recurso que es de buena calidad, se puede impulsar diferentes proyectos turísticos que permitan generar un adecuado desarrollo socioeconómico sostenible para la localidad (Escobar, 2002).

Dentro de una microcuenca es importante conocer el uso y cobertura de los suelos, debido a que gracias a la cobertura que tenga el suelo se logra controlar la erosión de este. Dicho proceso erosivo puede ser controlado a través del uso de coberturas vegetales, las cuales ayudan a la reducción del arraste de sedimentos que puedan ingresar al cauce del río, además de que ayudan a mejorar la infiltración del agua en el suelo. Al tener el suelo con una cobertura vegetal adecuada y dándole un buen uso, se logrará una disminución de la escorrentía superficial que se pueda dar en las orillas del río (Mintegui Aguirre y Robredo Sánchez, 1994).

Los ríos de las microcuencas cumplen con funciones de mucha importancia para un buen equilibrio ecosistémico, al mismo tiempo que permite que el ciclo hidrológico se desarrolle de manera

adecuada (Campoblanco Díaz y Gomero Torres, 2000). Es así cómo el buen manejo de las microcuencas con sus diferentes cauces logra una mejor calidad de vida tanto para las personas que viven dentro de la microcuenca como también para la biodiversidad existente en la zona.

Actualmente, la comunidad de Chinambí y sus alrededores ha tenido un crecimiento turístico considerable, provocando una mayor cantidad de visitantes de distintas procedencias del Ecuador. Debido a este crecimiento turístico, la municipalidad del cantón Mira y los habitantes de las diferentes comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca del Río Chinambí se han visto preocupados con la calidad del recurso hídrico en el cauce principal. Por lo tanto se ha optado por realizar una investigación con el objetivo de determinar si existe o no contaminación dentro del cauce e identificar qué actividades pueden influir directamente en la calidad del recurso.

En esta investigación se realizó una caracterización de la calidad de agua de los tributarios ubicados en la microcuenca del Río Chinambí. Para lograr dicha caracterización se establecieron los siguientes objetivos específicos: i) Caracterizar el uso de los suelos y coberturas de la microcuenca y así identificar fuentes no puntuales de contaminación, ii) Evaluar la calidad de agua para usos recreativos en el cauce principal de la microcuenca del Río Chinambí.

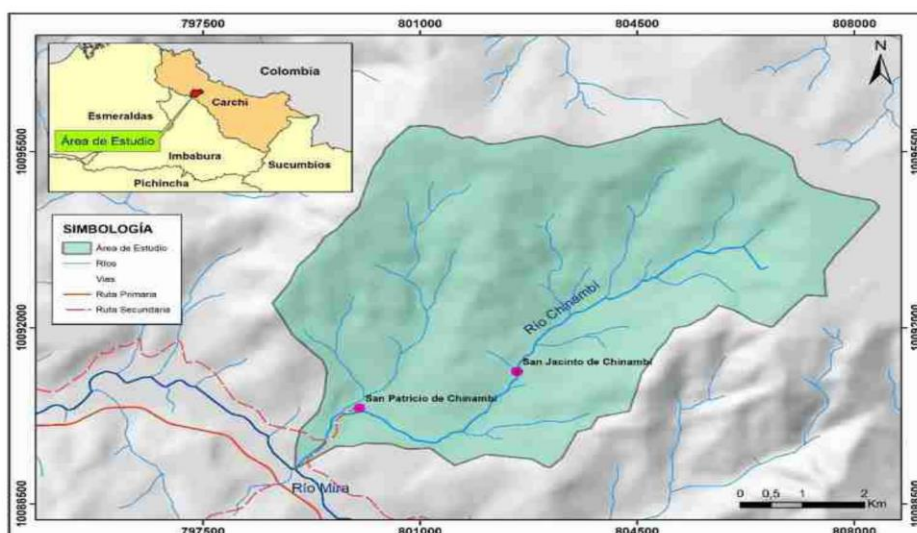
Metodología

Área de Estudio

El estudio se realizó en la microcuenca del Río Chinambí, la misma que está localizada en las comunidades de Chinambí y San Jacinto. Ambas comunidades pertenecen a la parroquia de Jacinto Jijón y Caamaño, la cual es una de las tres parroquias rurales con las que cuenta el cantón Mira, provincia del Carchi, ubicada al norte del Ecuador. La microcuenca del río Chinambí es manejada como un área de conservación, por lo que, a partir del año 2017, esta microcuenca empezó a ser operada como un Área de Conservación y Uso Sustentable Provincial o también conocida por sus siglas como ACUS. La extensión territorial que se encuentra dentro del ACUS es de aproximadamente 4,261.75 ha. Esta microcuenca se convirtió en un área de preservación a partir de la ejecución del Proyecto de Conservación de la Biodiversidad de Anfibios Ecuatorianos y Uso Sostenible de sus Recursos Genéticos ([GADPC], 2017). El rango altitudinal para la microcuenca va desde aproximadamente los 800 a 2,000 m.s.n.m. y cuenta con una temperatura promedio de 25 °C (Garrido Pule, 2010).

Figura 1

Ubicación de la microcuenca del río Chinambí



Nota. Adaptado de (Mier Jiménez y Taimal Chávez, 2022)

Entre de las principales actividades antrópicas y productivas que se destacan dentro de la microcuenca se puede destacar la agricultura, ganadería, y el turismo rural. Los cambios de uso de suelo se han orientado a los usos agrícola, a áreas de extracción de madera y el incremento de asentamientos humanos. Estos cambios han producido deforestación en la zona (Vilca Fuentes, 2011).

Caracterización Biofísica de la microcuenca del Río Chinambí

El uso y cobertura del suelo es de suma importancia dentro de una microcuenca pues está relacionada con la calidad del agua. A partir de este factor, es posible determinar qué actividades o tipo de vegetación es la que deja con mayor exposición al suelo y facilita el arrastre de sedimentos por el cauce del río cambiando la composición fisicoquímica de este. Es por ello que en esta investigación se generaron mapas de la microcuenca en general, uso y cobertura del suelo, y de los sitios turísticos que se encuentran dentro de la zona (Cuadro 1). La cartografía fue realizada con el uso del “software” especializado en Sistemas de la Información Geográfica (SIG), “QGIS®” versión 3.16. Con la ayuda del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi fue posible la obtención de todos los archivos necesarios, principalmente archivos de formato “shape” relacionados con la microcuenca, que permitieron la creación de estos mapas de interés.

Cuadro 1

Listado de mapas desarrollados con sus componentes, fuente de información y propósito

Mapa	Componentes	Fuente de información	Propósito
Mapa general de la microcuenca	Comunidades Tributarios Red vial Puntos de muestreo	GADPC ¹ - GADCM ²	Identificación de los tributarios que forman parte de la microcuenca.
Mapa de uso y cobertura de Suelos	Clasificación de uso y cobertura del suelo Comunidades Tributarios	GADPC ¹	Identificación del uso o cobertura que se tiene dentro de la microcuenca y el porcentaje que representa del total de la superficie de la microcuenca.
Mapa de sitios turísticos	Sitios turísticos Tributarios Comunidades Red vial	GADPC ¹ - GADCM ²	Identificación y georreferenciación de los sitios turísticos ubicados dentro de la microcuenca

Nota. GADPC= Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi, GADCM (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón

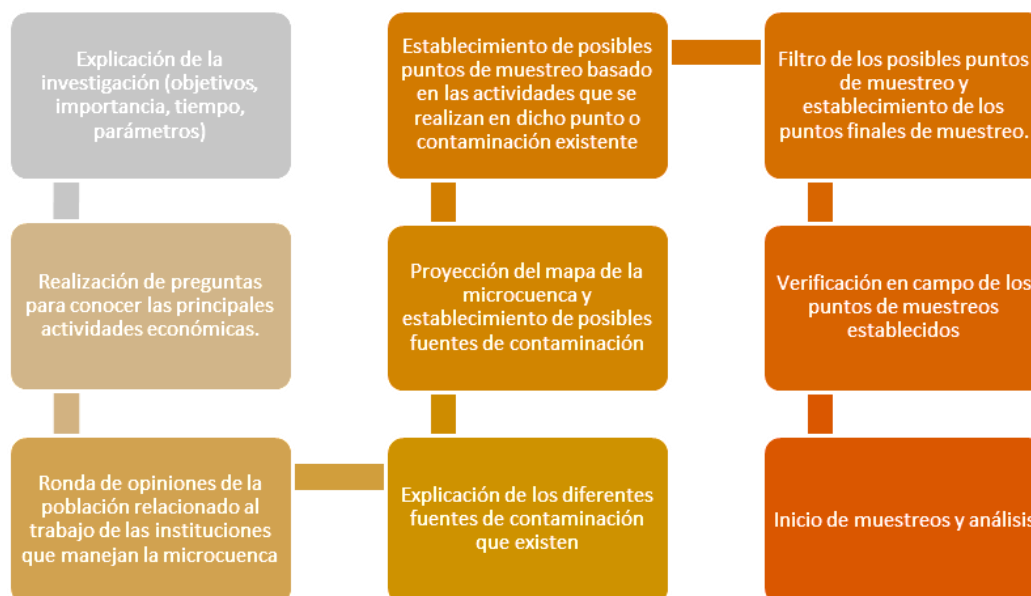
Mira.

Identificación de Fuentes de Contaminación

Se desarrolló un taller con los miembros de la comunidad a quienes se les aplicó un cuestionario con preguntas abiertas relacionadas a aquellas actividades económicas y productivas que se realizan en las orillas del cauce principal de la microcuenca, con el objetivo de conocer la perspectiva que tienen los pobladores con relación al cambio en la calidad del agua de esta microcuenca. Al inicio del estudio y previo al mapeo participativo, en un mapa ya se habían establecido cuatro puntos de muestreo, ubicados en la parte alta, media y baja de la microcuenca, considerando un descenso del rango altitudinal entre los puntos de muestreo. Posteriormente, se tuvo un acercamiento con pobladores de las comunidades de Chinambí, San Jacinto y San Patricio, donde se les explicó el objetivo, la importancia y detalles de la investigación que se realizaría dentro de la microcuenca. Se les presentó un mapa del área de estudio con los diferentes tributarios y sitios de referencia, para seguidamente realizar la identificación de los posibles puntos de contaminación bajo el criterio de actividades económicas o productivas que puedan provocar una alteración del recurso hídrico dentro de la microcuenca. Con estos insumos se definieron los sitios finales de muestreo. En la Figura 2, se puede tener un resumen de la metodología utilizada para los mapeos participativos que se realizaron junto a la población de las comunidades.

Figura 2

Metodología utilizada para la realización de los mapeos participativos



Análisis de Calidad de Agua

A partir de los mapeos participativos realizados con la población se establecieron un total de siete puntos de muestreo, de los cuales seis están ubicados a lo largo del río Chinambí y uno en el río Chinambí Chico, ya que este último es el segundo tributario más importante de la microcuenca. Se da una prioridad al cauce del río Chinambí debido a que este es el que tiene un mayor impacto de las actividades humanas tales como la ganadería, agricultura, turismo y de asentamientos poblacionales de la zona. Es importante destacar que al ser esta una zona muy húmeda y con un clima cambiante, a lo largo del muestreo se pudieron obtener muestras en días donde hubo eventos de precipitación permitiendo conocer la influencia que puede tener este tipo de eventos en los resultados de los parámetros que fueron evaluados.

Para la recolección de muestras, se realizaron seis visitas programadas y recorridos por la zona destinada a la recolección de muestras, la recopilación de datos se realizó entre intervalos de dos semanas a lo largo de cuatro meses a partir de diciembre del año 2022. Se realizó un total de seis

muestreos en cada uno de los puntos a través de los cuales se pudo obtener un total de 72 muestras, de las cuales 42 fueron destinadas a análisis fisicoquímicos y 30 a análisis bacteriológicos (Cuadro 2). Para la recolección de muestras de los parámetros fisicoquímicos se utilizaron frascos de plástico con una capacidad de 250 ml, mientras que para los parámetros bacteriológicos se utilizaron frascos de vidrio ámbar esterilizados a una temperatura de 175 °C por una hora y con una capacidad de 250 ml. Por otro lado, el tipo de muestreo que se utilizó para la presente investigación fue un muestreo no probabilístico convencional, donde se obtuvieron las muestras en puntos específicos y no de manera aleatoria, en los cuales la profundidad de muestreo fue de 30 cm en cada uno de los puntos para tener datos parecidos.

Cuadro 2

Tipo de análisis realizado en cada punto de muestreo

Número de punto de muestreo	Nombre del punto de muestreo	Análisis fisicoquímicos	Análisis Bacteriológicos
1	Cuenca Alta	x	x
2	Unión río Chinambí y río Tiguinza	x	x
3	Puente San Jacinto	x	-
4	Unión río Chinambí y río Usa	x	x
5	Río Chinambí Chico	x	x
6	Puente Chinambí	x	-
7	Peña Blanca	x	x

Nota. X= análisis realizado, -= análisis no realizado

Los análisis que se seleccionaron para esta investigación están relacionados con parámetros que van desde lo general hasta lo específico. La mayoría de los análisis fisicoquímicos se realizaron *in situ*, mientras que otros se los realizó en laboratorio (Cuadro 3). Los análisis realizados *in situ* fueron la medición de la temperatura del agua, pH, turbidez y conductividad eléctrica. Las muestras para analizar en laboratorio fueron transportadas bajo condiciones controladas (temperatura 2 °C y poca exposición a radiación solar) con la ayuda del personal de la dirección ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Carchi (GADPC). Por otro lado, los análisis en laboratorio se realizaron con el apoyo del personal encargado del laboratorio de agua y suelo de la misma institución, el cual se encuentra ubicado a aproximadamente 2 horas del sitio de muestreo. Los análisis realizados

en este espacio fueron de sólidos totales disueltos y fosfatos como parámetros fisicoquímicos, mientras que para parámetros bacteriológicos fueron los análisis de coliformes fecales y totales, pues al ser análisis más específicos se necesitaron equipos que solamente se podrían encontrar dentro del laboratorio.

Cuadro 3

Clasificación del sitio de análisis y envase de transporte utilizado para cada parámetro

Parámetro	Lugar de análisis - envase de transporte utilizado
Temperatura	<i>In situ</i> - N/A
pH	<i>In situ</i> - N/A
Turbidez	<i>In situ</i> - N/A
Conductividad eléctrica	<i>In situ</i> - N/A
Sólidos Totales Disueltos	Laboratorio - frasco plástico de 250 ml
Fosfatos	Laboratorio - frasco de vidrio ámbar, esterilizado de 250 ml
Coliformes Fecales	Laboratorio - frasco de vidrio ámbar, esterilizado de 250 ml
Coliformes Totales	Laboratorio - frasco de vidrio ámbar, esterilizado de 250 ml

Nota. N/A= No aplica (No se utilizó envase)

Por medio de estos análisis, fue posible determinar si existe un cambio en las características fisicoquímicas del recurso hídrico en la microcuenca y reconocer cuáles son las razones por las que estas características son alteradas. De igual manera, se logró generar una línea base relacionada a la calidad del recurso hídrico de la microcuenca, lo que servirá para que los diferentes gobiernos locales puedan tener una idea más clara acerca de la condición en la cual se encuentra el recurso y poder continuar con su monitoreo e implementar acciones de manejo.

Una vez obtenido los resultados se compararon con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, misma que es establecida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, debido a que esta es la única normativa vigente en el país con relación con la calidad de agua para uso recreativo. Sin embargo, se pudo identificar que no todos los parámetros que se analizaron son tomados en cuenta dentro de esta norma, ya que solo se toman en cuenta parámetros generales. Es así como los valores obtenidos a través de esta investigación también fueron comparados con otras normativas de calidad de agua de carácter internacional como por ejemplo los Lineamientos de Calidad de Agua para Recreación establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o

normativas pertenecientes a otros países. A través de la Figura 3 se puede observar un resumen de la metodología que se realizó para el desarrollo de esta investigación y posterior a la Figura 3 se describen los parámetros seleccionados para el estudio y de forma resumida pueden ser encontrados en el Cuadro 4.

Figura 3

Esquema resumido de la metodología utilizada para la investigación



Temperatura

Es un parámetro que se evaluó debido a que puede generar cambios tanto en la biodiversidad acuática como la interacción de los organismos que se desarrollan dentro del cuerpo de agua. La unidad que se utilizó para la medición de la temperatura fue el grado centígrado (°C). El control de la temperatura dentro de un cuerpo de agua es de suma importancia ya que la variación de este parámetro puede influir en proceso como fotosíntesis de plantas y algas acuáticas, además de que se considera que en aguas con mayor temperatura, el desarrollo de bacterias y otros organismos es mucho más rápido que en aguas con temperaturas más bajas (Colegio Oficial de Biólogos de la

Comunidad de Madrid [COBCM], 2015). La medición de temperatura se la realizó a través de un medidor marca HACH® modelo sensION™5.

pH

El pH hace referencia a valor logarítmico relacionado a la concentración de iones de hidrógeno que se encuentran dentro del agua. Cuando se realiza un análisis de pH, la forma de medición es a través de una escala que va desde 0, que indica un pH muy ácido, hasta 14, que establece que el pH del agua es muy alcalino. De esta manera es cómo se establece que el punto neutro del pH es cuando este parámetro arroja un valor igual a 7 (Rodríguez Zamora, 2009). El dispositivo utilizado para la medición de pH fue el potenciómetro portátil sensION™1, de la marca HACH®.

Turbidez

La turbidez, cuya unidad de medición fue la Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU), hace referencia a la característica de transparencia que tiene el agua y la capacidad de absorber luz por el líquido. Sin embargo, cuando existe contaminación, la visibilidad a través del agua se reduce por la presencia de sólidos suspendidos, los cuales pueden ser resultado de diferentes actividades que se realizan a las orillas del cauce o las diferentes sustancias que son arrastradas por el cauce del río (Melo Vargas y Turriago Ríos, 2012). Para la medición de este parámetro se utilizó el turbidímetro portátil 2100Q de la marca HACH®, con un rango disponible de 0 a 1,000 NTU.

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica se puede considerar como la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica como consecuencia de la presencia de aniones inorgánicos que pueden poseer una carga positiva o negativa (Murillo G., 2008). Para expresar los resultados de este parámetro se utilizó la unidad de medición microsiemens por centímetro ($\mu\text{s}/\text{cm}$). La medición de la conductividad eléctrica se realizó mediante un medidor de conductividad, cuya marca es HACH®, modelo sensION™5. De la misma manera, a través de este dispositivo también se puede realizar la medición de la temperatura al mismo tiempo que se obtenía el resultado de la conductividad.

Sólidos Totales Disueltos

Sólidos totales disueltos o también conocido por sus siglas como TDS es un parámetro cuyos resultados son expresados en la unidad de partes por millón (ppm) y hace referencia al total de aquellas partículas que se encuentran disueltas en el agua, tales como minerales, sales, e incluso metales. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, por sus siglas USEPA, considera que este es un contaminante secundario en el recurso hídrico. Es posible destacar que existe una conexión entre los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica, pues se establece que la conductividad eléctrica hace referencia a la conducción de la corriente a través de iones disueltos en el agua, los cuales a través de análisis, serían partículas tomadas en cuenta dentro del parámetro de sólidos totales disueltos (Starrett, 2010a). Para el presente estudio, el método utilizado para la medición de TDS, fue el método AS-17, mismo que proporciona una tabla de conversión de conductividad eléctrica a sólidos totales disueltos, para dar una estimación de este.

Fosfatos

Los fosfatos son un tipo de sustancias solubles que son utilizadas por las plantas para poder desarrollarse, sin embargo, la cantidad excesiva de fosfatos en el agua puede ayudar a un crecimiento acelerado de algas y a un aumento en el proceso de eutroficación en el cuerpo de agua (Lavie et al., 2010). La sobrecarga de fosfatos en los ríos provoca un mayor crecimiento de algas, lo que a su vez tiene como consecuencia la reducción de la disponibilidad de oxígeno en el agua, la cual permite que la materia orgánica viva crezca sin control y se den altas tasas de descomposición. Los fosfatos no solamente provienen de la agricultura, sino también puede provenir de vertidos urbanos que pueden contener una cierta carga de detergentes, así como también del arrastre de materia orgánica o materia fecal (Bolaños-Alfaro et al., 2017). La medición de fosfatos se realizó mediante espectroscopía UV (ultravioleta) Visible.

Coliformes Fecales

Son bacterias que provienen específicamente del tracto intestinal de aquellos organismos en donde su sangre sea caliente incluyendo al ser humano. La ingesta de estas bacterias está asociada con la posibilidad de ingesta de microorganismos patógenos (Swistock y Sharpe, 2022). Existen dos unidades para expresar los resultados de coliformes tanto de coliformes fecales como totales, la primera es Número Más Probable por cada 100 mililitros de muestra (NMP/100 ml), mientras que la segunda es unidades formadoras de colonia (UFC) por cada 100 mililitros de muestra (UFC/100 ml). Para la presente investigación, los resultados de ambos análisis de coliformes fueron expresados en UFC/100 ml. El análisis se realizó mediante filtración de membranas con un medio de cultivo m-Colibblue24®.

Coliformes Totales

El análisis de coliformes totales permite identificar si existe presencia de bacilos Gram negativos en el agua. Estos microorganismos pueden estar presentes en el medio ambiente y en el agua cargada de nutrientes. Sin embargo, su estudio en las diferentes fuentes de agua es importante, ya que la presencia de estos bacilos puede estar asociada a otros procesos de contaminación bacteriana (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2012).

Cuadro 4

Resumen de métodos analíticos para los parámetros del estudio

Parámetro	Unidad de medición	Método de medición / equipo de medición
Temperatura	°C ¹	Medidor de conductividad portátil HACH® modelo sensION™5
pH		Potenciómetro HACH® modelo sensION™1
Turbidez	NTU ²	Turbidímetro portátil HACH® modelo 2100Q
Conductividad eléctrica	µs/cm ³	Medidor de conductividad portátil HACH® modelo sensION™5
Sólidos Totales Disueltos	PPM ⁴	AS-17 (conversión Conductividad eléctrica a Sólidos Totales Disueltos)
Fosfatos	mg/L ⁵	Espectroscopía UV Visible
Coliformes Fecales	UFC/100ml ⁶	Filtración de membranas + agar Caldo m-Colibblue24®
Coliformes Totales	UFC/100ml	Filtración de membranas + agar Caldo m-Colibblue24®

Nota. °C¹= Grados Centígrados, NTU²= Unidades Nefelométricas de Turbidez, µs/cm³ = Microsiemens por centímetro, PPM⁴= Partes Por

Millón, mg/L⁵= Miligramos por Litro, UFC/100 ml⁶= Unidades Formadoras de Colonia por cada 100 mililitros de muestra

Alcance y Diseño

La investigación tiene un alcance descriptivo debido a que luego de analizar los diferentes parámetros relacionados con la calidad de agua, se describió la manera en cómo las diferentes actividades antrópicas que se realizan dentro de la microcuenca provocan una reducción en la calidad de agua en el río Chinambí. Con relación al diseño que se empleó para esta investigación, es un diseño cuantitativo no experimental longitudinal, tanto para el análisis de calidad de agua como para el análisis de correlación, debido a que se creó una línea base relacionada con la calidad de agua en la microcuenca del río Chinambí. De esta manera, los datos que se recolectaron al ser los primeros en recolectarse para dicha microcuenca posteriormente servirán como línea base para diferentes estudios a futuro.

Análisis Estadístico

Para la presente investigación y para las variables tanto relacionadas a la calidad de agua como a las de caracterización biofísica se utilizó una estadística descriptiva, en las cuales se utilizaron medidas de tendencia central (medias) y medidas de dispersión (desviación estándar). Para un mejor análisis de resultados se crearon gráficos de barra y cuadros de frecuencia absoluta y relativa, que permitieron entender de mejor manera el comportamiento de cada parámetro. Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizó el “software InfoStat®” versión 2020.

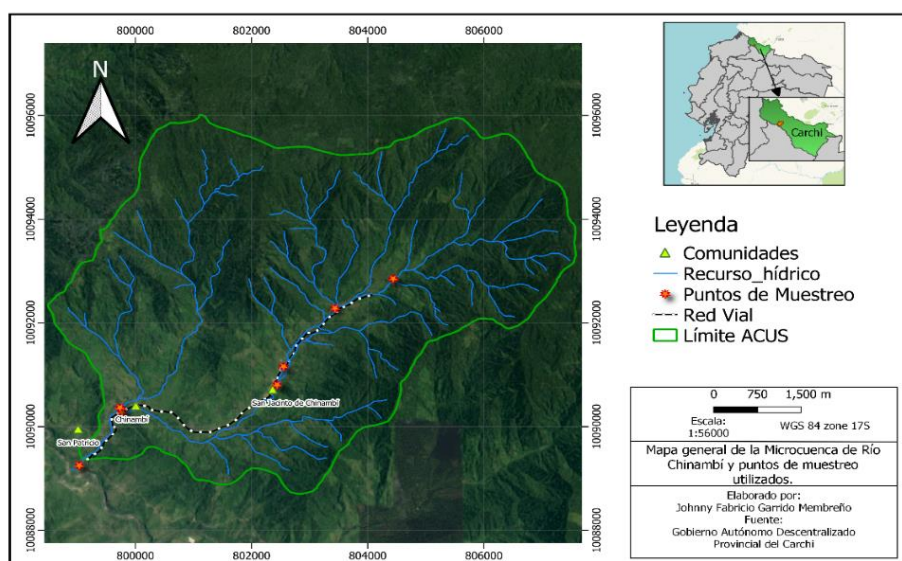
Resultados y Discusión

Caracterización Física

La caracterización física y de manera general de la microcuenca del río Chinambí permite identificar las comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca, la red vial, los puntos de muestreo y los diferentes cauces que forman parte de la microcuenca. A través de los muestreos se pudo identificar que muchos de estos no tienen una afectación antropogénica o no tienen un aporte considerable al caudal del río ya que existen cauces que solamente en las épocas lluviosas son en las que se generan corrientes de agua (Figura 4). Con base en ello, se destaca que dos tributarios son los que tienen una mayor importancia dentro de la microcuenca debido a la cantidad de agua que poseen en su caudal además de que uno de ellos, el Río Chinambí, cruza por las dos comunidades que se encuentran dentro del ACUS. Este río es considerado el tributario principal de la microcuenca, sin embargo, también se destaca la importancia del Río Chinambí Chico, el cual es el segundo cauce de mayor importancia debido a que es el segundo más largo, además de que pasa por detrás de la comunidad de Chinambí y es el último en unirse al cauce principal de la microcuenca.

Figura 4

Mapa de la microcuenca del Río Chinambí

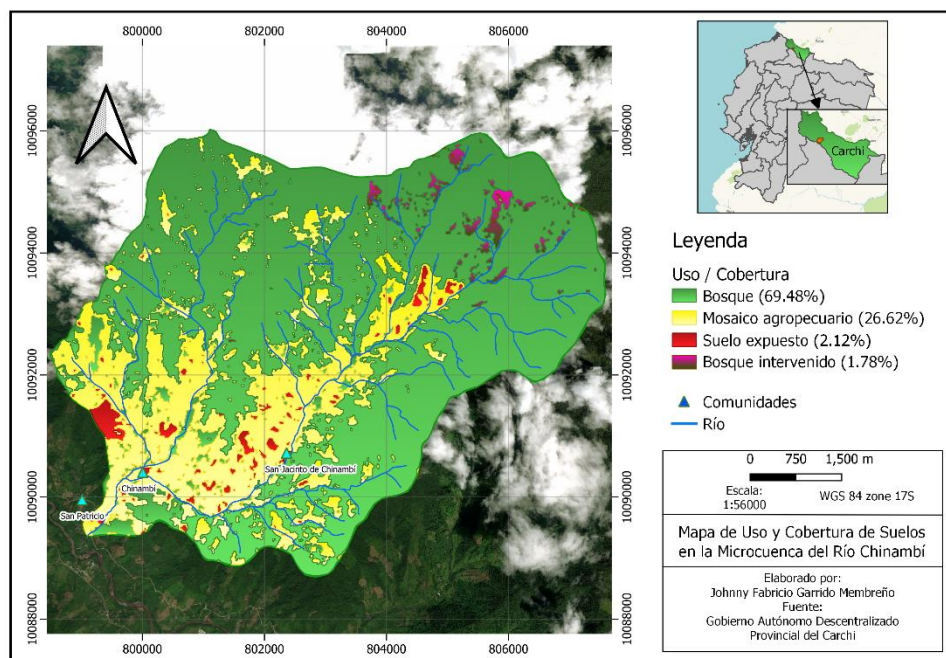


La caracterización biofísica de la microcuenca del Río Chinambí permitió identificar que dentro de esta, existen cuatro grandes categorías relacionadas al uso y cobertura del suelo (Figura 5). Estos grupos están divididos por bosque natural, es decir que no ha tenido ninguna intervención por parte del ser humano; así como también la categoría de bosque intervenido; mosaico agrícola, donde se incluyen toda el área destinada a actividades agrícolas productivas y la última categoría que está relacionada a suelo expuesto o que no tiene ningún tipo de cobertura vegetal. A través de grupos focales con la participación de personas dedicadas a la agricultura, ganadería y turismo en el sector, fue posible destacar que la categoría de bosque intervenido son aquellas áreas donde se identifica deforestación o son espacios que han sido adaptados para la implementación de sistemas silvopastoriles.

Por otro lado, dentro de las principales actividades agrícola productivas se destaca la producción de frutos tropicales, tales como la guanábana (*Annona muricata*), naranjilla (*Solanum quitoense*), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y otras especies como el café (*Coffea arabica*), esto gracias a las condiciones climáticas del sector. Las áreas que son consideradas como zonas de suelo expuesto o descubierto se deben ya sea a la modificación de la cobertura para la construcción de nuevos sitios turísticos o a laderas de las montañas que han sufrido de deslizamientos, dejando el suelo expuesto. A medida que se avanza en el cauce del río Chinambí, se identifica un aumento de actividades agrícolas en las orillas y partes cercanas del río. Estas actividades son consideradas como fuentes de contaminación difusa debido al uso de fertilizantes agrícolas ya sean de origen natural o químico. De igual manera, al generar un cambio en el uso y cobertura del suelo en las riberas del río el riesgo de arrastre de sedimentos y materia se incrementa, generando un cambio en la calidad del agua de la microcuenca.

Figura 5

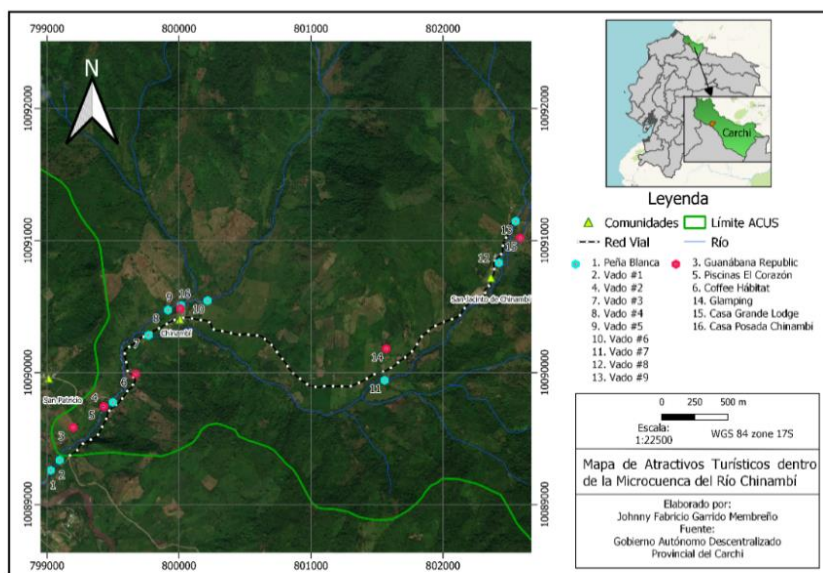
Mapa de usos y cobertura de suelos en la microcuenca del Río Chinambí



La caracterización realizada también permite registrar un total de 16 atractivos turísticos dentro de la microcuenca (Figura 6). Estos sitios turísticos que se han identificado a través de esta caracterización están principalmente relacionados a la recreación acuática, como es el caso de hosterías, balnearios, piscinas, entre otras, se establece que todos los sitios se encuentran ubicados entre la parte media y baja de microcuenca. Se destaca que la gran mayoría son públicos y al no contar con una supervisión, los visitantes suelen dejar desechos sólidos en las orillas del río, los cuales al ingresar al río alteran la calidad del agua. De igual manera, existen atractivos turísticos que son propiedad privada y cuentan con piscina propia. Sin embargo, no pueden ser consideradas como fuentes de contaminación puesto que tienen un manejo adecuado de aguas residuales, evitando descargas al tributario y por ende permite mantener una buena calidad del recurso hídrico de la microcuenca.

Figura 6

Mapa de atractivos turísticos en la microcuenca del Río Chinambí



Evaluación de la Calidad del Agua

Para esta investigación se recolectaron un total de 52 muestras de agua, de las cuales, 42 muestras fueron utilizadas para análisis de parámetros fisicoquímicos, mientras que para los parámetros bacteriológicos se recaudaron un total de 30 datos. De todos los parámetros fisicoquímicos que se analizaron a lo largo de esta investigación, se logra establecer que el parámetro que tiene una menor variabilidad es el de fosfatos, ya que se cuenta con una desviación estándar que varía de 0.04 a 0.06 mg/L, y con medias que van desde los 0.06 a 0.07 mg/L para el tributario principal de la microcuenca. El punto de muestreo del Río Chinambí Chico presenta un incremento leve en los valores de fosfato, teniendo una media de 0.08 mg/L y una desviación estándar del mismo valor, demostrando una mayor presencia de nutrientes en dicho tributario (Cuadro 5). Al observar el comportamiento de las medias de la temperatura, se identifica que desde el punto de muestreo uno al punto de muestreo siete existe un incremento constante en los valores para el parámetro, además con los valores bajos de la desviación estándar que van desde 0.19 a 0.43 °C, se puede establecer que los datos de temperatura a lo largo de los muestreos tienen un rango de variabilidad pequeño. La

desviación estándar del pH de igual manera es baja, permitiendo mostrar una consistencia en los datos recolectados para este parámetro. En cuanto a la interpretación de medias de dicho parámetro se identifican ligeras variaciones entre puntos, sin embargo, es posible determinar que entre el punto de muestreo establecido en la parte alta de la microcuenca y el último punto ubicado en la parte baja de esta, existe una reducción de pH de 7.08 a 6.72, lo que indica que existió una ligera acidificación del recurso hídrico.

La turbidez es un parámetro en el cual la desviación estándar no es tan similar en todos los puntos, donde los valores van de 8.10 a 11.77 NTU, mientras que las medias si son ligeramente similares ya que varían entre 7.14 y 9.82 NTU, excepto en el Río Chinambí Chico, donde la media es de 3.48 NTU y presenta una menor diferencia entre datos recolectados. La diferencia en la desviación estándar de los datos puede estar relacionada debido algunos factores externos al recurso, como el tiempo meteorológico en el momento del muestreo, las actividades humanas que se desarrollan cerca al río, entre otras (Cuadro 5).

Por otro lado, la conductividad eléctrica para el recurso hídrico presenta medias muy parecidas entre los diferentes puntos de muestreo, marcando un ligero crecimiento conforme se avanza aguas abajo en el cauce, el cual va desde 51.40 a 61.90 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Al observar las medias de este parámetro, se identifica que la mayor conductividad eléctrica se encuentra en el punto de muestreo ubicado en el Río Chinambí Chico, con una conductividad de 62.95 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Para los sólidos totales disueltos, las desviaciones estándar obtenidas no varían en gran medida, obteniendo desviaciones menores a 5 ppm. En cuanto a las medias, se identifica una reducción constante entre los puntos de muestreo uno a punto de muestreo tres, disminuyendo de 27.87 ppm a 25.58 ppm. Posteriormente, partir del tercer punto se identifica un incremento constante de sólidos totales disueltos en el agua, aumentando desde 25.58 a 30.37 ppm para el último punto de muestreo. Es importante mencionar que al igual que la conductividad eléctrica, el valor del punto de muestreo del Río Chinambí Chico presenta los valores más altos de la media, con un valor medio de 31.80 ppm.

Cuadro 5*Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos por punto de muestreo*

Punto de muestreo	Media \pm Desviación Estándar					
	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Conductividad (μ s/cm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Fosfatos (mg/L)
Cuenca Alta	18.32 \pm 00.19	07.08 \pm 00.73	07.14 \pm 08.10	51.40 \pm 06.76	27.87 \pm 04.18	00.07 \pm 00.06
Unión río Chinambí y río Tiguinza	18.97 \pm 00.30	06.88 \pm 00.63	07.52 \pm 08.30	51.62 \pm 06.67	26.22 \pm 02.89	00.06 \pm 00.05
Puente San Jacinto	19.35 \pm 00.33	06.65 \pm 00.63	08.74 \pm 11.60	51.55 \pm 05.74	25.58 \pm 02.48	00.06 \pm 00.05
Unión río Chinambí y río Usa	19.90 \pm 00.43	06.69 \pm 00.61	08.61 \pm 10.38	51.73 \pm 05.47	25.83 \pm 02.42	00.06 \pm 00.04
Puente Chinambí	20.73 \pm 00.36	06.77 \pm 00.56	09.51 \pm 11.77	60.10 \pm 07.97	29.58 \pm 03.55	00.06 \pm 00.04
Río Chinambí Chico	20.35 \pm 00.38	06.72 \pm 00.62	03.48 \pm 04.08	62.95 \pm 07.47	31.80 \pm 04.26	00.08 \pm 00.08
Peña Blanca	21.07 \pm 00.39	06.72 \pm 00.63	09.82 \pm 11.63	61.90 \pm 07.84	30.37 \pm 03.41	00.07 \pm 00.06

Nota. °C= Grados Centígrados, NTU= Unidades Nefelométricas de Turbidez, μ s/cm= Microsiemens por centímetro, PPM= Partes Por Millón, mg/L= Miligramos por Litro.

Para los análisis bacteriológicos, se identifica desviaciones estándar de valores mayores que los de los parámetros fisicoquímicos, especialmente el parámetro de coliformes totales. De esta manera, se determina que los datos obtenidos tanto para coliformes totales como para coliformes fecales presentan una mayor variación (Cuadro 6). Para los coliformes fecales, se observa una desviación mínima de 10.08 UFC/100 ml y una máxima de 20.30 UFC/100 ml, y con medias que van desde las 9.00 UFC/100 ml hasta las 20.50 UFC/100 ml. Por otro lado, las coliformes totales son las que presentan las desviaciones más altas del estudio, las mismas que van desde 68.04 UFC/100 ml hasta 89.14 UFC/100 ml, en cuanto a las medias para este parámetro, la mínima es de 63.33 UFC/100 ml valor medio obtenido en el punto de muestreo uno y el valor medio máximo es de 133.67 UFC/100 ml obtenido en el último punto de muestreo.

Cuadro 6*Medidas de resumen de parámetros bacteriológicos por punto de muestreo*

Punto de muestreo	Media \pm Desviación Estándar	
	Coliformes fecales (UFC / 100 ml)	Coliformes totales (UFC / 100ml)
Cuenca Alta	09.50 \pm 12.88	63.33 \pm 74.63
Unión río Chinambí y río Tiguinza	09.00 \pm 10.08	67.33 \pm 72.53
Puente San Jacinto	-	-
Unión río Chinambí y río Usa	13.00 \pm 12.98	75.00 \pm 68.04
Río Chinambí Chico	11.00 \pm 11.00	102.40 \pm 89.140
Puente Chinambí	-	-
Peña Blanca	20.50 \pm 20.32	133.67 \pm 75.790

Nota. UFC/100ml= Unidades Formadoras de Colonia por cada 100 mililitros de muestra. "-"= Datos no recolectados

Interpretación de Parámetros Fisicoquímicos

Previo a la interpretación de resultados, es importante mencionar que existen algunos parámetros que no ha sido posible encontrar un criterio de calidad o valores mínimos y máximos para estos, ya que no son parámetros evaluados dentro del agua destinada al uso recreativo. La razón es que al ser un cuerpo de agua de origen natural y que muchas veces depende de la estación del año o de otros factores como eventos hidrológicos variables como precipitación, no es posible establecer rangos predeterminados para describir sus límites permisibles. Con la presencia de los eventos de precipitación se consideró importante la comparación entre los valores obtenidos en muestreos con presencia lluvia con los resultados obtenidos en los muestreos en los que no hubo precipitación. De esta manera es como en algunos de las siguientes figuras se separan los valores obtenidos en el muestreo cinco de los valores de todos los muestreos. Sin embargo, se eligieron estos parámetros ya que al ser esta investigación una línea base, permitió tener una primera idea acerca del comportamiento del cuerpo de agua y a partir de ello determinar que parámetros se deberían analizar en futuras investigaciones o estudios a realizarse por diferentes instituciones o investigadores.

Temperatura.

A través de la temperatura se logra un desarrollo óptimo de los organismos acuáticos, al mismo tiempo que este asegura la supervivencia de estos, por lo que es importante la medición de este parámetro. Una vez con los resultados de los análisis realizados en cuanto al parámetro de

temperatura en grados centígrados, es posible establecer que la temperatura promedio del recurso hídrico dentro de la microcuenca del Río Chinambí varía entre los 19.29 a 22.17 °C. Esto puede indicar que este cuerpo de agua cuenta con una temperatura adecuada para su uso en forma de recreación, al no contar con temperaturas muy bajas ni temperaturas muy altas que puedan afectar a las personas que hacen uso de este recurso u organismos que viven dentro del cuerpo de agua. De acuerdo con Starrett (2010b), los cambios de la temperatura del agua pueden ser influenciados por diferentes razones dentro de las que se puede destacar, que la cantidad de luz solar que impacta en el cuerpo de agua, alteraciones de la corriente morfológica, la diferencia de temperatura entre corrientes, etc.

Cuadro 7

Valor promedio de temperatura por muestreo

Muestreo	Temperatura °C
Muestreo 1	19.73
Muestreo 2	20.06
Muestreo 3	19.73
Muestreo 4	19.93
Muestreo 5	19.29
Muestreo 6	20.20

En la Figura 7 se observa cómo en días de lluvia la temperatura del cuerpo de agua evaluado en la presente investigación arroja valores menores que los valores promedio de temperatura en cada uno de los puntos en días que no se ha contado con eventos de precipitación. Al haber contado con condiciones meteorológicas en las que hubo una menor cantidad de los rayos del sol que penetran al cuerpo de agua, la temperatura del recurso hídrico se redujo aproximadamente en 0.5 °C. Starrett (2010b), menciona que los cambios diarios que se pueden tener de energía solar y la sombra pueden ser consideradas como condicionantes de la temperatura del agua. Por otro lado en la Figura 7, también es posible observar cómo la temperatura del río va aumentando constantemente conforme avanza el cauce, es decir que entre el punto de muestreo uno, ubicado en la parte alta de la microcuenca y el punto de muestreo siete, denominado como Peña Blanca en la parte baja existe un

aumento de temperatura de aproximadamente 3 °C a lo largo de su recorrido, con un aumento gradual de 0.5 °C entre cada punto de muestreo.

Figura 7

Valores de temperatura por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos

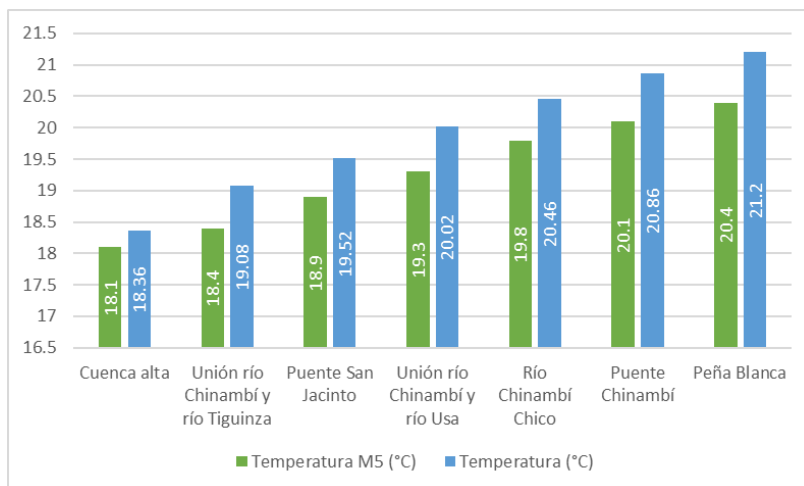
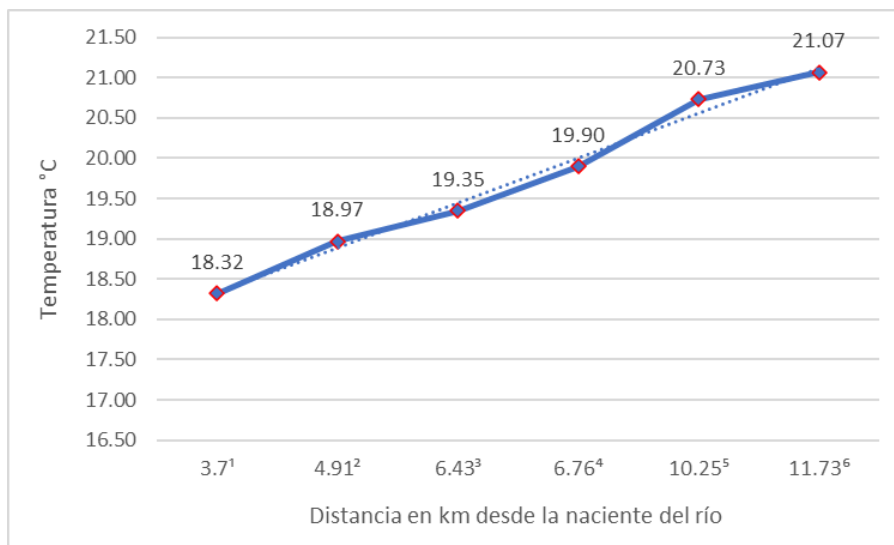


Figura 8

Comportamiento del parámetro temperatura con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Potencial de Hidrógeno (pH).

El análisis de potencial de hidrógeno o también conocido como pH, permite determinar que el recurso hídrico de la microcuenca del Río Chinambí puede ser utilizado como agua para fines recreativos mediante contacto primario de acuerdo con la Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua. Al analizar los valores promedio de pH por muestreo, se puede identificar que en su mayoría los resultados son muy similares, exceptuando el quinto muestreo donde se obtuvo el valor promedio de pH más bajo de todos (Cuadro 8). Esta reducción en dicho valor de pH se debe a que durante la realización del muestreo cinco se tuvo una precipitación intensa, lo cual explica que al aumento de la cantidad del recurso hídrico y la combinación del agua del tributario y la de la precipitación pueda reducir el pH de este. En el muestreo seis, se obtiene el valor promedio más alto de pH que los demás muestreos, este aumento de pH puede considerarse debido a las condiciones meteorológicas totalmente contrarias al muestreo cinco, donde el muestreo se realizó en un día despejado y soleado.

Cuadro 8

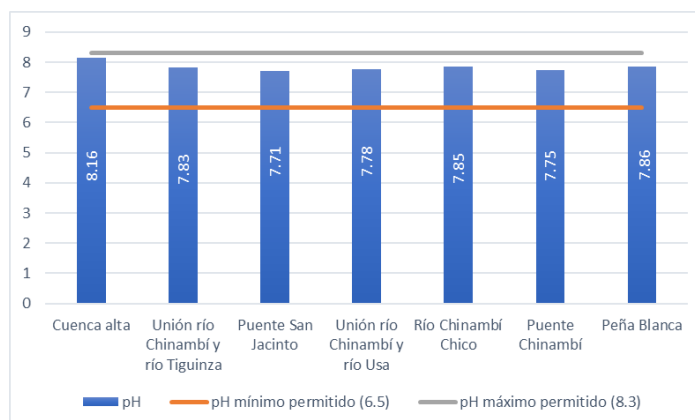
Valor promedio de pH por muestreo

Muestreo	pH
Muestreo 1	6.48
Muestreo 2	6.74
Muestreo 3	6.74
Muestreo 4	6.78
Muestreo 5	5.99
Muestreo 6	7.85

Por otro lado al graficar los valores máximos obtenidos en cada punto y al ser comparados con los valores de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua dictada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador bajo el criterio de calidad de agua para fines recreativos mediante contacto primario, se puede destacar que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos permitidos (6.5 – 8.3) para entrar en esta categoría (Figura 9).

Figura 9

Valores promedio de pH por punto, comparado con los límites máximos y mínimos para aguas para fines recreativos mediante contacto primario.



Una vez que se ha observado que al promediar los resultados obtenidos a través de las 6 mediciones en cada uno de los puntos de muestreo, el agua si se encuentran dentro de los límites del criterio de calidad de agua para uso recreativo de contacto primario, en la Figura 10 se compara el comportamiento del parámetro de pH entre el muestreo cinco, muestreo en el que hubo precipitación, y los valores promedio de los demás muestreos en lo que no ha existido este tipo de eventos. Buike (2018) menciona que la lluvia al ser una sustancia débil de ácido carbónico podría alterar el potencial de hidrógeno dentro del agua. De igual manera, otra de las razones por las que se puede dar una reducción del pH es debido a que las partículas que se precipitaron podrían haber tenido un pH ligeramente ácido, pues se conoce que la lluvia tiene un pH menor que en el agua superficial y esto podría haber provocado una variación en el parámetro. Al tener en cuenta que la lluvia en cierta parte tiene un origen natural con un pH de 5.0, esta podría generar una alteración en el cuerpo de agua en el que cae, aunque al reaccionar con sustancias químicas alcalinas o no ácidas ya sea en el aire, el suelo o en el agua, dichas reacciones pueden neutralizar en cierto porcentaje los ácidos de origen natural que caen junto a las partículas de lluvia ([USEPA], 2023). Al no neutralizar

completamente aquellos ácidos naturales que se juntan en las partículas de agua durante el evento de precipitación, los valores de pH del recurso hídrico tendrán un descenso.

Al observar la Figura 10 también se puede identificar que el pH del recurso hídrico varía aproximadamente en una unidad de la escala de pH. Además se establece que en los días que no existe precipitación, el valor de pH se encuentra dentro de los rangos permisibles, mientras que cuando existe precipitación el pH del recurso tiende a reducir. Es por ello que en el muestreo cinco, el pH se encuentra por debajo del valor mínimo para el parámetro, a diferencia de los días en los que se ha muestreado sin eventos de precipitación.

Figura 10

Valores de pH por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos y los límites máximos en aguas para uso recreativo de contacto primario

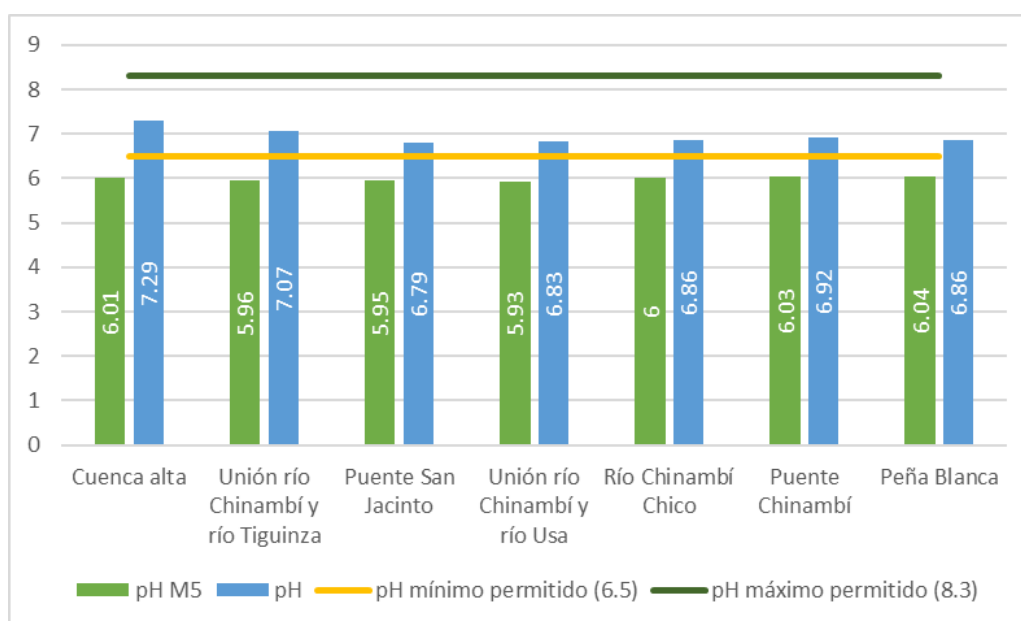
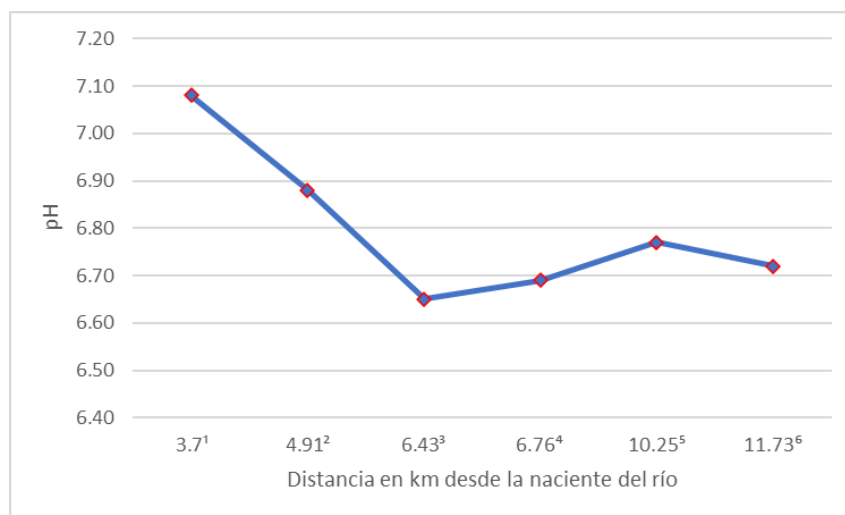


Figura 11

Comportamiento del parámetro pH con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Turbidez.

El aumento de la turbiedad puede ser considerada como consecuencia de actividades antropogénicas. La microcuenca del Río Chinambí cuenta con valores promedio de turbidez en su mayoría por debajo de 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), lo que indica que esta agua tiene una buena claridad. Sin embargo, al igual que a otros parámetros, el valor promedio mayor es en el muestreo cinco, donde se identificó un evento de precipitación considerable, que pudo afectar en los resultados del análisis y por ende tener un resultado diferente a la tendencia normal de los resultados promedio obtenidos.

Cuadro 9

Valor promedio de turbidez por muestreo

Muestreo	Turbidez (NTU)
Muestreo 1	3.24
Muestreo 2	4.29
Muestreo 3	2.46

Muestreo	Turbidez (NTU)
Muestreo 4	8.21
Muestreo 5	26.49
Muestreo 6	2.31

Para este parámetro se utilizó el criterio de calidad de agua para uso estético, es decir para belleza escénica, donde el valor máximo permitido es de 20 NTU. Esto se debe a que en el criterio de calidad de agua para uso recreativo el resultado está expresado a través de profundidad con disco Secchi a diferencia del resultado en NTU que se obtuvieron para la investigación.

Al observar los valores máximos de turbidez por punto de muestreo (Figura 12) se pudo establecer que en su mayoría todos los puntos arrojaron un resultado por encima del máximo permitido para este criterio a excepción del Río Chinambí Chico, que en todos los muestreos es el tributario que cuenta con una menor turbidez. Con los resultados obtenidos se destaca que conforme avanza el cauce del río, la turbidez demuestra una tendencia a ir aumentando, excepto en el punto de muestreo tres. Por otro lado, la diferencia de turbidez entre tributarios se debe a la cantidad de actividades productivas y económicas que se realizan cerca de ellos, donde se identifica que la mayoría de estas actividades se desarrollan en las proximidades casi hasta la orilla del río Chinambí, a diferencia de las pocas actividades que se realizan en el río Chinambí Chico. Una de las actividades productivas con mayor importancia es la agricultura, por lo que al tener una mayor cantidad de las actividades agrícolas en la ribera del río Chinambí, este tributario podrá tener una mayor turbidez por arrastre de sedimentos.

En periodos en los que se cuentan con bajas precipitaciones, la turbidez del recurso hídrico es baja y por lo tanto este es más claro, mientras que, cuando existen eventos de precipitación de gran magnitud se identifica un aumento en la turbidez dentro del cuerpo de agua (Quiroz-Castelán et al., 2004, como se citó en Romero Borja et al., 2011). De la misma manera, en el estudio realizado por Luciani Alegría (2022) se obtuvo un incremento de la turbidez en la época lluviosa, pudiendo establecer que sí existe una alteración de este parámetro debido al aumento de la escorrentía y

arrastre de material como consecuencia de las precipitaciones. En base a la Figura 12 se establece que el recurso hídrico en esta microcuenca si es apto para la categoría de uso estético, ya que los valores promedio que se han registrado son menores a 20 NTU.

Figura 12

Valores de turbidez por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos y los límites máximos en aguas para uso estético.

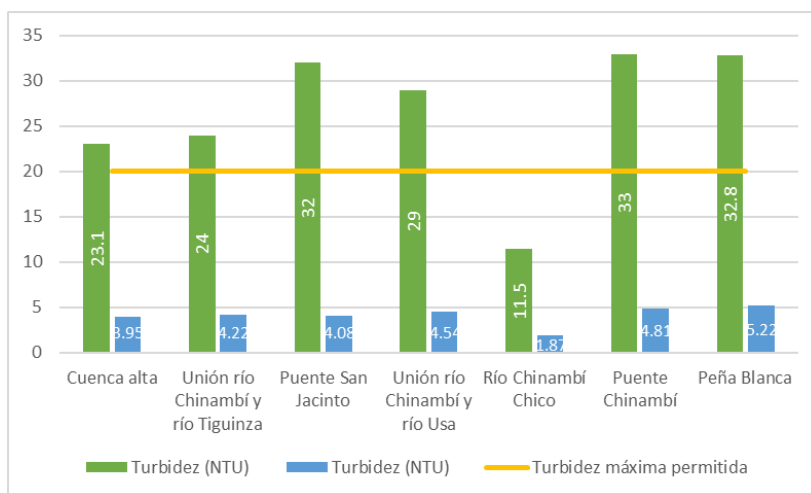
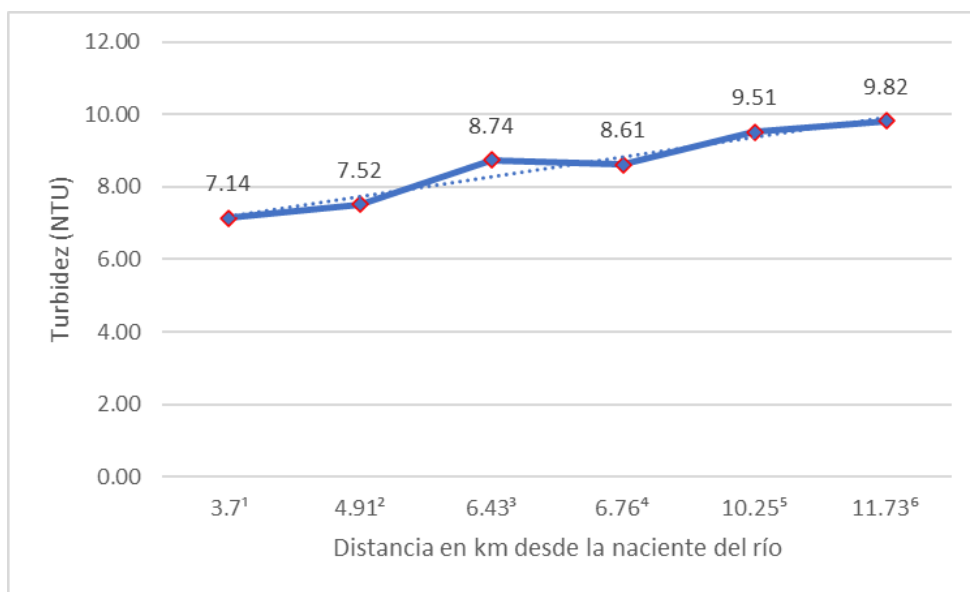


Figura 13

Comportamiento del parámetro turbidez con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Conductividad Eléctrica.

Al tener los valores promedio de conductividad eléctrica para cada uno de los muestreos realizados es posible destacar cómo la influencia de un evento de precipitación puede generar cambios en este parámetro, al igual que en otros parámetros en los cuales se lo ha explicado anteriormente. Por esta razón es como a través del cuadro 10, es posible observar como el valor del muestreo cinco es el menor en comparación a los demás promedios, lo que claramente demuestra que al haber una mayor cantidad de agua en el río a causa de los eventos de precipitación. El estudio realizado por Carrera Villacrés et al. (2016), presenta resultados con el mismo comportamiento de la conductividad eléctrica, en el cual se establece que en épocas en las cuales no se cuentan con eventos de precipitación, la conductividad eléctrica dentro del recurso hídrico será mayor, mientras que, en las épocas de invierno o lluvias, la conductividad eléctrica disminuirá. De esta manera se puede determinar que la presencia de lluvia durante el muestreo cinco provocó la reducción de la conductividad eléctrica para el cuerpo de agua.

Cuadro 10

Valor promedio de conductividad eléctrica por muestreo

Muestreo	Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
Muestreo 1	56.89
Muestreo 2	63.43
Muestreo 3	61.43
Muestreo 4	51.00
Muestreo 5	46.34
Muestreo 6	56.29

A través de la Figura 14, se puede comparar los valores obtenidos en el muestreo cinco que se considera como muestreo en época de lluvia y el promedio de los valores obtenidos sin eventos de precipitación, pudiendo observar cómo es el comportamiento del parámetro en tiempo lluvioso y en tiempo seco. Todos los resultados obtenidos en el muestreo cinco son menores que los de los otros

muestreos en cada uno de los puntos establecidos, por lo que se determina que la conductividad eléctrica del recurso hídrico varía de acuerdo con las condiciones temporales. El punto con los valores más altos de conductividad eléctrica es el punto de muestreo cinco (Río Chinambí Chico). Una de las principales razones para que exista una mayor conductividad es el arrastre y entrada de sedimentos por la riberas de los ríos que forman la microcuenca debido a que en algunas partes de estos, la cobertura vegetal en las zonas próximas a estos es pobre y el arrastre de sedimentos se vuelve más fácil (Ternus et al., 2011, como se citó en Aveiga Ortiz et al., 2019).

Figura 14

Valores de conductividad eléctrica por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos

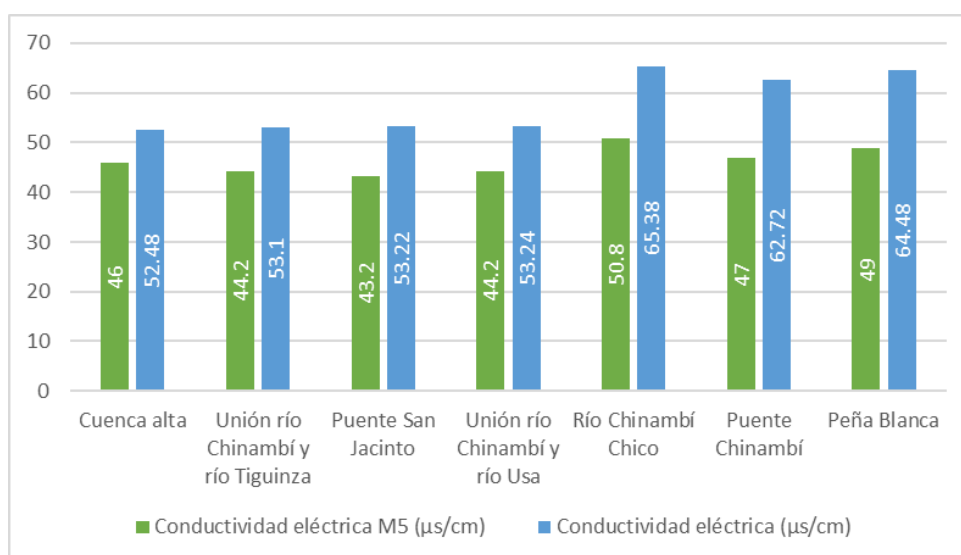
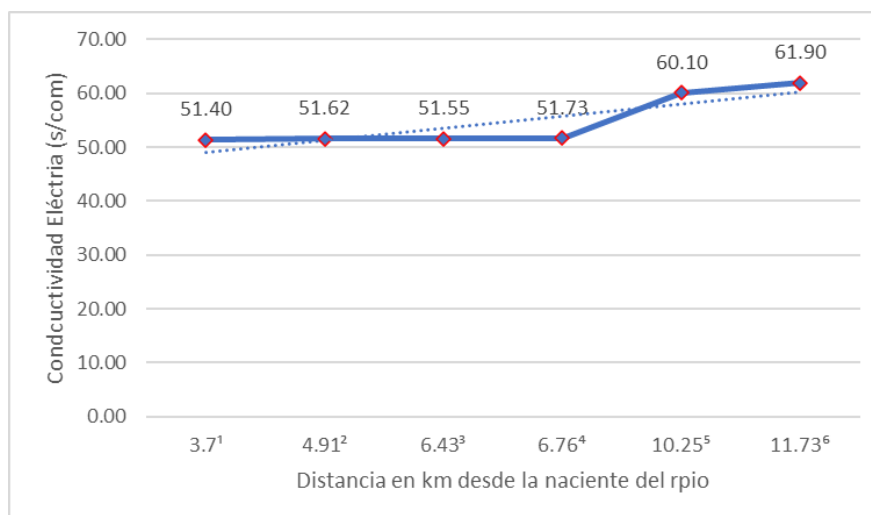


Figura 15

Comportamiento del parámetro conductividad eléctrica con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Total Sólidos Disueltos.

Este es un parámetro que está relacionado parcialmente con la conductividad eléctrica debido a que al tener una alta conductividad en el agua se puede determinar que existe presencia de iones de diferentes elementos donde sobresale el calcio y magnesio, mismos que están disueltos dentro del recurso (Aveiga Ortiz et al., 2019). A lo largo del estudio realizado, se puede identificar que los valores promedio de total de sólidos disueltos para el recurso hídrico de la microcuenca del Río Chinambí está comprendido entre los 23.17 ppm de total de sólidos disueltos a 31.00 ppm de total de sólidos disueltos. Siendo el muestreo cinco el muestreo con el valor promedio más bajo para este análisis, mientras que el último muestreo, es decir el muestreo seis es el que cuenta con el valor promedio más alto de todos.

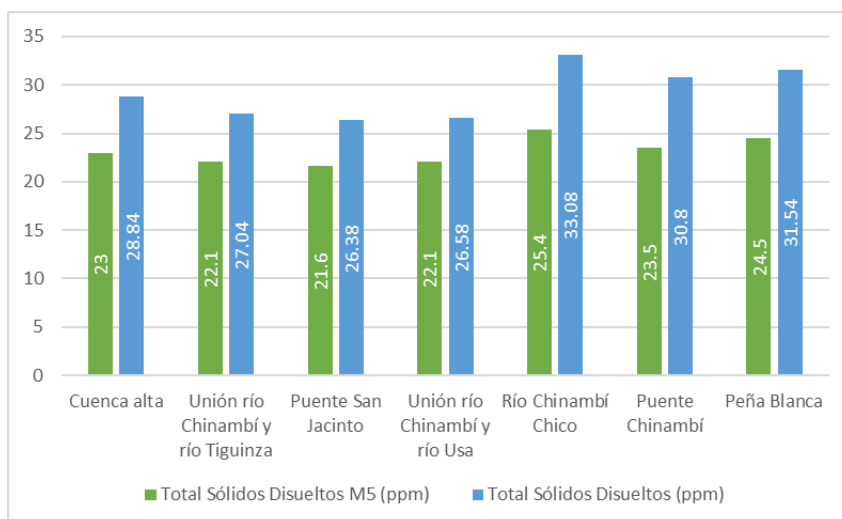
Cuadro 11*Valor promedio de total sólidos disueltos por muestreo*

Muestreo	Total Sólidos Disueltos (ppm)
Muestreo 1	29.74
Muestreo 2	28.94
Muestreo 3	30.71
Muestreo 4	25.50
Muestreo 5	23.17
Muestreo 6	31.00

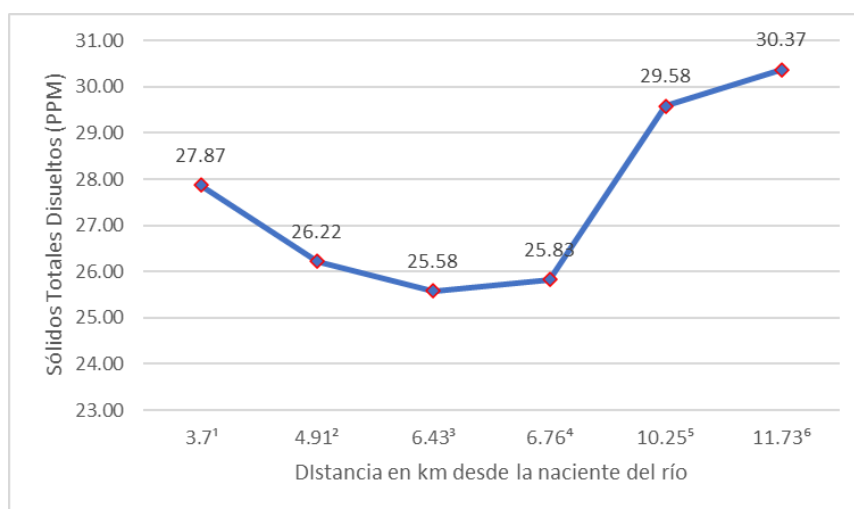
Conociendo el rango de valores promedio de total de sólidos disueltos en partes por millón (ppm), a través de la Figura 16, se puede identificar la diferencia entre los resultados obtenidos en el muestreo donde se contó con precipitación y el promedio de los muestreos con los que no se contó con este evento. A través de la Figura 16 es posible observar que al igual que la conductividad los valores del muestreo cinco son menores que los valores promedio de los demás muestreos en cada uno de los puntos muestreados. Es importante mencionar que la tendencia del total de sólidos disueltos del cuerpo de agua no sigue una tendencia en específico pero es parecida a la tendencia que tiene el parámetro de conductividad eléctrica (Figura 14). De la misma manera, se establece que el punto con una menor cantidad de total de sólidos disueltos es el tercer punto de muestreo, ubicado bajo el puente de la comunidad de San Jacinto, mientras que el punto con el valor de total de sólidos disueltos más alto se encuentra en el punto de muestreo cinco, ubicado en el otro tributario de importancia para la microcuenca del Río Chinambí.

Figura 16

Valores de sólidos totales disueltos por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos

**Figura 17**

Comportamiento del parámetro sólidos totales disueltos con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Fosfatos.

El análisis de fosfatos en el recurso hídrico de la microcuenca del Río Chinambí permite establecer que no existe una contaminación por el arrastre de restos de fertilizaciones utilizados en las diferentes actividades agrícolas que se desarrollan en las zonas aledañas a los cauces de esta microcuenca. Una de las principales causas de la contaminación difusa y que puedan alterar la calidad del agua es la agricultura, pues al utilizar agroquímicos en la agricultura se puede generar una contaminación el recurso hídrico (Madroñero Palacios y Jiménez Otárola, 2009). Sin embargo, se destaca que a través de los recorridos realizados, la mayoría de la producción agrícola del sector es de forma orgánica, ya que la mayoría de la producción es para consumo propio y venta local, más no la comercialización a gran escala de sus productos. De esta manera es como se puede establecer que el uso de fertilizantes es reducido y así es cómo se puede explicar las bajas cantidades de fosfatos presentes en el agua.

La investigación realizada por Pauta et al., (2019), también identifica que al existir actividades agrícola productivas controladas y a una pequeña escala, los valores de fósforo eran menores a 500 $\mu\text{g/L}$, incluso con eventos de precipitación, pudiendo concluir que el arrastre de nutrientes era muy bajo, además de que la cobertura vegetal también tiene una gran importancia a la hora de evitar el arrastre de contaminantes al cuerpo de agua. Al igual, Moreau et al. (1998) en su artículo menciona que la cantidad de fósforo que ingresa al cuerpo de agua, especialmente un río, depende mucho del uso y cobertura de suelos, así como de las actividades productivas que se realizan en las orillas como la agricultura o la producción de animales.

Los valores promedio obtenidos en el análisis de fosfatos van desde 0.00 $\mu\text{g/L}$ hasta los 120 $\mu\text{g/L}$, lo cual permite identificar que la presencia de contaminantes originados por los fertilizantes agrícolas es casi nula (Cuadro 12). También este es un parámetro fisicoquímico que puede ser condicionado por el aumento de la cantidad de agua a causa de eventos de precipitación. Pues con el

aumento de la cantidad de agua podría haberse dado una disolución de fosfatos, anulando la presencia de fosfatos en el recurso hídrico.

Cuadro 12

Valor promedio de fosfatos por muestreo

Muestreo	Fosfatos ($\mu\text{g/L}$)
Muestreo 1	120.00
Muestreo 2	100.00
Muestreo 3	80.00
Muestreo 4	0.00
Muestreo 5	0.00
Muestreo 6	80.00

El evento de precipitación de gran magnitud que se dio durante el muestreo cinco demuestra cómo el aumento en la cantidad del agua reduce la presencia de fosfatos en el recurso. En el muestreo cuatro también se evidenció un mínimo evento de precipitación lo que también provocó la disolución de fosfatos con el aumento de agua, arrojando un resultado que demostraba que no había presencia de fosfatos en el agua. La misma situación se pudo evidenciar en el muestreo cinco, donde no existió presencia de fosfato, sin embargo en cuando existe presencia de fosfato, los valores de este parámetro son muy bajos, ya que sus promedios varían entre los 60 y los 70 $\mu\text{g/L}$.

Figura 18

Valores de fosfatos por punto, comparando el muestreo cinco con el promedio de los demás muestreos

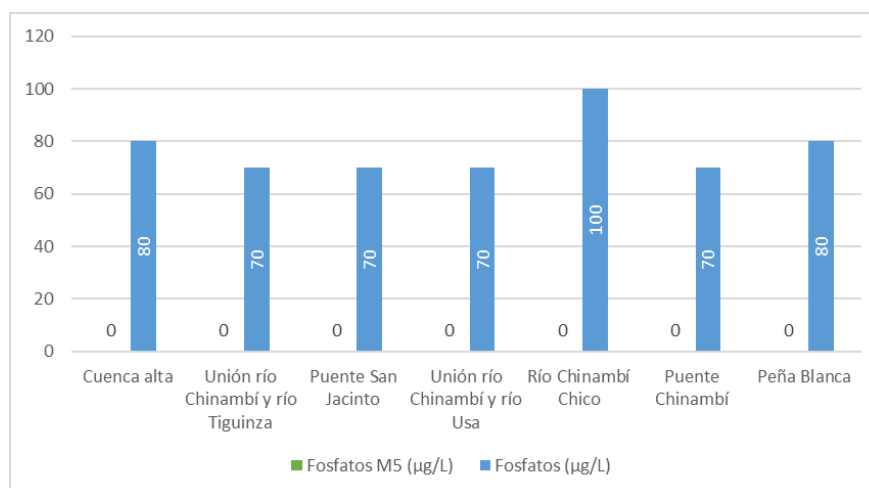
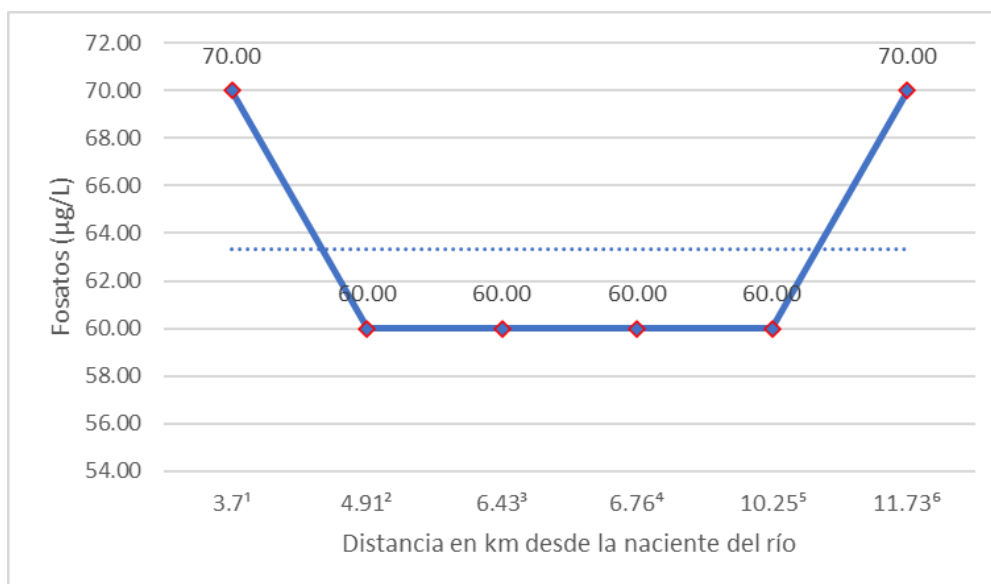


Figura 19

Comportamiento del parámetro fosfatos con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Interpretación de Parámetros Bacteriológicos

Al momento de comparar los resultados con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua de Ecuador, se ha identificado una diferencia entre las unidades de los resultados. Pues, en la norma la unidad utilizada para expresar los resultados es número más probable por cada 100 ml de muestra (NMP/100 ml), mientras que los valores que se obtuvieron en esta investigación fueron expresados en unidades formadoras de colonia por cada 100 ml de muestra (UFC/100 ml). Al reportar los resultados en UFC/100 ml se tienen datos más exactos que los reportados en NMP/100 ml, por lo tanto, esto no influye considerablemente en la interpretación de datos.

Coliformes Fecales y Totales.

El valor promedio de coliformes fecales medido en UFC/100 ml varía entre 5 UFC/100 ml a 37 UFC/100 ml (Cuadro 13), mientras que para el parámetro de coliformes totales, se identifican valores

medios que van en un rango de 25 UFC/100 ml a 200 UFC/100 ml (Cuadro 14). Dentro de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua establecida por el Ministerio del Ambiente, el resultado para el parámetro de Coliformes Fecales debe ser como máximo, un valor de 200 NMP/100 ml y para el parámetro de coliformes totales un máximo de 2000 NMP/100 ml. Las coliformes fecales están distribuidas en la naturaleza por lo que se podría considerar normal que exista presencia de coliformes fecales dentro del recurso hídrico que ha sido analizado (Álvarez et al., 2008).

El valor promedio del muestreo dos es más alto, debido a que mientras realizaba el muestreo, se pudo observar que ese día se realizó un traslado de ganado por el cauce del río Chinambí, lo que provocaría un aumento en el número de coliformes fecales. Es importante mencionar que muestreo cinco es el segundo promedio más alto, esto se debe al evento de precipitación que se tuvo durante el muestreo. Sin embargo, se identifica que para las coliformes totales el valor medio más alto se lo obtuvo en el muestreo cinco pudiendo establecer que el evento de precipitación pudo afectar de igual manera este parámetro. Las coliformes fecales no son las únicas que pueden afectar el resultado de coliformes totales, ya que existen otros géneros de coliformes. Hay coliformes cuyo origen son de aguas con materia vegetal en descomposición, lo que puede provocar un aumento en la cantidad de nutrientes en el agua, además de que estas se pueden multiplicar dentro del recurso hídrico (Campos, 1999, como se citó en Luciani Alegría, 2022).

De acuerdo con la investigación de Chiroles Rubalcaba et al. (2007), la cantidad bacterias, en este caso coliformes fecales y totales, tienden a tener una mayor presencia en épocas lluviosas que en épocas secas, aunque en algunas ocasiones pueda que esta diferencia en la cantidad de bacterias presentes en el recurso hídrico no puede ser notable. A través de estos resultados se puede establecer que el cambio en ambos parámetros va mayormente ligada al arrastre de sedimentos vinculado al evento de precipitación, provocando una mayor presencia de coliformes fecales y totales dentro del cuerpo de agua.

Cuadro 13*Valor promedio de coliformes fecales por muestreo*

Muestreo	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)
Muestreo 1	7
Muestreo 2	37
Muestreo 3	5
Muestreo 4	5
Muestreo 5	22
Muestreo 6	5

Cuadro 14*Valor promedio de coliformes totales por muestreo*

Muestreo	Coliformes Totales (UFC/100 ml)
Muestreo 1	35
Muestreo 2	125
Muestreo 3	51
Muestreo 4	25
Muestreo 5	200
Muestreo 6	99

Con los resultados máximos obtenidos en cada uno de los puntos que han sido muestreado se puede establecer que el recurso hídrico de la microcuenca del Río Chinambí, con relación a los parámetros de coliformes fecales y totales se encuentra con valores menores al criterio de calidad, pudiendo establecer que el agua de esta microcuenca en dicho parámetro si se encuentra dentro de la norma. Donde los valores más altos en cuanto a coliformes fecales con todos los muestreos realizados se obtienen en el último punto de muestreo, es decir en Peña Blanca (Figura 20). Esto se debe a que al ser último punto de muestreo y el final de la microcuenca, todos los contaminantes que son arrastrados de toda la microcuenca llegan a este punto, siendo así que exista una mayor acumulación de coliformes fecales. Mientras que, para las coliformes totales en todos los puntos de muestro se tuvo un valor máximo de 200 UFC/100 ml (Figura 22). En sitios con mayor cantidad de actividades antrópicas generalmente se pueden obtener valores de coliformes totales mayores que en aquellas zonas en las que no se cuente con mucha interacción del ser humano, ya que estas

actividades pueden tener una influencia en los resultados, especialmente las actividades productivas (Mazzucchelli, 2016).

Figura 20

Valores máximos de coliformes fecales por punto, comparado con los límites máximos en aguas para fines recreativos mediante contacto primario

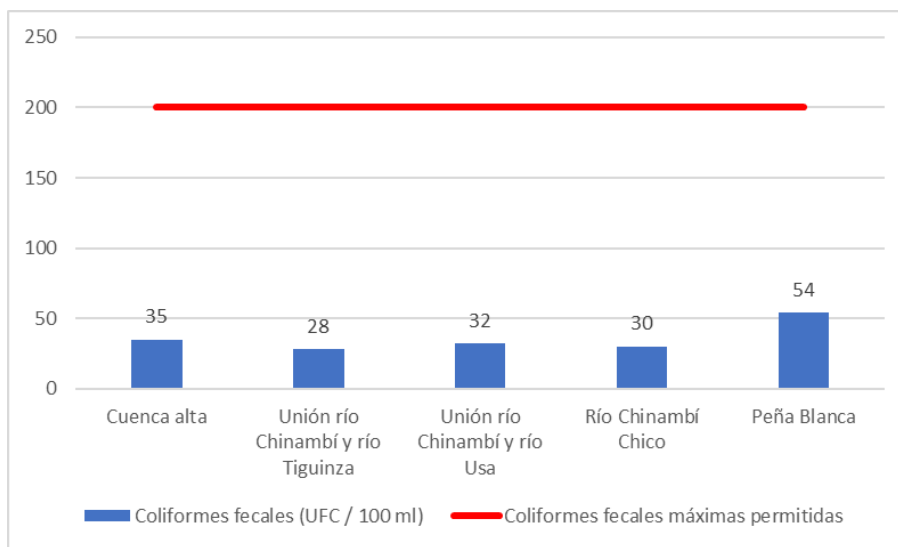
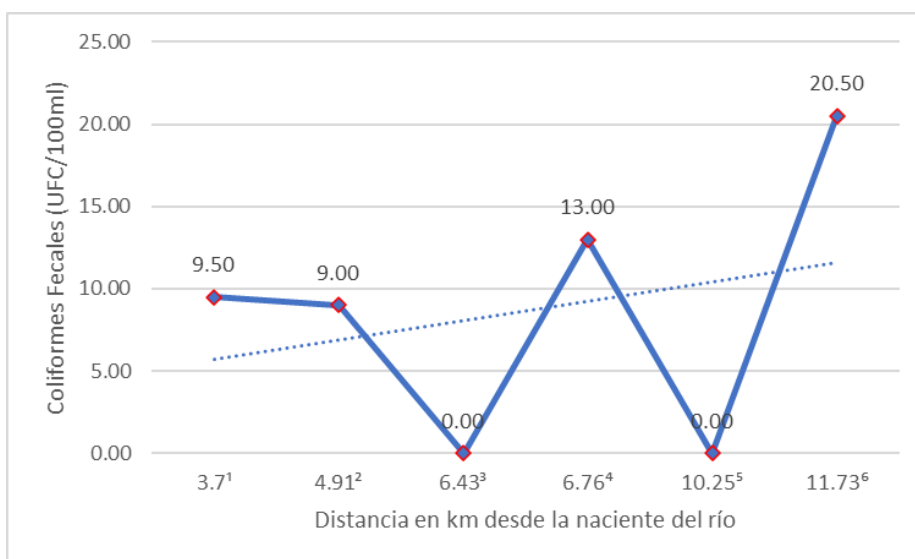


Figura 21

Comportamiento del parámetro coliformes fecales con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Figura 22

Valores máximos de coliformes fecales por punto de muestreo, comparado con los límites máximos en aguas para fines recreativos mediante contacto primario

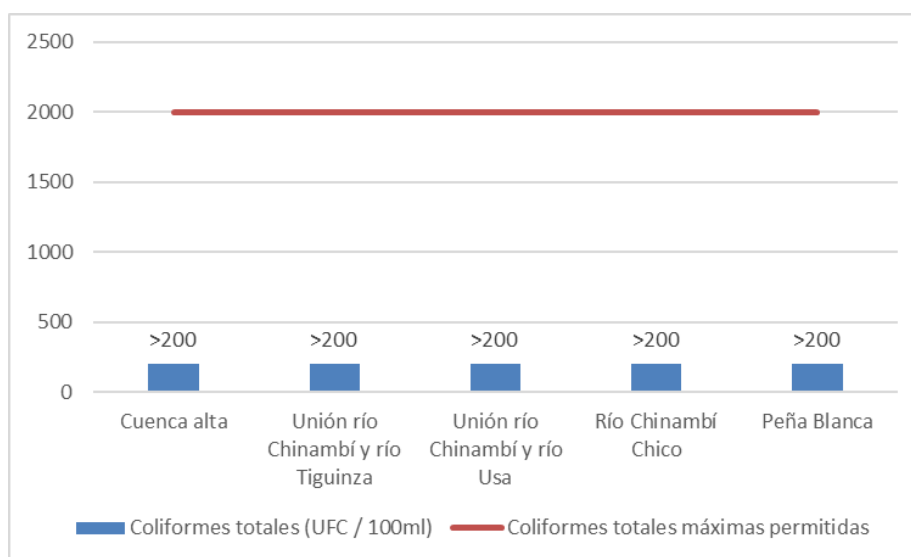
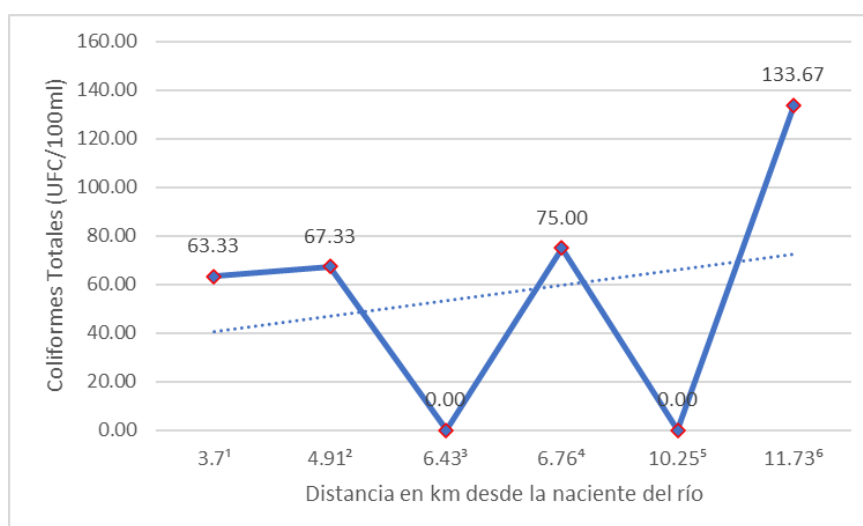


Figura 23

Comportamiento del parámetro coliformes totales con relación a la distancia entre la naciente del cauce y los puntos de muestreo (exceptuando el punto de muestreo Río Chinambí Chico)



Nota. 3.7¹= Cuenca alta, 4.91²= Unión río Chinambí y río Tiguinza, 6.43³= Puente San Jacinto, 6.76⁴= Unión río Chinambí y río Usa, 10.25⁵= Puente Chinambí, 11.73⁶= Peña Blanca.

Conclusiones

El uso y cobertura del suelo está relacionado a la calidad del recurso hídrico dentro de la microcuenca del Río Chinambí. La cobertura de bosque natural sin intervención que representa un 69.48% del área de la microcuenca evita los procesos de erosión y arrastre de sedimentos, previniendo el ingreso de contaminantes y permitiendo tener un recurso hídrico de buena calidad.

Los resultados obtenidos a través de los diferentes análisis realizados permiten determinar un cambio en los parámetros analizados conforme desciende el cauce del río, asociado particularmente a la gradiente de temperatura y al arrastre de algunos compuestos. Sin embargo, los resultados reflejan que se cumplen los criterios de evaluación de calidad para usos recreativos, especialmente cuando no existen eventos de precipitación.

Recomendaciones

Realizar monitoreos o estudios de manera continua por parte de las instituciones encargadas del manejo de la microcuenca, es decir, el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Carchi en conjunto con el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira. Esto permitirá conocer cómo el aumento de las actividades antrópicas va afectando la calidad del agua y así tomar acciones preventivas.

Se recomienda la instalación de al menos una estación meteorológica dentro de la microcuenca que permita recopilar datos de precipitación, los mismos que podrán ser utilizados para comparar los resultados de calidad de agua y los eventos de precipitación, lo que hará posible determinar la variación de la calidad del agua entre la época seca y la época lluviosa, así como también conocer que cambios se pueden generar en el caudal del Río Chinambí.

Promover campañas de restauración hídrica y forestal para estabilización del suelo, además de lograr una recuperación del suelo en aquellas zonas donde el suelo está totalmente expuesto y generan problemas de erosión, así como el arrastre de sedimentos o materia orgánica hacia el recurso hídrico y que afecta la calidad de este.

Se recomienda que los gobiernos locales generen políticas que promuevan el cuidado de la microcuenca en un trabajo conjunto con la población puesto que el recurso hídrico en la actualidad es de buena calidad y permitirá generar un desarrollo sostenible para el sector.

Referencias

- Aguirre Núñez, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*, 5(1), 9–20. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1995-10782011000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Álvarez, J. P., Panta, J. E., Ayala, C. R. y Acosta, E. H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información Tecnológica*, 19(6), 21–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000600004>
- Aveiga Ortiz, A. M., Noles, P., La Cruz, A. de, Peñarrieta, F. y Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30–41. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261719003/html/>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G. y 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). *Tecnología En Marcha*, 30(4), 15–27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Buiké, P. (2018). *Efectos de la temporada de lluvias en estanques de engorde de camarones*. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/efectos-de-la-temporada-de-lluvias-en-estanques-de-engorde-de-camarones/>
- Campoblanco Díaz, H. y Gomero Torres, J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 3(5), 57–63. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v3i5.2539>
- Carrera Villacrés, D., Guevara, P., Andrade, V. y Piedra, P. (2016). Análisis multitemporal de los parámetros potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y cloruros del sistema hidrográfico del Río Ambi - Yachay. *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo*, 1(1), 25–33. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.43>
- Chiroles Rubalcaba, S., González González, M. I., Torres Rojas, T., Valdés Águila, M. y Domínguez Martínez, I. (2007). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba). *Higiene Y Sanidad Ambiental*(7), 222–227. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015c5d937c3_Hig.Sanid_.Ambient.7.222-227\(2007\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015c5d937c3_Hig.Sanid_.Ambient.7.222-227(2007).pdf)
- Colegio Oficial de Biólogos de la Comunidad de Madrid. (2015). *Descripción de Indicadores: Temperatura*. Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura%20f26.pdf>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2023). *El agua y las Cuencas Hidrográficas*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Serie recursos naturales e infraestructura/CEPAL: Vol. 50*. Naciones Unidas, CEPAL.
- Faustino, J. y Jiménez, F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8431/Manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf?sequence=1

- Garrido Pule, J. A. (2010). *Implementación de turismo comunitario como alternativa de desarrollo socioeconómico en las comunidades San Jacinto de Chinambí – Chinambí y San Patricio, parroquia Jacinto Jijón y Caamaño del cantón Mira - provincia del Carchi*. Ibarra, Ecuador; IAEN. <https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/557>
- Ordenanza para la creación del área de conservación y uso sustentable provincial Microcuenca Río Chinambí 1 (2017). <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/Ordenanza%20creacion%20area%20de%20conservacion%20carchi.pdf>
- Guerro, N., Urdánigo, J. P., Díaz, M., Tayhing Cajas, C. C., Guerrero Chuez, R. V. y Yopez Rosado, Á. J. (2016). Soil use and its influence on the water quality of the El Sapanal micro watershed, Ecuador. *Cuban Journal of Biological Sciences*, 5(2). https://www.researchgate.net/profile/Juan-Urdanigo-2/publication/324314832_Soil_use_and_its_influence_on_the_water_quality_of_the_El_Sapanal_micro_watershed_Ecuador/links/5aca9c264585151e80a92101/Soil-use-and-its-influence-on-the-water-quality-of-the-El-Sapanal-micro-watershed-Ecuador.pdf
- Lavie, E., Morábito, J. A., Salatino, S. E., Bermejillo, A. y Filippini, M. F. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias*, 42(1), 169–184. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646012.pdf>
- Luciani Alegría, J. A. (2022). *Determinación de la relación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y macroinvertebrados acuáticos - Santa Carmen* [, Universidad Nacional Agraria de la Selva; PE]. repositorio.unas.edu.pe. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2201>
- Madroñero Palacios, S. M. y Jiménez Otárola, F. (2009). Manejo del recurso hídrico y estrategias de gestión integral en la microcuenca del río Mijitayo, Colombia: 2. Fuentes de contaminación y calidad del recurso hídrico. *Recursos Naturales y Ambiente*(56-57), 51–58. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6549>
- Melo Vargas, G. R. y Turriago Ríos, F. A. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; ecapma; Unad, Colombia]. repository.unad.edu.co. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1428>
- Mier Jiménez, J. P. y Taimal Chávez, J. M. (2022). *Evaluación de las zonas de recarga y descarga hídrica en la microcuenca del río Chinambí, provincia del Carchi* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador]. repositorio.utn.edu.ec. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12317>
- Mijangos Carro, M. A., Gonzalez Villela, R., Bravo Inclán, L. A., Alba Uriostegui, M. y M. Evans, B. (2015). *Estudio de fuentes de contaminación puntual y difusa en las subcuencas del lago de Tuxpan y río Tomatal, Iguala, Gro., México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://www3.uacj.mx/CGTI/CDTE/JPM/Documents/SELPER/assets/m010.pdf>

- Mintegui Aguirre, J. Á. y Robredo Sánchez, J. C. (1994). Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración higrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos. *Ingeniería Del Agua*, 1(2), 69–82. <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2637>
- Monserrate Remache, C. A. (2018). *Diagnóstico de la contaminación ambiental y su impacto en el turismo del cantón Ventanas de la provincia de los Ríos* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo]. dspace.utb.edu.ec. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4400>
- Moreau, S., Bertru, G. y Buson, C. (1998). Seasonal and spatial trends of nitrogen and phosphorus loads to the upper catchment of the river Vilaine (Brittany): Relationships with land use. *Hydrobiologia*, 373/374(0), 247–258. <https://doi.org/10.1023/A:1017031907740>
- Pauta, G., Velasco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, Ó. y Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76–88. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>
- Rodríguez Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*, 9(12), 125–134. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>
- Romero Borja, I., Luna Fontalvo, J. A. y Ponce Obregón, W. (2011). Calidad sanitaria de las fuentes hídricas de la cuenca baja del Río Manzanares, Santa Marta, Colombia. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 6(1), 51–62. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4866026>
- Starrett, G. (2010a). *Electrical Conductivity/Salinity Fact Sheet*. California Water Boards. The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf
- Starrett, G. (2010b). *Temperature*. California Water Boards. The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120en.pdf
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2009). *Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-095.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *What Causes Acid Rain?* Acid Rain. https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students/whatcauses.html
- Vilca Fuentes, L. W. (2011). *Caracterización de las principales fuentes hídricas y lineamientos de conservación en la cuenca baja del Río Mira, Provincia del Carchi* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra]. repositorio.utn.edu.ec. <http://repositorio.utn.edu.ec/jspui/handle/123456789/202>

Anexos**Anexo A***Cronograma utilizado para el desarrollo de la reunión de socialización*

Orden	Actividad	Duración
1	Bienvenida y presentación	10 minutos
2	Explicación de la investigación, objetivos e importancia	5 - 10 minutos
3	Explicación de los tipos de fuentes de contaminación	10 minutos
4	Socialización de los puntos preestablecidos	10 minutos
5	Mapeos participativos	30 - 45 minutos
6	Agradecimiento y despedida	5 minutos

Anexo B

Preguntas para reunión de socialización

¿El número de habitantes en la comunidad de Chinambí y San Jacinto se ha incrementado en los últimos años? ¿Existen casos de migración? Mencione experiencias relacionadas al desarrollo del sector.

¿En los últimos 5 años, se ha observado cambios en cuanto a la calidad del agua del Río Chinambí? ¿Por qué razón considera usted que se pueden dar estos cambios? Comparta su experiencia en relación con el cambio en la calidad de agua.

¿Cuáles consideran ustedes las principales actividades económicas de la zona? Y desde su punto de vista, ¿cuáles de ellas pueden ser consideradas como principales fuentes de contaminación para el Río Chinambí?

A través del mapa de la microcuenca, ¿podría usted establecer o marcar aquellos puntos que desde su punto de vista son puntos de contaminación para el Río Chinambí? ¿Qué actividad se realiza en el punto que usted ha marcado? Mencione experiencias personales que le han ayudado a identificar dicho punto.

¿Conoce usted acerca de algún plan de manejo sostenible de la microcuenca del Río Chinambí o acciones que tengan como objetivo la protección de esta? Mencione cuáles planes o acciones conoce.

¿Considera usted que las instituciones encargadas de la regulación y/o protección de los recursos hídricos realizan visitas constantes a la microcuenca y analizan la situación de esta? ¿Cuál es su opinión al respecto?

Desde su punto de vista, ¿Qué acciones se podrían implementar o desarrollar para un mejor manejo de la microcuenca y cuidado de esta?

Anexo E*Población de la microcuenca del Río Chinambí*

Sector / Comunidad	Número de Familias	Total Familias	Población	Total Población
San Jacinto	40		150	
Chinambí	39	101	152	389
San Patricio	22		87	

Anexo F

Equipo utilizado y finalidad de uso

Equipo	Finalidad de Uso
GPS MobileMapper 50 4G – Spectra	Georreferenciación de puntos
Medidor de conductividad portátil HACH® modelo sensION™5	Medición de temperatura
Potenciómetro HACH® modelo sensION™1	Medición de pH
Turbidímetro portátil HACH® modelo 2100Q	Medición de Turbidez
Medidor de conductividad portátil HACH® modelo sensION™5	Medición de Conductividad eléctrica