

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA EL
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RÍOS DE LA
MANCOMUNIDAD DEL CHOCO ANDINO**

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA EL
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PACHIJAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

TANIA JACQUELINE PULUPA GUALLICHICO

tania.pulupa@epn.edu.ec

DIRECTOR: SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO

santiago.guerra@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Tania Jacqueline Pulupa Guallichico declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

TANIA JACQUELINE PULUPA GUALLICHICO

tania.pulupa@epn.edu.ec

taniapulupa0@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Tania Jacqueline Pulupa Guallichico, bajo mi supervisión.

SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO

DIRECTOR

santiago.guerra@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

TANIA JACQUELINE PULUPA GUALLICHICO

DEDICATORIA

Dedicado con un amor infinito a mis padres, Jorge y Fanny, quienes han sido mis pilares fundamentales a lo largo de mi vida. Sin su apoyo y exigencia, nada de esto habría sido posible. Eterna gratitud por ser los mejores padres.

A Jeshi, Chio y Jovo, por alegrar mis días y nunca dejarme sola. Dúrenme toda la vida, por favor.

Con un cariño especial para mi amor eterno, quien enriqueció mi vida en tan poco tiempo; en la inmensidad del universo, amado Atuk, espero nuestro pronto reencuentro.

A mi esposo, Amaru, quien sostuvo mi mano cuando mi mundo se desmoronaba, brindándome la fortaleza necesaria para seguir adelante. Tengo la seguridad que nuestro wawa en el eterno cosmos se alegra por cada uno de nuestros pequeños pasos. Yo no pude escoger mejor esposo y Atuk no pudo tener mejor padre que usted. Te agradezco infinitamente por cada uno de los días compartidos, Te amo tres millones.

A Muyari, quien compartió noches en vela durante la realización de este proyecto. A su lado fueron menos dolorosas las despedidas.

A mi familia y amigos, quienes estuvieron presentes en los momentos difíciles, acompañando a mi corazón incompleto. Gracias a todos por su incondicional apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la vida y por permitirme alcanzar una de mis metas. Su constante guía y protección han sido fundamentales en este viaje.

Quiero dedicar un especial reconocimiento a mi tutor, Santiago, cuyo apoyo inquebrantable y motivación constante fueron vitales para mí durante todo el semestre. Su paciencia infinita y su dedicación a mi desarrollo académico han sido verdaderamente inspiradores.

No puedo pasar por alto el invaluable aporte del ingeniero Eduardo y la ingeniera Patricia. Su sabiduría, experiencia y orientación han dejado una marca indeleble en mi formación profesional. Estoy eternamente agradecido por las lecciones que me han brindado y por su generosidad al compartir su conocimiento conmigo.

A Roberto Mosquera, Néstor Paladines, y a la familia Chávez del recinto Pachijal, quiero expresar mi sincero agradecimiento por brindarnos un espacio dentro de la mancomunidad. Me siento verdaderamente bendecida y agradecido por haber compartido este camino con personas tan maravillosas.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi profunda gratitud a la Escuela Politécnica Nacional por abrirme sus puertas y por brindarme la oportunidad de superar cada obstáculo en mi camino hacia este logro. Su compromiso con la excelencia académica y su apoyo incondicional han sido fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

En resumen, agradezco de todo corazón a todas las personas y entidades que han contribuido de alguna manera a mi éxito. Este logro no hubiera sido posible sin su ayuda y apoyo constante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 El agua.....	2
1.4.2 Contaminación del agua.....	3
1.4.3 Actividades contaminantes.....	4
1.4.4 Calidad del agua.....	4
1.4.5 Análisis del agua.....	5
1.4.6 Monitoreo ambiental.....	5
1.4.7 Frecuencia de Monitoreo.....	6
1.4.8 Definición de muestreo.....	6
1.4.9 Recipientes para muestras.....	6
1.4.10 Recolección de muestras.....	7
1.4.11 Tipo de muestras.....	7
1.4.12 Métodos para la recolección de muestras.....	8
1.4.13 Plan de muestreo.....	8
1.4.14 Control y aseguramiento de calidad.....	9
1.4.15 Normativa vigente.....	9
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1 Materiales.....	11

2.2 Ubicación del proyecto.....	12
2.3 Recopilación de datos.....	13
2.4 Determinación de sitios de muestreo.....	13
2.5 Visitas técnicas.....	15
2.5.1 Punto 747 Inicio del río Pachijal	15
2.5.2 Punto 746 Cerca al inicio del Río	17
2.5.3 Punto 745 “Aldea Paraíso Dorado”	18
2.5.4 Punto 748- Puente Recinto Pachijal.....	20
2.5.5 Punto 749 Referencia al Recinto los Ruales.	22
2.5.6 Punto 750 Fin del Río	24
2.6 Encuestas.....	25
2.7 Mapa.....	27
3 RESULTADOS.....	28
3.1 Coordenadas.....	28
3.1.1 Análisis de los puntos de muestreo.....	30
3.2 Actividades contaminantes.....	30
3.3 Resultados de las encuestas realizadas en la Mancomunidad.....	32
3.4 Parámetros para el diseño del plan de muestreo.....	35
3.4.1 Análisis <i>in situ</i>	36
3.4.2 Análisis en laboratorio.....	37
3.5 Tipo de muestra a ser recolectada.....	39
3.6 Preservación de las muestras.....	39
3.7 Frecuencia de muestreo.....	40
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
4.1 Conclusiones.....	41
4.2 Recomendaciones	42
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
6 ANEXOS	47
6.1 anexo I. Turnitin.....	47
6.2 anexo II. Formato encuestas.....	49
6.3 anexo III Plan de muestreo	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Puntos tentativos de muestreo.....	15
Tabla 2: Puntos georreferenciados.....	29
Tabla 3: Punto 7 añadido.....	30
Tabla 4: Actividades contaminantes.....	32
Tabla 5: Parámetros <i>in situ</i>	36
Tabla 6: Parámetros en Laboratorio.....	37
Tabla 7: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática silvestre en aguas dulces y de estuarios.....	38
Tabla 8: Preservación parámetros.....	39
Tabla 9: Frecuencia establecida.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Río Pachijal Mapcarta.....	14
Figura 2. Ruta en Google Earth.....	15
Figura 3. Referencia para visualizar el ojo de agua del río Pachijal.....	16
Figura 4. Punto 747 GPS GARMIN.....	17
Figura 5. Inicio referencial del Río Pachijal.....	17
Figura 6. Punto 746 GPS GARMIN.....	18
Figura 7. Punto 745 Recinto Primero de Mayo.....	19
Figura 8. Punto para muestrear	20
Figura 9. Entrada al recinto Pachijal	21
Figura 10. Punto 748 GPS GARMIN	22
Figura 11. Punto por muestrear - Elaboración Propia	23
Figura 12. Punto 749 GPS GARMIN	23
Figura 13. Vista del rio desde el puente	24
Figura 14. Punto 750 GPS	25
Figura 15. Muestra de la encuesta en Google Forms	26
Figura 16. Socialización con la comunidad	26
Figura 17. Río Mashpi, Pachijal y Guayllabamba	28
Figura 18. Introducción del Mapa del Ecuador	28
Figura 19. Mapa actualizado con el punto nuevo	31
Figura 20. Pregunta 1 encuesta Pachijal	34
Figura 21. Pregunta 2 encuesta Pachijal.....	35
Figura 22. Pregunta 3 encuesta Pachijal	35

RESUMEN

El proyecto de titulación se enfocó en desarrollar un plan de muestreo para el monitoreo de la calidad del río Pachijal en la mancomunidad del Chocó Andino. Se buscó establecer un sistema de monitoreo comunitario para examinar las características del agua en diferentes secciones del cauce. El plan se fundamentó en un análisis detallado de los métodos de muestreo existentes, para identificar los parámetros clave han guiado las decisiones sobre el uso y la conservación del recurso hídrico, ayudando a preservar la biodiversidad y mejorar el bienestar de la comunidad local.

Durante la implementación del proyecto, se llevaron a cabo actividades planificadas y coordinadas, desde la recopilación de datos hasta el análisis detallado de la información obtenida. Se aplicaron estrategias específicas para garantizar el éxito del proyecto y se realizó un seguimiento continuo para evaluar el progreso y hacer ajustes según fuera necesario. Los aspectos relacionados con la composición química, física y biológica proporcionaron una visión detallada de la calidad del agua. Se desarrolló una estrategia logística meticulosa, considerando la topografía y las características de las muestras recolectadas. Se destacó la participación de la comunidad y la promoción de la conciencia ecológica como pilares fundamentales para la sostenibilidad del proyecto y la continuidad de las acciones en beneficio del río Pachijal y sus comunidades.

PALABRAS CLAVE: Calidad del agua, Pachijal, plan de Muestreo, Monitoreo, Mancomunidad del Chocó Andino.

ABSTRACT

The titling project focused on developing a sampling plan to monitor the quality of the Pachijal River in the Chocó Andino community. The aim was to establish a community monitoring system to examine the characteristics of the water in different sections of the channel. The plan was based on a detailed analysis of existing sampling methods, to identify the key parameters that have guided decisions about the use and conservation of water resources, helping to preserve biodiversity and improve the well-being of the local community.

During the implementation of the project, planned and coordinated activities were carried out, from data collection to detailed analysis of the information obtained. Specific strategies were implemented to ensure project success and ongoing monitoring was conducted to evaluate progress and make adjustments as necessary. Aspects related to chemical, physical and biological composition will provide a detailed view of water quality. A meticulous logistical strategy was developed, considering the topography and characteristics of the collected samples. Community participation and the promotion of ecological awareness were highlighted as fundamental pillars for the sustainability of the project and the continuity of actions for the benefit of the Pachijal River and its communities.

KEYWORDS: Water quality, Pachijal, Sampling plan, Monitoring, Chocó Andino Commonwealth.

DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Este trabajo se centró en la creación de un plan de muestreo meticuloso y adaptado para realizar un seguimiento exhaustivo del índice de contaminación en el río Pachijal, ubicado dentro de la mancomunidad del Chocó Andino. Este enfoque estratégico buscó establecer un método riguroso que facilitara la recopilación sistemática de muestras hídricas a lo largo del recorrido del torrente, con el propósito de evaluar y supervisar de manera continua la calidad de este recurso vital.

La estructuración detallada de este plan de muestreo se fundamentó en la definición de un marco metodológico sólido, abarcando desde la identificación de sitios estratégicos de muestreo hasta la selección de parámetros específicos para medir la calidad del agua. Se pretendió aplicar un enfoque multidisciplinario que incorporara aspectos físicos, químicos y biológicos en la recopilación de datos, permitiendo una evaluación holística y precisa de la salud del ecosistema acuático.

La implementación de este plan fue fundamental para recopilar datos pertinentes que abarcaban desde la temperatura y la turbidez hasta la fijación de nutrientes, metales pesados y la existencia de organismos que indicaban la calidad del agua. Esta recopilación exhaustiva de información contribuyó significativamente a comprender mejor la dinámica del agua en el río Pachijal y sus alrededores, proporcionando una base científica sólida para las estrategias de gestión y conservación.

Además, se establecieron protocolos claros y eficientes para la obtención, preservación y evaluación de muestras, asegurando la confiabilidad y exactitud de los resultados alcanzados. Se hizo hincapié en la capacitación del personal encargado del muestreo, así como en la participación de la comunidad local, promoviendo la conciencia ambiental y reforzando la colaboración de todas las partes interesadas.

En síntesis, este plan de muestreo no solo aspiraba a la recopilación de datos relevantes, sino también a generar un impacto positivo en el manejo sustentable del agua en el río Pachijal y, por extensión, en la mancomunidad del Chocó Andino. Su implementación efectiva proporcionó una base científica robusta y concreta para abordar los desafíos ambientales y promover prácticas de conservación a largo plazo.

1.1 Objetivo general

Estructurar un plan de muestreo para supervisar la condición del agua del río Pachijal localizado en la Mancomunidad del Chocó Andino.

1.2 Objetivos específicos

1. Señalar las amenazas a la calidad del agua del río Pachijal.
2. Seleccionar los criterios de muestreo más idóneos para el río Pachijal.
3. Definir el plan de muestreo para la vigilancia de la calidad de agua en el río Pachijal.

1.3 Alcance

El alcance de este proyecto es amplio y detallado, ya que implica una planificación minuciosa del plan de muestreo. Para ello, se establecerán objetivos específicos para el monitoreo, los cuales incluirán la definición de las características físicas, químicas y biológicas que serán evaluadas en el río Pachijal. Esta fase también contempla el diseño de una red de puntos de muestreo estratégicamente ubicados a lo largo del curso del río, tomando en cuenta las variaciones geográficas y las condiciones estacionales que puedan influir en la calidad del agua.

Es importante destacar que todo este proceso se realizará con la participación de los actores clave en la Mancomunidad. La colaboración y el compromiso de estas partes interesadas serán fundamentales para el éxito del proyecto y para asegurar que se tomen decisiones informadas y efectivas en relación con la gestión del recurso hídrico en la región.

1.4 Marco teórico

1.4.1 El agua

El "planeta azul", más conocido como planeta Tierra, resguarda aproximadamente 1,400 millones de km³ de agua, un líquido vital presente en todos los seres vivos. Es indispensable para sus actividades diarias; sin ella, la vida sería extremadamente complicada e incluso podrían enfrentar desafíos para la supervivencia. El agua se emplea en una amplia gama de áreas, desde los hogares hasta procesos productivos, actividades médicas, recreativas e incluso manifestaciones culturales. El agua constituye la mayor parte de la composición del cuerpo humano, representando aproximadamente dos tercios de su totalidad. La problemática principal en torno a este recurso es su disponibilidad, ya que solo alrededor del 2.5% es agua dulce, mientras que la parte restante consiste en agua

salada. Esta cifra disminuye aún más si se considera que gran parte del agua dulce está inaccesible, atrapada en aguas subterráneas, glaciares o casquetes polares, dejando apenas un 0.25% de agua dulce accesible. Además, muchas de las fuentes disponibles están altamente contaminadas o son objeto de una sobreexplotación preocupante. El agua, como recurso natural, es esencial para preservar el equilibrio en los ecosistemas, pero lamentablemente, la actividad humana está perturbando este ciclo vital (Foro de los recursos Hídricos, 2013).

1.4.2 Contaminación del agua

El serio inconveniente de la contaminación hídrica impacta a nivel global, afectando tanto a países industrializados como a aquellos que no lo son, y comprometiendo completamente todos los sectores del mundo. La creencia errónea de que el agua siempre estará disponible es un pensamiento falaz. La contaminación se define como la introducción de agentes que provocan alteraciones físicas, químicas o biológicas en la calidad de este recurso. Las repercusiones de esta problemática alcanzan a los ecosistemas y a la población humana. Además, el agua es esencial para actividades que impulsan la economía y el desarrollo. (Guadarrama, Kido, Roldan, & Salas, 2016).

La problemática del agua está intrínsecamente vinculada a múltiples factores que afectan su calidad, cantidad y disponibilidad. Estas alteraciones pueden manifestarse a través de cambios químicos, físicos y biológicos en el recurso hídrico, los cuales son resultado de la introducción de agentes contaminantes. La polución de las fuentes de agua se origina principalmente por las descargas de residuos industriales, agrícolas, urbanos y domésticos. Es posible identificar dos tipos principales de contaminación: la contaminación puntual, que proviene de fuentes específicas y localizadas, y la contaminación no puntual, que se dispersa en un área más extensa y es más difícil de atribuir a una fuente específica (Subsecretaría de agricultura, 2008):

- **Contaminación puntual:** Se caracteriza por ser fácilmente identificable en un punto específico. Ejemplos claros incluyen las descargas industriales, actividades extractivas o la descarga de aguas residuales.
- **Contaminación difusa:** Este tipo de contaminación proviene de descargas que no tienen un origen concentrado en un solo punto, lo que dificulta su identificación. Las principales actividades vinculadas con la contaminación difusa suelen estar relacionadas con la agricultura y las descargas domiciliarias.

1.4.3 Actividades contaminantes

- **Urbanas:** Esta forma de contaminación surge debido a la falta de conocimiento sobre cómo desechar y ubicar adecuadamente los residuos. En esta categoría se engloban también las aguas utilizadas para actividades domésticas como la limpieza, cocina y uso de sanitarios. Estas aguas suelen contener materia orgánica generada en el hogar a raíz de las actividades diarias, junto con elementos como detergentes, aceites y restos de plástico, entre otros. Esta contaminación ocurre cuando existen descargas en cuerpos de agua sin ser tratadas previamente. a través de averías en las redes de alcantarillado o mediante la implementación inapropiada de pozos sépticos (Blancas & Hervas, 2001).
- **Agrícola:** Esta forma de contaminación se origina principalmente por el uso excesivo de fertilizantes y biocidas. Estos agentes contaminantes contienen cantidades elevadas de compuestos fosforados y nitrogenados, y, a través de las precipitaciones, alcanzan diversas fuentes de agua, contribuyendo al aumento de la eutrofización (Blancas & Hervas, 2001).
- **Ganadera:** Esta forma de contaminación se caracteriza principalmente por la presencia de desechos orgánicos generados en la actividad ganadera, tales como estiércol y purines, junto con cierta cantidad de plaguicidas. Durante las operaciones de limpieza, estos residuos son transportados, generando contaminación en el suelo y alcanzando a afectar los acuíferos cercanos (Blancas & Hervas, 2001).
- **Industriales:** El manejo de los restos generados por estas acciones presenta un nivel de dificultad elevado. La actividad industrial es, probablemente, la mayor generadora de contaminación. El agua desempeña una función crucial en este sector por su utilidad en el transporte, la limpieza, la generación de energía y, sobre todo, como materia prima (Blancas & Hervas, 2001).

1.4.4 Calidad del agua

La noción de calidad del agua se aborda desde una perspectiva ambiental, englobando diversas condiciones que deben ser satisfechas para asegurar un ambiente acuático

óptimo. Esta conceptualización se amplía mediante un minucioso y exhaustivo examen que abarca una amplia gama de aspectos y características. En otras palabras, la calidad del agua se evalúa considerando tanto su idoneidad para el mantenimiento de ecosistemas saludables como su composición específica en términos de aspectos físicos, químicos y biológicos (Cilio, González, Hernandez, & Lucero, 2020).

Según (Lozano, 2013) este concepto hace referencia a las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales que se encuentran en el líquido y que determinan su idoneidad para una variedad de propósitos. Estos incluyen su uso personal y doméstico, la protección de los animales y la vegetación que habita en los cuerpos de agua, aplicaciones agrícolas, ganaderas, recreativas, industriales, estéticas, así como su relevancia en la pesca, la maricultura, la acuicultura y en actividades de navegación y transporte acuático.

1.4.5 Análisis del agua

La evaluación del líquido vital es una forma clara y sucinta de establecer la factibilidad de consumirla. Estos análisis se realizan en campo o, a su vez, en laboratorio. Los datos obtenidos ayudan a examinar la condición del cuerpo hídrico que esta a disposición. Con el fin de analizar, se deben tener en cuenta dos puntos importantes: el origen y el destino del afluente (Eurofins Environment, 2023).

Estos análisis hídricos no solo aseguran el funcionamiento óptimo de los suministros de agua, sino que también son vitales para la identificación temprana de potenciales agentes contaminantes y la implementación de medidas correctivas. En este contexto, el factor económico no solo influye en la ejecución de los análisis, sino también en la viabilidad de implementar medidas para mantener la calidad del agua (Bain, y otros, 2012).

1.4.6 Monitoreo ambiental

Se define como el conjunto de varias técnicas con la finalidad de diagnosticar el material ambiental de estudio. Este conjunto de técnicas se emplea para analizar, comprender y evaluar de manera detallada y sistemática el objeto de estudio (Ronco, Díaz, & Pica, 2004).

El monitoreo ambiental sirve para comprobar la eficacia y la ejecución de las iniciativas planteadas en la evaluación ecológica (Hernández, López, & Moya, 2019).

El monitoreo ambiental, también conocido como *monitoring*, es una herramienta que simplifica la evaluación de los recursos naturales. Esta metodología implica la medición de diversas variables, incluyendo aspectos químicos, físicos y biológicos, a lo largo de un

período específico, con el objetivo de recopilar datos sobre las modificaciones en el área de estudio (Márquez, 2020).

1.4.7 Frecuencia de Monitoreo

La determinación de la frecuencia de monitoreo se basará en las preferencias y necesidades específicas de los clientes, las cuales se ajustarán según la naturaleza y el alcance de su actividad o el servicio que estén utilizando. Por ejemplo, aquellos clientes involucrados en actividades altamente dinámicas o sensibles a cambios rápidos pueden requerir un monitoreo más frecuente para garantizar la eficacia continua de los servicios prestados o para mantener la calidad de los productos ofrecidos. Por otro lado, aquellos clientes cuyas operaciones sean más estables o menos susceptibles a variaciones podrían optar por un monitoreo menos frecuente. Es fundamental adaptar la frecuencia de monitoreo de manera flexible y receptiva a las demandas específicas de cada cliente, con el objetivo de brindar un servicio que satisfaga plenamente sus necesidades y expectativas (Barreto, 2010).

1.4.8 Definición de muestreo

La interpretación de este término implica extraer una porción específica de la masa hídrica con la finalidad de realizar análisis detallados que desvelen sus diversas características. Estas particularidades son esenciales para comprender a fondo el proceso de laboratorio destinado a su estudio. La recolección de estas muestras se realiza con la finalidad de establecer un procedimiento claro y preciso para la toma de muestras, teniendo en cuenta los distintos parámetros que abarcan desde aspectos fisicoquímicos hasta biológicos y radioactivos. Este proceso de recolección y análisis se vuelve fundamental para evaluar y entender la calidad y el estado del agua en consideración, proporcionando así detalles esenciales con el propósito de concluir e implementar medidas adecuadas de gestión ambiental. (Ramirez, 2007)

1.4.9 Recipientes para muestras

El tipo de recipiente a emplear se determina según los análisis programados, considerando la cantidad de muestra necesaria y si se requiere espacio adicional para mezclar o añadir reactivos. En el caso del transporte de muestras, se aconseja dejar un 1% del volumen del recipiente para compensar las fluctuaciones de temperatura. Para análisis fisicoquímicos, se aconseja utilizar envases nuevos de plástico o vidrio con un buen sellado. Si se opta por reutilizar un recipiente, se deben descartar aquellos que hayan contenido sustancias contaminantes. Solo serían aptos para reutilización los envases completamente limpios, como los de agua mineral o gaseosas sin residuos, especialmente los de bebidas a base

de cola debido al ácido fosfórico. Es esencial asegurar la limpieza del recipiente sin utilizar detergentes, hipoclorito de sodio u otros productos químicos. El enjuague debe realizarse al menos tres veces con el agua de la muestra antes de tomarla, independientemente de si el recipiente es nuevo o reutilizado (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011).

1.4.10 Recolección de muestras

La recopilación de ejemplares busca obtener una porción del área de estudio que sea fácil de transportar y manejar en el laboratorio. Estas muestras deben seguir un protocolo que garantice su validez en el estudio. La muestra extraída debe cumplir con parámetros específicos, como ser homogénea, representar adecuadamente el área a muestrear y no ser modificada en ningún punto del trayecto a su destino (Jimenez, 2016). Guzmán destaca la importancia crucial de realizar la recolección de ejemplares y su respectivo estudio para obtener la eficiencia total de una instalación destinada al tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, señala que la toma de muestras presenta diversas dificultades que podrían resultar en errores significativos durante el análisis. Para evitar tales errores, es esencial contar con un conocimiento exhaustivo en el proceso de muestreo correspondiente. (Reutelshöfer & Guzmán, 2015)

1.4.11 Tipo de muestras

- **Muestras simples o de sondeo:** En situaciones donde la composición del cuerpo de agua permanece constante, ya sea en términos espaciales o temporales, se considera adecuado utilizar una única muestra de sondeo para el estudio. Sin embargo, si el recurso hídrico experimenta variaciones a lo largo del tiempo, se realiza la toma de muestras en el mismo lugar en varias ocasiones. En cambio, si las variaciones son espaciales, se requiere un muestreo en lugares más específicos. (Ramirez, 2007)
- **Muestras compuestas:** Este tipo de muestras se obtienen en un lugar específico, realizando la toma de muestras en diferentes momentos. Estas muestras son apropiadas cuando se busca determinar concentraciones promedio. Su ventaja radica en la eficiencia laboral y el ahorro de costos, ya que se evita realizar múltiples tomas que luego se consolidarán en resultados promedio o totales. Sin embargo, no son la elección recomendada para analizar características detalladas, ya que durante el proceso de conservación y transporte podrían experimentar alteraciones en sus componentes (Ramirez, 2007).

- **Muestras integradas:** derivadas de la unión estratégica de varias muestras individuales recolectadas en diferentes puntos dentro de un intervalo temporal específico, representan una aproximación efectiva para el estudio de cuerpos de agua caracterizados por variaciones notables en sus dimensiones, tales como anchura y profundidad (Ramirez, 2007).

1.4.12 Métodos para la recolección de muestras

Para comenzar el esquema de muestreo, es esencial examinar y establecer el protocolo para la obtención de muestras. En esta decisión, deben considerarse diversos factores que inciden en los costos, el mantenimiento y el personal, entre otros aspectos relevantes. Existen distintos métodos para la toma de muestras (Nava & Vargas, 2011):

-**Muestreo manual:** La aplicación del muestreo manual, especialmente eficaz cuando se dispone de un acceso directo a la fuente, no solo proporciona la posibilidad de obtener muestras representativas, sino que también permite una observación minuciosa de las complejidades y particularidades del cuerpo de agua. No obstante, es importante destacar que la validez de esta técnica está especialmente orientada hacia la supervisión y el manejo de la calidad de la muestra.

- **Muestreo automático:** La aplicación del muestreo automático se convierte en esencial en entornos donde la toma manual de muestras se ve dificultada debido a la ausencia de acceso directo a la fuente. A pesar de proporcionar datos de mayor precisión, los retos se presentan en la necesidad de una calibración, mantenimiento y montaje más elaborados. Además, el aumento en el costo asociado proviene de la instalación de herramientas y equipos esenciales para el funcionamiento eficiente de este tipo de muestreo automatizado, destacando así la complejidad y las consideraciones económicas en su implementación.

- **Muestreo mixto:** En esencia, se trata de la combinación de las dos técnicas de muestreo previamente mencionadas, formando un sistema integrado. La principal ventaja reside en la posibilidad de verificar manualmente los resultados obtenidos de manera automática.

1.4.13 Plan de muestreo

Un plan de muestreo constituye un recurso esencial para aquellos involucrados en futuras investigaciones, ya que ofrece una estructura sólida y detallada que guía el proceso de recolección de datos. Al proporcionar una hoja de ruta clara y precisa, facilita la

organización y la ejecución eficiente de cada etapa del estudio. Mediante la definición de criterios específicos para la selección de muestras y la meticulosa elaboración de los procedimientos, se establece un marco riguroso que ayuda a minimizar los posibles errores inherentes al proceso de muestreo. Esto conlleva a una reducción significativa de la variabilidad no deseada, lo que a su vez aumenta la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos. En última instancia, un plan de muestreo bien diseñado garantiza que los datos recopilados sean representativos y precisos, lo que facilita la formulación de conclusiones sólidas y la toma de decisiones (Coronado, 2015).

1.4.14 Control y aseguramiento de calidad

Representan componentes fundamentales en cualquier sistema de monitoreo. Este conjunto de actividades, que incluye la capacitación del personal, ajustes de los equipos y el registro de datos, tiene como objetivo asegurar que las mediciones se realicen conforme a normativas de calidad establecidas y con un grado de certeza específico. Además, puede concebirse como una secuencia de medidas dirigidas a conseguir información precisa y fiable. Las responsabilidades del control de calidad tienen un impacto directo en las labores de medición en campo, la calibración de instrumentos, el registro de información y la capacitación del personal. Para garantizar el éxito del monitoreo, es imperativo llevar a cabo adecuadamente cada aspecto del aseguramiento y control de calidad. Esto implica verificar que los recipientes de muestreo cumplan con los estándares técnicos requeridos, enviar toda la documentación pertinente para mantener la coherencia en los datos recolectados en campo y proporcionar una formación adecuada al personal en las metodologías y el uso de equipos de monitoreo específicos, tales como el multiparamétrico, el turbidímetro, el correntómetro, entre otros (Barreto, 2010).

1.4.15 Normativa vigente

A continuación, se enumerarán las normativas empleadas, las cuales constituyen el fundamento para la realización de este proyecto de titulación.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013

Esta reglamentación proporciona orientación sobre los aspectos generales relativos al traslado y preservación de muestras de agua de cualquier tipo. Además, abarca muestras (NTE INEN 2169, 2013).

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013

Esta reglamentación proporciona una orientación precisa sobre las técnicas de muestreo, cuyos datos adquiridos resultan esenciales para llevar a cabo una evaluación de las características del cuerpo hídrico en entornos naturales, contaminados y residuales (NTE INEN 2176, 2013).

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226:2013

Esta reglamentación aborda las metodologías de muestreo, así como el control y preservación adecuados de las muestras. (NTE INEN 2226, 2013)

2 METODOLOGÍA

En esta sección se explican detalladamente los procedimientos utilizados en el proyecto "Desarrollo de un plan de muestreo para el monitoreo de calidad del agua en el río Pachijal de la Mancomunidad del Chocó Andino". Este proceso involucró visitas técnicas y la revisión exhaustiva de normativas vigentes, con el propósito de lograr los objetivos establecidos.

El enfoque empleado para llevar a cabo el proyecto "Desarrollo de un plan de muestreo para el monitoreo de calidad del agua en el río Pachijal de la mancomunidad del Chocó Andino" fue La metodología cuantitativa que enmarcó en la necesidad crucial de entender y abordar la calidad del agua, revela la intención del proyecto de ir más allá de la recopilación de datos numéricos y sumergirse en la comprensión profunda de las complejas interacciones humanas y ambientales en torno al río Pachijal.

La metodología cualitativa se despliega a través de técnicas específicas, como entrevistas y grupos focales. Estas herramientas permiten explorar las narrativas locales, comprender las preocupaciones ambientales desde la perspectiva de quienes viven cerca del río y capturar la complejidad inherente a la relación entre la comunidad y su recurso hídrico.

La observación participante, como parte de esta metodología, se convierte en una herramienta valiosa para sumergirse directamente en el entorno del río Pachijal, experimentando las dinámicas locales y obteniendo información de primera mano sobre cómo la comunidad interactúa con su entorno acuático.

2.1 Materiales

Durante la ejecución de este proyecto, se utilizaron una variedad de recursos, herramientas y equipos fundamentales para recopilar información de manera precisa y detallada. Entre estos elementos destacados se encuentra el sistema de posicionamiento global (GPS) de la reconocida marca Garmin, el cual ofreció una navegación precisa para identificar con exactitud los puntos de interés en el terreno. También se empleó una cámara fotográfica para capturar imágenes visuales que respaldaran la documentación del área de estudio, facilitando la representación visual de los lugares muestreados y complementando los datos recopilados. Para registrar observaciones y detalles relevantes durante las actividades de campo, se utilizó un bloc de notas. Este recurso fue fundamental en el proceso de documentación, asegurando la correcta consignación de información crucial que contribuyó al análisis y desarrollo del proyecto. Además de los recursos mencionados, se recurrió a diversas aplicaciones tecnológicas que desempeñaron un papel crucial en el avance del proyecto. Entre ellas, destacan

herramientas como CivilCAD 3D®, Map Carta®, Google Earth® y Google Maps®, cada una con sus funciones específicas y complementarias.

CivilCAD 3D®, por ejemplo, permitió realizar diseños y modelados tridimensionales del terreno, facilitando la visualización detallada de la topografía y proporcionando información valiosa para la planificación de rutas y ubicación de puntos de muestreo. Por otro lado, Map Carta brindó acceso a mapas detallados y actualizados, enriqueciendo el análisis geoespacial del área de estudio y proporcionando datos precisos para la identificación de características relevantes.

Google Earth® y Google Maps®, por su parte, fueron herramientas indispensables para la visualización de imágenes satelitales y la navegación en tiempo real. Estas aplicaciones ofrecieron una perspectiva global y detallada del entorno del río Pachijal, permitiendo identificar puntos de interés, rutas de acceso y posibles obstáculos que pudieran influir en el proyecto.

La combinación de estos recursos, desde la tecnología de navegación hasta la documentación visual y escrita, no solo garantizó la precisión en la recolección de datos, sino que también enriqueció la comprensión del área de estudio, proporcionando una base sólida para el logro del proyecto en su totalidad.

2.2 Ubicación del proyecto

La impresionante maravilla natural del Chocó Andino se extiende por un total de 286 hectáreas, formando un escenario de gran biodiversidad y majestuosidad. El campo de estudio se sumerge en varias parroquias de la mancomunidad, entre las que se incluyen Pacto, Gualea y Nanegalito. La Reserva Pachijal destaca como un área hídrica protegida, resguardada contra la contaminación, y se erige como un tesoro por la importancia de su recurso hídrico.

Estas regiones no solo son hogar de una rica diversidad de fauna y flora, sino que también albergan especies únicas que contribuyen al equilibrio ecológico de la zona. El río Pachijal, serpenteando a lo largo de este paisaje cautivador, fluye a través de siete comunidades: San Sebastián, Miraflores, Pachijal, San José, El Triunfo, San Francisco de Pachijal y Las Tolas. Cada una de estas comunidades aporta su propio carácter y vitalidad a la riqueza cultural y ambiental de la región, creando un mosaico de experiencias y tradiciones

entrelazadas con la belleza natural que las rodea. Este conjunto de parajes no solo sirve como ámbito de investigación, sino que también representa un testimonio vivo de la importancia de conservar y proteger entornos tan valiosos (Ministerio de Turismo De Ecuador, sf).

2.3 Recopilación de datos

Para realizar el análisis preliminar en el terreno, se llevó a cabo una extensa búsqueda de información. Se utilizaron diversas fuentes en línea, como bases de datos especializadas, informes ambientales y documentos geográficos, con el propósito de obtener datos que sirvieran como puntos de referencia en la geolocalización del río durante la primera visita técnica. Esta fase inicial no solo se limitó a datos geospaciales; también involucró una investigación detallada sobre la diversidad de plantas y animales en el área de investigación.

La información recopilada sobre la biodiversidad del entorno proporcionó una comprensión más completa del ecosistema fluvial del río Pachijal. Se recabaron datos sobre especies de plantas y animales presentes, hábitats específicos y posibles interacciones ecológicas. Esta información detallada resultó fundamental para la identificación de lugares estratégicos en la zona donde se llevarían a cabo las actividades de muestreo. Durante la ejecución del proceso de geolocalización, se implementaron herramientas tecnológicas de vanguardia como la plataforma Map Carta, Google Earth y Google Maps.

La conjunción de información geoespacial precisa y un conocimiento minucioso de la biodiversidad en la región no solo sirvió como base esencial para el diseño del plan de muestreo, sino que también facilitó la identificación y selección de puntos estratégicos fundamentales. Este enfoque integrado permitió una planificación detallada, asegurando que el muestreo se llevara a cabo de manera efectiva en áreas críticas que beneficien la identificación de polución en el río Pachijal.

2.4 Determinación de los sitios de muestreo

La determinación de los sitios de recolección de muestras abarca todo trayecto del Pachijal, partiendo desde su nacimiento y finalizando en su desembocadura, abarcando así todas las posibles fuentes y trayectorias de contaminación. La elección del área de estudio se fundamentó en las actividades contaminantes preeminentes, respaldada por la exhaustiva recopilación de datos previamente mencionada. La presencia de chancheras se destaca

como un componente crítico en el enfoque de contaminación, y se suma a factores vinculados a la ganadería, piscicultura, minería y actividades urbanas.

En la figura 1 se observa que la plataforma Map Carta no solo permitió mapear el río Pachijal de principio a fin, sino que también facilitó la visualización detallada de la topografía circundante.



Figura 1. Río Pachijal Mapcarta -Elaboración propia

Asimismo, Google Earth® desempeñó un papel crucial al proporcionar una interfaz intuitiva para trazar la ruta necesaria y establecer los puntos específicos de muestreo especificados a continuación.

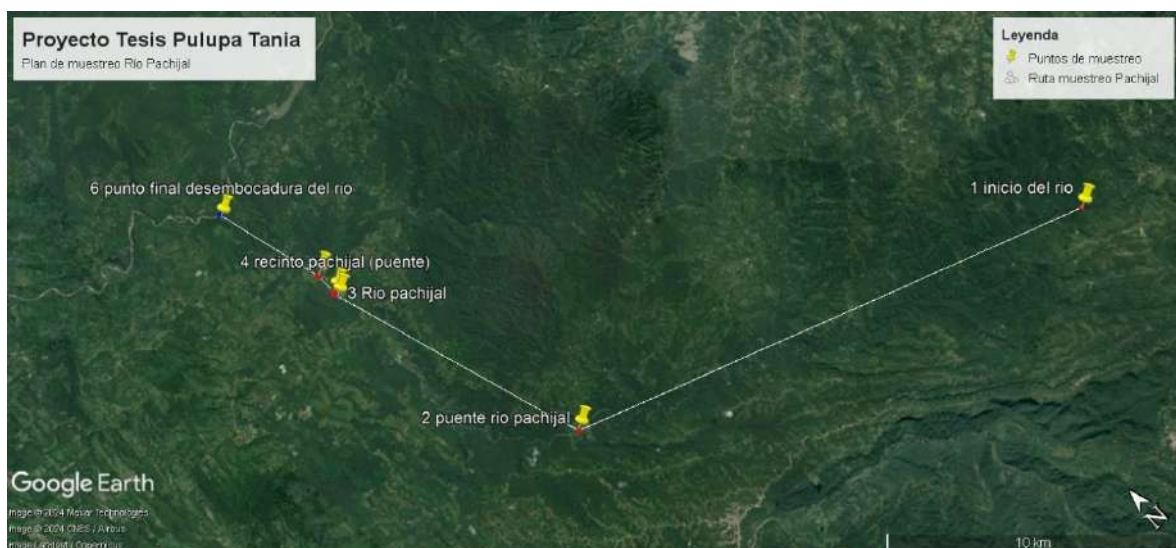


Figura 2. Ruta en Google Earth – Elaboración propia

Finalmente, los puntos tentativos a geolocalizar fueron los siguientes:

Tabla 1. puntos tentativos de muestreo

Río	nombre ubicación tentativa	coordenadas UTM WGS84	Altitud (msnm)
Pachijal	inicio del río	17 N 750266, 2327	1543
Pachijal	Puente río Pachijal	17 N 732481, 8498	673
Pachijal	Río Pachijal	17 N 729497,17612	782
Pachijal	Recinto Pachijal (Puente)	17N 729543,17821	507
Pachijal	Recinto los Ruales	17N 729530, 18612	811
Pachijal	Desembocadura	17N 72839, 22420	498

2.5 Visitas técnicas

Durante el desarrollo de las visitas al sitio de estudio, se implementó una meticulosa geolocalización mediante el sistema de posicionamiento global (GPS), considerando de manera minuciosa el sistema de vías y las diversas actividades contaminantes presentes en la zona. Esta estrategia permitió una cobertura precisa de la totalidad del área de estudio y la identificación de áreas específicas para llevar a cabo el muestreo de manera efectiva. La integración de esta información detallada no solo proporcionó una visión clara de los puntos críticos, sino que también facilitó la planificación estratégica para enfrentar los retos vinculados al proyecto.

Es importante destacar que los datos preliminares recabados mediante distintas aplicaciones, como Google Maps®, Google Earth® y Map Carta®, fueron esenciales como puntos de referencia. En ese momento, la falta de conocimiento previo sobre la accesibilidad al río y la existencia de posibles accesos directos representaban un desafío. A pesar de esto, Google Maps® desempeñó un papel crucial al proporcionar orientación para llegar a los lugares establecidos y buscar accesos prácticos que facilitaran la ejecución del plan de muestreo de manera efectiva.

2.5.1 Punto 747 Inicio del río Pachijal

El inicio del río cobra importancia al entablar conversaciones con los habitantes locales, quienes detallan que el punto de origen se encuentra a unos 20 kilómetros en medio del bosque. La dificultad para acceder al inicio del cauce es evidente; no obstante, el Refugio Paz de las Aves emerge como la alternativa más cercana al punto de crecimiento del río.

Este lugar se encuentra entre las parroquias de Mindo y Nanegalito, vía a Calacalí. Es factible utilizar un vehículo hasta el estacionamiento y, posteriormente, caminar alrededor de 30 minutos hasta llegar al río. A pesar de que el sendero de acceso al cauce puede volverse resbaladizo durante la temporada de lluvias, cuenta con gradas que facilitan el acceso. La familia Paz acompañó durante el recorrido, proporcionando explicaciones sobre un punto específico del trayecto desde el cual se puede vislumbrar la referencia del nacimiento del río Pachijal.



Figura 3. Referencia para visualizar el ojo de agua del río Pachijal – Elaboración Propia

Durante el camino al río, se pudo observar variedad de insectos y, al mismo tiempo, se podía escuchar el sonido de varias aves. Al llegar al río, se observaron varias entradas que dirigían a diferentes cascadas. El río, a simple vista, se veía cristalino y calmado.



Figura 4. Punto 747 GPS GARMIN- Elaboración Propia

En las conversaciones con la familia La Paz, propietaria del Refugio Paz de las Aves, se destacó que en la zona no se llevan a cabo actividades contaminantes significativas, ya que están comprometidos con la preservación al tratarse de un refugio. Las ocupaciones económicas principales en la región se enfocan en el turismo, la ganadería y la agricultura.



Figura 5. Inicio referencial del Río Pachijal - Elaboración Propia

2.5.2 Punto 746 Cerca al inicio del Río



Figura 6. Punto 746 GPS GARMIN - Elaboración Propia

La selección de este lugar específico para el muestreo se basó en una conversación previa con un residente del recinto Pachijal. Durante este intercambio, el habitante compartió información esencial sobre la situación problemática asociada con este sitio en particular. Describió detalladamente que, en este punto específico, las chancheras en funcionamiento descargan directamente en el río Pachijal. Este relato alertó sobre la existencia de actividades contaminantes que pudieran ejercer un efecto considerable en la pureza del agua y en el entorno fluvial.

La elección de este lugar como punto de referencia es estratégica, ya que tiene como objetivo, no solo identificar la contaminación en sus primeras etapas, sino también sensibilizar acerca de las posibles consecuencias a lo largo de todo el curso del río. Este lugar es crucial debido a la necesidad de abordar las fuentes de contaminación desde su origen, lo que permitiría implementar medidas preventivas y correctivas de manera efectiva. Este enfoque proactivo busca no solo comprender la situación actual, sino también prevenir la propagación de problemas ambientales en la zona, destacando la relevancia de la implicación de la comunidad y la sensibilización ambiental en la administración sustentable de los recursos acuíferos.

2.5.3 Punto 745 “Aldea Paraíso Dorado”

Este punto está situado en la Parroquia de Mindo, en el recinto Primero de Mayo, donde se encuentra el atractivo turístico "Aldea Paraíso Dorado", propiedad de la familia Chávez. Este centro turístico engloba numerosas cascadas y arroyos que alimentan al río Pachijal.

Guiados por el señor Alirio Chávez, propietario del centro turístico, se tuvo la oportunidad de visitar una de estas cascadas. Para llegar a la Cascada El Trueno, se realizó un recorrido en carro de 15 minutos y luego un trayecto a pie durante otros 15 minutos. Alirio Chávez informó que esta zona recibe a muchos turistas, biólogos y entusiastas de la flora y fauna, ya que aquí se pueden avistar diversas especies como la rana de cristal, pantera negra, puma y pava silvestre, entre otras. Al llegar a la Cascada El Trueno, no se observaron indicios de contaminación, y debido al caudal considerable, no es seguro bañarse en ella.



Figura 7. Punto 745 Recinto Primero de Mayo - Elaboración Propia

Luego de aproximadamente 20 minutos en carro, se llegó al río Pachijal, donde el acceso es sencillo y no hay dificultades para la toma de muestras. Alirio Chávez mencionó que las actividades principales en la zona son ganaderas, pero están optando por impulsar el turismo. No se permite la entrada de personas con intenciones de realizar actividades contaminantes. En el río Pachijal, fue posible observar diversos peces, el guía señaló que la pesca está permitida solo de manera tradicional con anzuelo.



Figura 8. Punto para muestrear- Elaboración Propia

2.5.4 Punto 748- Puente Recinto Pachijal

El punto ubicado en el recinto Pachijal ocupa una posición geográfica estratégica, situándose en el kilómetro 104 de la vía a Calacalí, justo entre Pedro Vicente Maldonado y San Miguel de los Bancos. Tal ubicación es un punto clave en la región, ya que cerca del río se encuentran varias casas, escuelas e incluso centros de salud.

El camino que lleva al río revela un terreno accidentado, con una superficie rocosa propensa a resbalones. Durante la exploración, se observó una presencia considerable de maleza, y las rocas mostraban signos evidentes de humedad, indicando un flujo de agua pronunciado en el río. Este entorno sugiere una dinámica activa y una conexión intrínseca con la geografía circundante.



Figura 9. Entrada al recinto Pachijal - Elaboración Propia

A simple vista, el río se despliega majestuosamente en términos de tamaño, resaltando su relevancia en la región. La impresionante presencia del río en este punto específico subraya su papel crucial en el ecosistema local y su importancia como recurso natural. Este aspecto visual proporciona un contexto importante para la comprensión de la ecología del área y subraya la importancia de adoptar un enfoque meticuloso en la administración de sus fuentes de agua. La majestuosidad del río, junto con las características del terreno, contribuye a la singularidad y la significancia del lugar elegido para el muestreo.



Figura 10. Punto 748 GPS GARMIN - Elaboración Propia

2.5.5 Punto 749 Referencia al Recinto los Ruales.

La elección de este punto de muestreo en la vía Pachijal se fundamenta en los datos suministrados por los habitantes de la zona, quienes señalan que anualmente se lleva a cabo la extracción de materiales en el río en esta ubicación específica. Los habitantes aseguran que dicha actividad minera se realiza de manera responsable, con el objetivo de implementar proyectos beneficiosos para la comunidad de Pachijal. Según la percepción de los residentes, este proceso de extracción fluvial se lleva a cabo aproximadamente durante cinco días al año, marcando un evento significativo en la dinámica local.

En el lugar, destaca la presencia de un letrero que indica claramente: "Mina Río Pachijal de libre aprovechamiento", sugiriendo un enfoque de explotación controlada y sostenible de los recursos del río en beneficio de la comunidad. El hecho de que se promueva el "libre aprovechamiento" puede indicar un compromiso con prácticas mineras que buscan minimizar el impacto ambiental y social.



Figura 11. Punto por muestrear en la Mina Río Pachijal - Elaboración Propia

El acceso al punto de muestreo es sumamente conveniente, ya que se encuentra a solo tres minutos de la carretera principal, sin complicaciones notables. El terreno se caracteriza por su planicie, lo que facilita la movilidad, y la vegetación, aunque presente, no obstaculiza significativamente el camino. Además, se observa una pendiente que desciende directamente hacia el río, proporcionando un acceso directo y sin dificultades.



Figura 12. Punto 749 GPS GARMIN – Elaboración Propia

Al observar de manera minuciosa el río, es evidente que presenta una morfología rocosa; no obstante, esta particularidad no supone ninguna dificultad para realizar la recolección de muestras. A pesar de su aspecto rocoso, la facilidad para realizar la recolección de muestras sugiere que la topografía del lecho del río no impide la ejecución de este procedimiento.

2.5.6 Punto 750 Fin del Río

La relevancia de este lugar se centra en su posición geográfica y en la necesidad imperante de realizar un monitoreo ambiental meticuloso. Este punto geográfico se encuentra en la vía Pachijal, aproximadamente a una hora y media de distancia desde el punto 749 del proyecto. La travesía para llegar a este sitio implica sortear una serie de desafíos, ya que el acceso vehicular se ve complicado debido a la humedad constante de la vía y a la exuberante vegetación que la rodea. Después de recorrer una extensa distancia, se alcanza un puente en un estado notablemente deteriorado.



Figura 13. Vista del río desde el puente- Elaboración Propia

Al explorar el área, se evidencia fácilmente que el río exhibe una amplitud considerable. No obstante, a pesar de las aparentes dificultades del entorno, con el equipo y las herramientas adecuadas, la toma de muestras puede realizarse de manera eficiente. Este proceso se convierte en una necesidad imperativa para obtener datos representativos y valiosos, incluso en condiciones desafiantes.



Figura 14. Punto 750 GPS Río Guayllabamba (GARMIN) – Elaboración Propia

2.6 Encuestas

La aplicación de la encuesta a través de la plataforma Google Forms constituyó una estrategia integral para recopilar información de una variedad de partes interesadas clave en el proyecto. Estas partes interesadas abarcaron desde los habitantes locales, quienes aportan una perspectiva comunitaria valiosa, hasta las autoridades responsables, los propietarios de industrias involucradas y los investigadores con conocimientos especializados. La segmentación de la encuesta en actores locales, productivos y académicos permitió adaptar las preguntas a las particularidades y conocimientos específicos de cada grupo, posibilitando así una exploración más completa y detallada del tema en cuestión.

Las encuestas desempeñaron un papel crítico en la recopilación de datos significativos que contribuyeron directamente a la formulación de conclusiones fundamentadas y a la generación de recomendaciones sustanciales para el desarrollo del proyecto de tesis. La diversidad de perspectivas recopiladas a través de este enfoque multifactorial enriqueció el análisis y proporcionó una visión más completa de los desafíos y oportunidades asociados con el tema de investigación.



Figura 15. Muestra de la encuesta en Google Forms – Elaboración Propia

Es importante destacar que, como parte integral del proceso de recopilación de datos, se llevaron a cabo dos de estas encuestas durante la visita técnica a las localidades cercanas al río Pachijal. Este enfoque práctico permitió no solo obtener información relevante, sino también establecer un vínculo directo con los residentes locales, lo que añadió un valor significativo a la comprensión del contexto y la problemática abordada en el proyecto de tesis.



Figura 16. Socialización con la comunidad – Elaboración Propia

La elaboración de la encuesta fue un proceso minucioso que resultó en un cuestionario completo que abarcó diversas áreas de interés. Consta de 23 secciones cuidadosamente diseñadas, cada una adaptada con el fin de atender los requisitos y particularidades de los diversos participantes dentro de la mancomunidad. Estas secciones fueron elaboradas de manera estratégica para garantizar que se recopilara información relevante y detallada que permitiera obtener una comprensión integral de la situación y las opiniones de cada grupo dentro de la comunidad.

2.7 Mapa

La elaboración de este detallado mapa, basado en los datos obtenidos durante la visita técnica mediante el GPS, representa un hito crucial para mejorar la precisión de cada punto identificado, lo que resulta esencial para garantizar una ubicación geográfica precisa de cada área de interés. Este proceso meticuloso se llevó a cabo utilizando la aplicación Civil 3D 2022, reconocida por su capacidad para el diseño asistido por computadora, lo que permitió integrar de manera precisa todos los elementos necesarios en el mapa.

Para enriquecer aún más la representación cartográfica, se aprovecharon las cartas topográficas descargadas del Geo portal IGM, las cuales cubrían la extensión completa de la región por donde atraviesa el río Pachijal. Además, dentro del programa, se integraron los cursos de agua de los sectores de Mindo, Nono y San Miguel de los Bancos, lo que proporcionó un contexto más detallado y completo del entorno fluvial. Esta incorporación permitió una comprensión más amplia de la red hidrográfica y su relación con los puntos de muestreo identificados

La combinación de tecnología GPS, herramientas de diseño avanzadas y datos cartográficos detallados no solo garantizó la precisión del mapa, sino que también facilitó la visualización y comprensión integral de la distribución geográfica de los puntos de interés. De este modo, el mapa elaborado se convierte en una herramienta esencial para planificar y llevar a cabo la vigilancia de la condición del cuerpo hídrico. Esto establece una base sólida para futuros análisis y decisiones en la gestión ambiental del área.

La meticulosa ubicación de cada punto se realizó con precisión utilizando las coordenadas norte y este, y se resaltó con un círculo de color rojo para una fácil identificación. Por otro lado, el río Pachijal se representó con un tono de color celeste, lo que permitió distinguir claramente la trayectoria del cauce. Además, se incorporó el mapa integral de Ecuador, proporcionando una perspectiva más extensa y minuciosa de la posición de cada punto en

el contexto geográfico del país. En la siguiente figura se observa los ríos añadidos mediante Civil 3D.

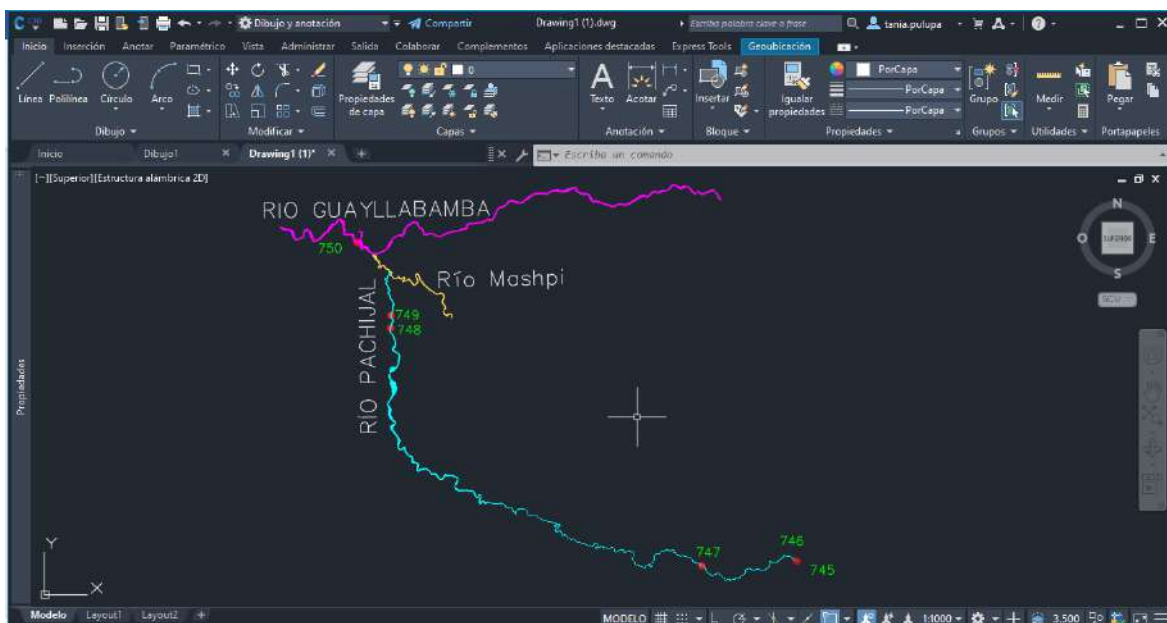


Figura 17. Río Mashpi, Pachijal y Guayllabamba- Elaboración Propia

Este mapa mejorado no solo simplificó la visualización, sino que también facilitó el reconocimiento de los sitios destinados al muestreo. Por consecuencia, se convirtió en una herramienta indispensable para planificar y ejecutar de manera más eficiente las labores de control de la calidad del agua en el río Pachijal. La inclusión de elementos visuales y geográficos adicionales ofrece un contexto más amplio para entender los datos obtenidos y contribuye a tomar decisiones fundamentadas en la gestión de los recursos hídricos.

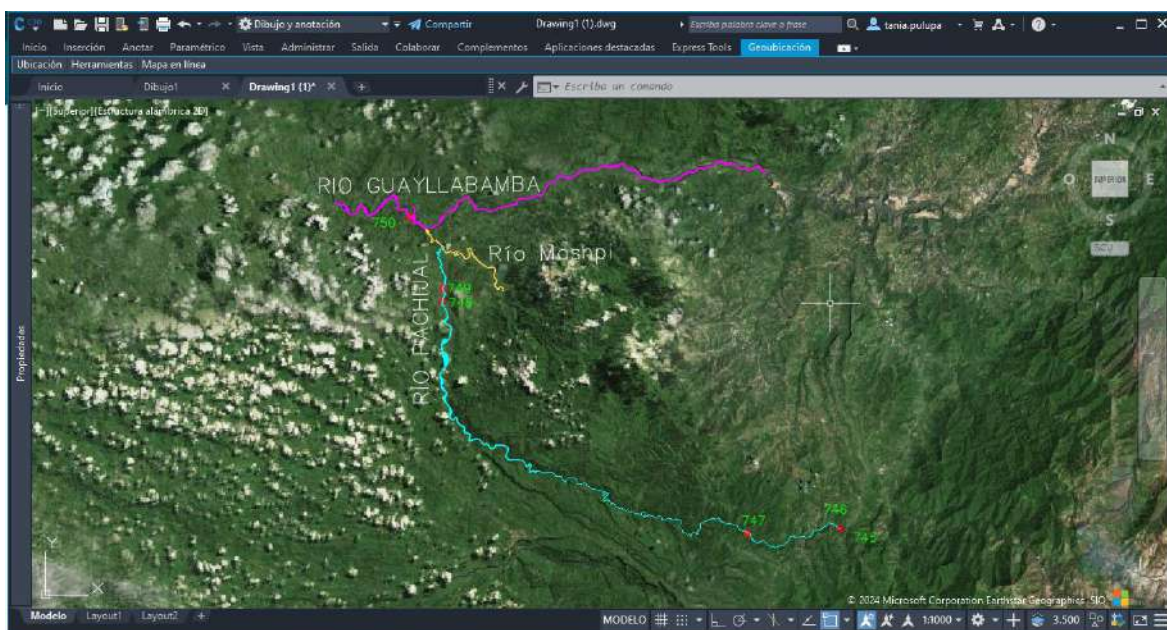


Figura 18. Introducción del Mapa del Ecuador - Elaboración Propia

3 RESULTADOS

3.1 Coordenadas

Gracias al aprovechamiento de la información suministrada por el sistema de posicionamiento global (GPS) de la reconocida marca "Garmin", se ha logrado una identificación minuciosa y precisa de los sitios que fueron seleccionados para el proceso de muestreo. Este avanzado sistema ha permitido cartografiar con exactitud los puntos geográficos de interés, asegurando una ubicación precisa en el campo de estudio.

En el siguiente apartado, se presentarán en detalle estos puntos seleccionados, proporcionando información adicional sobre su entorno, condiciones geográficas y cualquier otro aspecto relevante que pueda afectar el proceso de muestreo. Esta estrategia respaldada por tecnología de punta no solo garantiza la precisión en la selección de lugares estratégicos, sino que también facilita la planificación eficiente de la toma de muestras y contribuye a la confiabilidad y legitimidad de los resultados adquiridos en el estudio.

Tabla 2. Puntos georreferenciados

	Punto	Código GPS	Coordenadas UTM WGS84	Altitud (msnm)
RÍO PACHIJAL	1	747	17 N 755289, 3085	1733
	2	746	17 N 755223, 3124	1728
	3	745	17 N 749237, 2801	1406
	4	748	17 N 729549, 17811	508
	5	749	17 N 729580, 18604	501
	6	750	17 N 727450, 23233	433

Elaboración Propia

Los datos recolectados han sido organizados en función de su altitud, lo que implica una disposición desde una posición aguas arriba hasta aguas abajo del río. En cada uno de estos puntos de muestreo, se ha identificado la presencia de actividades que contribuyen a la contaminación en proporciones reducidas. Aunque estas actividades aportan cantidades pequeñas de contaminantes, colectivamente pueden tener un impacto significativo en el río Pachijal, generando preocupaciones en relación con la pureza del agua.

En los puntos geográficamente señalados existen acciones que contribuyen a la polución y comparten características comunes. Estas acciones, que inciden negativamente en la calidad del entorno, exhiben similitudes tanto en su naturaleza como en sus posibles

impactos en el medio ambiente. Este patrón consistente sugiere la presencia de prácticas contaminantes recurrentes en los sitios geolocalizados, destacando la importancia de abordar de manera integral y coordinada estas fuentes potenciales de contaminación para preservar la salud del ecosistema local.

3.1.1 Análisis de los puntos de muestreo

Al integrar los sistemas acuáticos mediante diversas cartas topográficas y los datos obtenidos durante la visita de campo, surgieron dos observaciones de considerable relevancia. En primer lugar, se identificó que los puntos 1 y 4, localizados en el Refugio Paz de las Aves, están señalados en la carta topográfica de Nono como parte del río San José. Sin embargo, es crucial destacar que los habitantes locales identifican este cuerpo de agua como el río Pachijal, razón por la cual los puntos se han ubicado en la zona mencionada, conforme a esta denominación ampliamente reconocida en la comunidad.

Al profundizar en las observaciones, la segunda se enfoca en el punto 6, donde al integrar diversas cartas topográficas se determinó que se halla en el río Guayllabamba. Esta discrepancia se debe a la dificultad de llegar al punto donde originalmente se pretendía finalizar el río en el mapeo. Sin embargo, durante la exploración, se identificó un camino que llevaba al punto señalado, el cual se incluyó en el recorrido durante la visita técnica. Es esencial subrayar que, al planificar este estudio, no se contaba con información previa sobre la accesibilidad a los puntos de interés en el río.

Con la colaboración de Autodesk, se ha añadido un nuevo punto al mapa, proporcionando una representación aún más precisa de la conexión entre el río Pachijal y el río Mashpi. A continuación, se adjunta el punto con sus coordenadas respectivas.

Tabla 3. Punto 7 añadido

RÍO	Nuevo Punto	Coordenadas UTM WGS84
PACHIJAL	7	17 N 729463, 21390

Elaboración Propia

Este agregado es de suma importancia para futuras investigaciones, ya que brinda una referencia geográfica detallada que puede utilizarse como punto inicial para análisis más exhaustivos sobre la dinámica entre ambos cuerpos de agua. No obstante, es esencial

destacar que, a diferencia de otros puntos donde se pudo acceder y verificar su ubicación, la información sobre el acceso a este punto en particular aún no está disponible.

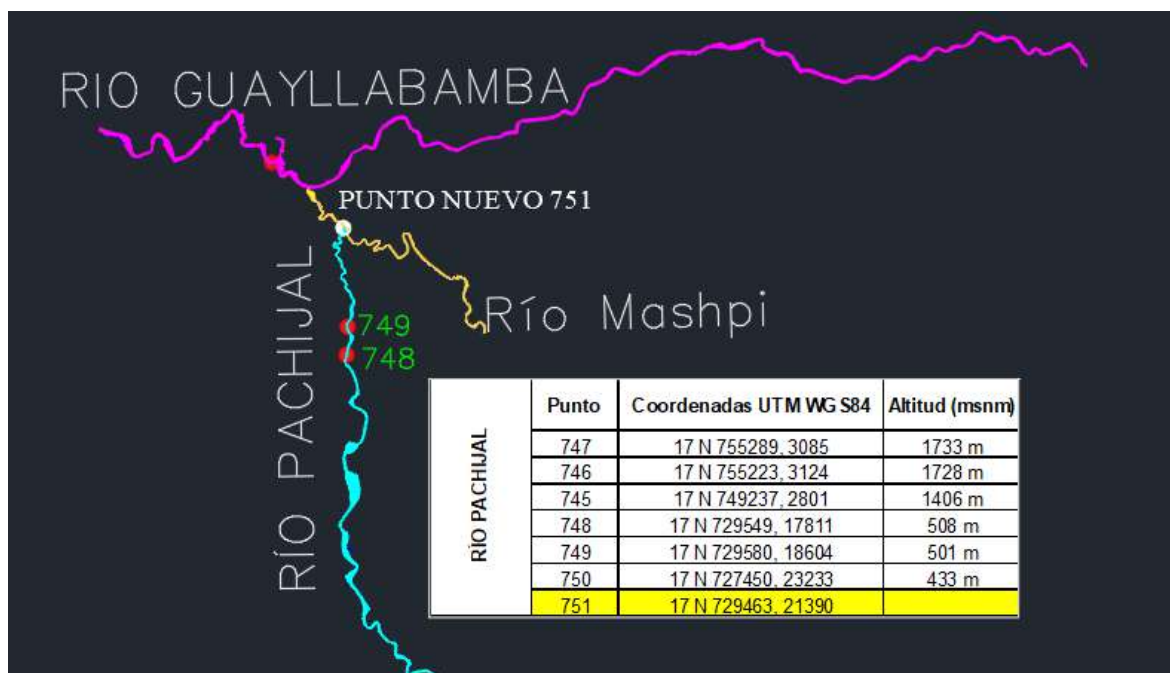


Figura 19. Mapa actualizado con el punto nuevo - Elaboración Propia

3.2 Actividades Contaminantes

- **Actividad Ganadera:** Durante la inspección minuciosa de la zona, se verificó de manera inequívoca la presencia de numerosos ganados en el área examinada. Este descubrimiento subraya la posible influencia de la ganadería en el entorno local, indicando que estas actividades pueden desempeñar un papel significativo en la dinámica ambiental de la región. Este hecho resalta la importancia de llevar a cabo una evaluación exhaustiva para comprender de qué manera la actividad ganadera puede impactar en las características y la salud de aquel ecosistema acuático circundante. Esta interacción de los animales con el entorno acuático plantea interrogantes sobre la introducción de posibles contaminantes, lo cual amerita una evaluación más para establecer la magnitud y la característica de dicha influencia.
- **Actividad Minera:** Al analizar detalladamente los datos recopilados, se ha identificado la existencia de actividad minera de manera específica en el punto 5 de la ubicación analizada. Este hallazgo focalizado resalta la importancia de considerar las variaciones localizadas en las acciones humanas que llegan a impactar la

calidad del agua. Por otro lado, es relevante subrayar que, en los demás puntos de muestreo evaluados, no se ha observado evidencia alguna de actividad minera en la zona estudiada. Este descubrimiento ofrece una perspectiva más detallada y diferenciada, permitiendo contextualizar con mayor precisión la situación ambiental en la región. Además, al descartar la contribución directa de la minería en la mayoría de los sitios, se facilita el reconocimiento y exploración de otras posibles fuentes de contaminación que puedan incidir en las características del agua del río Pachijal.

- **Materia Orgánica:** El análisis de la situación revela que la presencia abundante de flora en la región ha generado una acumulación considerable de desechos orgánicos naturales. Esta observación subraya la importancia de reconocer y considerar la descomposición natural de la vegetación circundante como un factor relevante al evaluar la calidad ambiental de la zona. La desintegración de la materia orgánica es un fenómeno natural en el ciclo ecológico, pero su acumulación en cantidades significativas puede tener implicaciones para el ecosistema acuático. Por ende, comprender la dinámica de la materia orgánica en la región es esencial para una evaluación completa de la calidad del agua del río Pachijal y para identificar posibles influencias en la salud ambiental de la zona.

- **Actividades Turísticas:** En el proceso de evaluación de los sitios, se examinó la existencia de numerosos turistas que visitaban con sus familias y mascotas. En la mancomunidad del Chocó Andino, el turismo juega un papel crucial en la economía de diversos sectores. Sin embargo, el incremento de visitantes puede resultar en la generación de desechos, residuos y sustancias químicas, contribuyendo potencialmente a la contaminación del agua si la gestión de residuos no se realiza de manera adecuada. Además, la intensa actividad turística, incluyendo la natación y otras recreaciones, podría tener efectos sobre el hábitat acuático, causando alteraciones en la flora y fauna locales. Cabe mencionar que el turismo a veces conlleva la introducción no intencional de especies exóticas o invasoras.

En la siguiente tabla se resumen los puntos y su respectiva contaminación.

Tabla 4. Actividades Contaminantes

Puntos	Contaminación			
	Minera	Ganadera	Agrícola	Por actividades turísticas
1		x	x	x
2		x	x	x

3		x	x	x
4		x	x	
5	x	x	x	x
6		x	x	

Elaboración Propia

En resumen, se determinó que la contaminación agrícola está ampliamente extendida en todos los puntos que fueron evaluados. Esta situación se atribuye a la abundante vegetación que rodea el área, lo que conlleva la presencia de residuos orgánicos como cáscaras, frutas, hojas y flores secas en cada uno de los sitios inspeccionados. Además, la actividad ganadera ejerce un impacto significativo en todos los puntos, ya que la economía local se encuentra estrechamente ligada a esta actividad, así como al turismo que atrae la región. Es notable que el punto 5 sobresale al ser el único que exhibe la influencia de las cuatro actividades contaminantes mencionadas. Es crucial resaltar que estos hallazgos se fundamentan en la observación directa y la apreciación de los investigadores, lo que sugiere una necesidad de corroborar estos resultados con análisis científicos y mediciones precisas.

3.3 Resultados de las encuestas realizadas en la mancomunidad

La recopilación de datos mediante la encuesta en línea contó con la participación de doce individuos del sector en la mancomunidad, abarcando una variedad de roles como habitantes locales, autoridades y algunos investigadores. Sin embargo, se notó la ausencia de respuestas por parte de los propietarios de industrias cercanas al río, lo que resultó en la necesidad de adaptar la sección de preguntas para adecuarlas al perfil de los encuestados disponibles.

En cuanto a la composición de los participantes, se observó que la gran mayoría, es decir, el 75%, residía cerca de la cuenca del río Pachijal, lo que refleja un alto grado de inclusión de la población en el procedimiento de recolección de información. Por otro lado, un 16.7% correspondió a investigadores, quienes aportaron su perspectiva desde un enfoque más técnico y especializado, mientras que un 8.3% estuvo conformado por autoridades locales o regionales, quienes brindaron su visión desde una posición de liderazgo y decisión en la

gestión medioambiental del área. A continuación, se muestra un gráfico con los resultados respectivos.

1) ¿Qué tipo de actor es usted?

12 respuestas

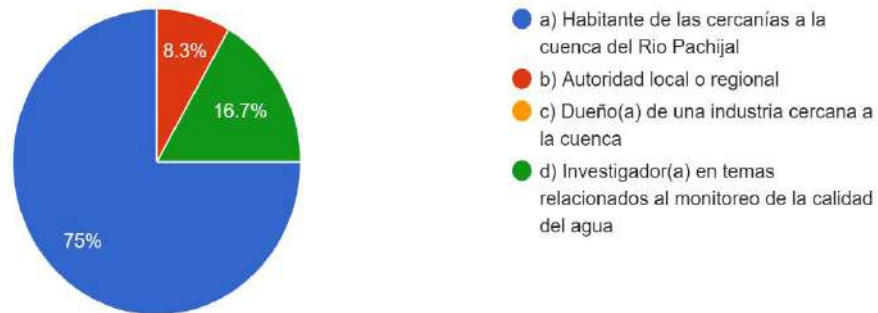


Figura 20.Pregunta 1 encuesta Pachijal

La pregunta sobre la apreciación de las personas entrevistadas sobre la calidad del agua en el río Pachijal y su evolución temporal fue de gran relevancia. Se encontró que el 41.7% de los participantes expresó que la calidad del agua no había experimentado cambios significativos y se mantenía estable a lo largo del tiempo. Otro 41.7% mencionó cambios poco notables en la calidad del agua, lo que sugiere una percepción de estabilidad con algunas fluctuaciones mínimas. Por otro lado, el 16.7% restante afirmó haber notado cambios notables en el olor, color y sabor del agua, lo que podría indicar una preocupación sobre posibles alteraciones en la calidad del recurso hídrico. Estos resultados ofrecen una visión diversa de las percepciones de los habitantes locales y destacan la importancia de monitorear de manera continua el río de estudio.

2) A su parecer y basándose únicamente en la observación ¿la calidad del agua en el Río Pachijal ha venido disminuyendo en los últimos años?

12 respuestas



Figura 21. Pregunta 2 encuesta Pachijal

Los resultados de la encuesta revelaron que únicamente el 25% de los participantes habían estado involucrados en monitoreos de calidad del agua, con un enfoque destacado en el estudio de materia orgánica en el río Pachijal. Este hallazgo sugiere una participación limitada en las actividades para evaluar la calidad hídrica, lo que subraya la obligación de fomentar una mayor participación comunitaria en estos procesos. Además, el 50% de los encuestados indicaron haber identificado vertidos ilegales o actividades no autorizadas que podrían tener un efecto negativo al afluente. La señalización principal de estos vertidos se centró en el inicio del río, lo que destaca un área específica de preocupación ambiental que merece una atención especial en futuras acciones de monitoreo y gestión. Estos resultados subrayan la importancia de una mayor conciencia y acción comunitaria para abordar posibles fuentes de contaminación en el río Pachijal.

3) ¿Ha realizado o ha participado en algún monitoreo de la calidad del agua?

12 respuestas

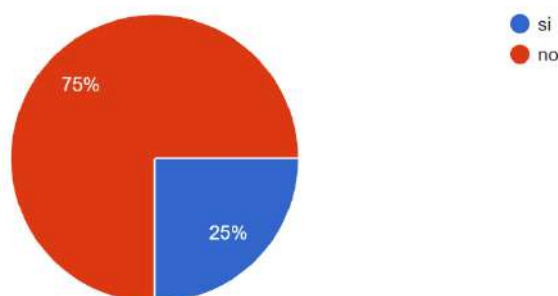


Figura 22. Pregunta 3 encuesta Pachijal

En la sección de preguntas abiertas, los participantes proporcionaron valiosas sugerencias a considerar en el monitoreo de la calidad ambiental. Estas recomendaciones ofrecen una visión directa de las preocupaciones y áreas de interés de la comunidad respecto al río Pachijal y su entorno. Algunas de las respuestas literales más destacadas incluyeron: “El agua que se encuentra un poco más abajo del pueblo del Recinto Pachijal, en vista q existe una mina de material pétreo, la contaminación que producen éstas máquinas hacen que la fauna acuática cada vez vaya disminuyendo”

“Análisis de coliformes al inicio del río ya que se presentaron denuncias por chancheras que realizan descargas al Pachijal, y afecta río abajo al recinto”

3.4 Parámetros para el diseño del plan de muestreo

Gracias al detallado análisis de datos recopilados, las visitas técnicas y las encuestas realizadas, se ha sentado un fundamento robusto para la creación de un programa de muestreo dirigido a evaluar la excelencia del río Pachijal. Este plan contemplará una serie de parámetros cuidadosamente seleccionados y diseñados para capturar una visión integral de la salud del ecosistema fluvial. Cada uno de estos elementos proporciona información crucial sobre la calidad del agua y su idoneidad para distintos propósitos, ya sea consumo humano, riego agrícola, recreación o preservación del ecosistema acuático. Al evaluar estos parámetros, es posible comprender de manera más completa la salud del río Pachijal y tomar medidas adecuadas para contrarrestar los efectos de la contaminación ganadera, los residuos orgánicos y las actividades turísticas en su calidad. Posteriormente, se enumeran los parámetros que serán pertinentes para el análisis del río Pachijal en los puntos de muestreo establecidos:

3.4.1 Análisis *in situ*

Los parámetros que deben ser evaluados directamente en el lugar, es decir, *in situ*, en cada uno de los puntos son especificados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Parámetros in Situ

Tipo de análisis	Parámetros
In situ	Temperatura
	pH
	Conductividad

	Oxígeno disuelto
	Turbidez

Elaboración Propia

3.4.2 Análisis en laboratorio

Los parámetros que deben ser analizados en el laboratorio son los siguientes:

Tabla 6. parámetros en Laboratorio

Tipo de análisis	Parámetro
Laboratorio	Manganeso
	Hierro
	Cobalto
	Aluminio
	Arsénico
	Cromo total
	Cobre
	Bario
	Nitritos
	Nitratos
	Fosfatos
	Sólidos (SD, SSV, ST)
	Amoníaco Total
	Coliformes
	DQO
	DBO5
	Aceites y Grasas
Tensoactivos	

Elaboración propia

En todos los puntos de muestreo, se han seleccionado los parámetros pertinentes para detectar problemas asociados principalmente a la contaminación agrícola, que es la más prevalente en la zona. Estos parámetros incluyen nitritos, nitratos, fosfatos, amoníaco total, DQO, DBO, aceites y grasas.

Dado el contexto de contaminación atribuida a la actividad ganadera que se ha identificado en todos los puntos de muestreo, se ha tomado la decisión de dar prioridad a la evaluación de los niveles de coliformes en el río Pachijal. Esto se debe a que se ha constatado de manera evidente la presencia marcada de animales como vacas, cerdos, pollos y otros en las proximidades del río. Este enfoque busca entender y abordar de manera específica el potencial impacto de la actividad ganadera en las características de este afluente.

Se ha detectado específicamente la huella de contaminación minera en el punto de muestreo 5, lo que señala el requerimiento de una evaluación detallada de la calidad del agua en esta área. Como respuesta a esta observación, se ha decidido realizar un análisis completo que incluya una variedad de parámetros relevantes. Estos incluyen la concentración de manganeso, hierro, cobalto, aluminio, arsénico, cromo total, cobre y bario.

Finalmente, se ha decidido realizar un análisis específico de tensoactivos en los puntos de muestreo 1, 2, 3 y 5 en respuesta al turismo presente en la zona. Esta medida surge de la preocupación debido al potencial impacto ambiental generado por el uso inapropiado de champús y jabones por parte de los visitantes que disfrutan del río.

Se han tomado en cuenta una serie de indicadores y criterios específicos con el fin de asegurar que se cumplan de manera adecuada y precisa los estándares establecidos en la tabla 2 del TULSMA AM 097. Esta tabla, concebida dentro del marco regulatorio, está destinada a salvar y preservar la vida y el ecosistema acuático. La meticulosa consideración de estos parámetros refleja el compromiso por conservar la salud y la integridad de los cuerpos de agua, así como el respeto hacia la diversidad de vida que habita en ellos.

Tabla 7. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Parámetros	Siglas	Unidades	Límite máximo permisible
Solidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	Máximo incremento de 10% de la condición natural
Amoniaco total	NH ₃	mg/L	Ausencia
Potencial de Hidrogeno	pH	unidades de ph	6,5 -9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Hierro	Fe	mg/L	0,3
Cobalto	Co	mg/L	0,2

Fuente: (TULSMA AM 097, 2015)

Continuación de la tabla 7

Nitritos	NO ₂	mg/L	0,2
Aluminio	Al	mg/L	0,1
Manganeso	Mn	mg/L	0,1
Arsénico	As	mg/L	0,05
Cromo total	Cr	mg/L	0,032
Cobre	Cu	mg/L	0,005
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	20
Nitratos	NO ₃	mg/L	13
Bario	Ba	mg/L	1

Fuente: (TULSMA AM 097, 2015)

3.5 Tipo de muestra a ser recolectada

En cada uno de los puntos de muestreo, se procederá a tomar una única muestra simple de manera individual y sin que esté relacionada con las muestras tomadas en otros puntos. Esto significa que cada punto será evaluado de manera independiente, permitiendo así una atención específica a las condiciones particulares de cada ubicación sin que haya influencia de otras áreas. Este enfoque garantiza que se obtenga una visión detallada y precisa de la calidad del agua en cada sitio de muestreo, lo que facilita una evaluación exhaustiva de los parámetros de interés.

3.6 Preservación de las muestras

A continuación, en la tabla se describen las pautas que deben seguirse para preservar adecuadamente las muestras.

Tabla 8. Preservación parámetros

Parámetro	Preservación	Tiempo máximo de preservación
Manganeso	Acidificar pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Hierro		
Cobalto		
Aluminio		
Cobre		

Bario		
Arsénico		
DQO	acidificar pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄	
Aceites y Grasas	acidificar pH 1 a 2 con HCl O H ₂ SO ₄	
Amoniaco Total	congelar a -20°C	
DBO ₅		
Cromo total	Se enfría entre 1° y 5° C	24 horas
Nitritos		
Nitratos		
Sólidos		
Tensoactivos (SAAM)	acidificar pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄	2 días

Fuente: (NTE INEN 2169, 2013)

Es fundamental destacar que el adecuado almacenamiento de las muestras implica mantenerlas refrigeradas a una temperatura específica de 1 a 5 °C. Esta medida de conservación garantiza la integridad y estabilidad de los componentes de las muestras, preservando así su calidad y evitando posibles alteraciones que podrían afectar los resultados de los análisis posteriores. La refrigeración a esta temperatura proporciona un ambiente óptimo para minimizar la degradación de los compuestos presentes en las muestras, asegurando la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos durante el proceso de análisis. Por lo tanto, seguir estrictamente esta recomendación es esencial para mantener la integridad y la validez de las muestras a lo largo del tiempo.

3.7 Frecuencia de muestreo

Se ha llegado a la determinación de emplear una amplia gama de frecuencias para examinar los parámetros de interés, como parte de un enfoque integral de monitoreo. Estas frecuencias se han estructurado cuidadosamente en evaluaciones programadas que abarcan diferentes intervalos de tiempo: mensual, trimestral y semestral. Esta estrategia proporciona una cobertura exhaustiva y sistemática a lo largo del tiempo, permitiendo una comprensión más profunda de la dinámica y la evolución de los parámetros bajo estudio. Además, al distribuir las evaluaciones en intervalos regulares, se facilita la detección temprana de tendencias, cambios estacionales y variaciones significativas, lo que contribuye a una gestión más efectiva y proactiva de los recursos hídricos o ambientales.

A continuación, la tabla 9 enlista los parámetros y su respectiva frecuencia.

Tabla 9. Frecuencia establecida

Parámetros	Frecuencia de muestreo		
	mensual	trimestral	semestral
Aceites y Grasas			X
Aluminio		x	
Amoniaco Total			X
Arsénico			X
Bario		x	
Cobalto		x	
Cobre		x	
Coliformes	X		
Conductividad	X		
Cromo total		x	
DBO5		x	
DQO		x	
Fosfatos		x	
Hierro		x	
Manganeso		x	
Nitratos		x	
Nitritos		x	
Oxígeno disuelto	X		
pH	X		
Solidos (SD, SSV, ST)		x	
Temperatura	X		
Tensoactivos			X
Turbidez	X		

Elaboración propia

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La exploración detallada de las actividades humanas en las áreas geolocalizadas reveló una realidad preocupante: la ganadería y la presencia de residuos orgánicos naturales emergen como factores críticos que amenazan la pureza del río Pachijal. La afluencia de materia orgánica desde estas fuentes plantea un riesgo tangible para la salud y el equilibrio del ecosistema acuático, ya que podría desencadenar una serie de impactos negativos. Es esencial abordar estas cuestiones de manera integral y proactiva para preservar la salud y la vitalidad de este importante recurso hídrico.

La revisión exhaustiva de la actividad minera, focalizada especialmente en el punto 749, subraya la necesidad de abordar esta actividad como un factor crítico que podría comprometer la calidad del agua en la región. Aunque no se detectaron indicios de actividad minera en otros puntos de muestreo, la importancia de estar alerta ante el posible efecto en el entorno ambiental no puede ser subestimada. Es fundamental implementar un monitoreo continuo y riguroso para evaluar cualquier cambio en el agua y adoptar precauciones en la eventualidad de detectar signos de deterioro causado por la actividad minera. Este enfoque proactivo es esencial para garantizar el resguardo y preservación a futuro de los medios hídricos en la zona.

Se pudo identificar que la existencia de ganado a lo largo del río Pachijal impacta directamente en la condición del agua. La carga bacteriana y la concentración de nutrientes se destacan como parámetros fundamentales para evaluar el bienestar del entorno fluvial. El reconocimiento de la acumulación de desechos orgánicos naturales ofrece una perspectiva invaluable sobre la salud del ecosistema fluvial. Esta observación subraya la necesidad imperativa de incorporar parámetros específicos, como la materia orgánica, dentro del plan de muestreo. Este elemento esencial proporciona una ventana hacia la complejidad de la dinámica natural del río, permitiendo comprender mejor cómo el ecosistema interactúa con estos materiales y cómo los procesa sin poner en riesgo la calidad del agua. El análisis de la materia orgánica como parte integral del plan de muestreo no solo fortalece la comprensión de la ecología fluvial, sino que también provee conocimientos fundamentales para la gestión y preservación efectiva de este vital recurso hídrico. Se ha llegado a la conclusión de que se realizará un análisis exhaustivo que abarcará 23 parámetros específicos, los cuales han sido establecidos previamente como indicadores clave de la calidad del río. Estos parámetros se someterán a un monitoreo

regular y detallado para garantizar una evaluación precisa y completa de la salud y la integridad ambiental del cuerpo de agua.

La precisión proporcionada por el sistema de posicionamiento global (GPS) Garmin fue fundamental para el éxito del proyecto. Con esta herramienta de geolocalización precisa, se pudo identificar con exactitud áreas críticas a lo largo del curso del río Pachijal. Esta capacidad de ubicar con precisión los puntos de muestreo permitió planificar estratégicamente el monitoreo, asegurando una cobertura exhaustiva de las zonas identificadas como prioritarias. Gracias a este enfoque meticuloso, se pudo abordar de manera efectiva las amenazas identificadas, como la presencia de actividades ganaderas y la acumulación de desechos orgánicos, recopilando datos representativos de la calidad del agua en una variedad de ubicaciones a lo largo del río. Este método de geolocalización no solo mejoró la eficiencia del trabajo de campo, sino que también garantizó la fiabilidad y relevancia de los datos recopilados para informar las decisiones del manejo ecológico en el lugar de estudio. La implementación de la metodología cualitativa en la planificación del muestreo no solo permitió capturar datos tangibles sobre la calidad del agua, sino que también brindó una visión más completa de las dinámicas humanas y ambientales que influyen en el ecosistema del río Pachijal. Al adoptar este enfoque holístico, se pudo explorar las percepciones, prácticas y experiencias de las comunidades locales en relación con el agua y su entorno. Esta comprensión más profunda ayudó a identificar no solo los factores físicos y químicos que intervienen en la calidad del agua, sino también los elementos relacionados con la cultura, la sociedad y la economía que influyen en su gestión y conservación. Como resultado, el plan de muestreo se convirtió en una herramienta más completa y sensible, capaz de abordar no solo las dimensiones técnicas de la calidad del agua, sino también las preocupaciones y valores de los habitantes locales.

4.2 Recomendaciones

La gestión integrada de residuos es crucial para abordar los desafíos ambientales en la región del río Pachijal. Esto implica establecer un sistema completo de manejo de desechos, centrándose en la recolección y disposición adecuada de desechos orgánicos, especialmente aquellos generados por actividades ganaderas. Además, se propone llevar a cabo programas de educación ambiental para sensibilizar a la comunidad local sobre prácticas sostenibles y el cuidado del medio ambiente. El monitoreo continuo de la calidad del agua es esencial para una gestión efectiva del recurso hídrico en la zona del río Pachijal. Este proyecto no solo implicaría recopilar datos regularmente, sino también

involucrar activamente a la comunidad local en el proceso de vigilancia y conservación del agua. Esta colaboración permitiría una recopilación de datos más amplia y precisa, así como la detección oportuna de cambios en la calidad del agua.

El control de actividades mineras es otro aspecto crucial para preservar la calidad del agua en la región. Se sugiere establecer medidas de control y regulación para prevenir posibles impactos adversos en el agua, así como realizar evaluaciones ambientales periódicas para evaluar el efecto de la minería en las características del agua. Además de estos esfuerzos, se propone el establecimiento de zonas de protección alrededor de los puntos de muestreo críticos para preservar los ecosistemas naturales y garantizar la integridad del entorno circundante. Estas áreas también servirían como sitios de educación ambiental para promover prácticas sostenibles entre los visitantes.

La capacitación comunitaria es fundamental para involucrar a la población local en la preservación del río Pachijal. Al impartir programas de capacitación sobre prácticas sostenibles y la importancia de conservar el medio ambiente, se empodera a la comunidad para tomar medidas proactivas en la preservación del río y su entorno. En última instancia, estos esfuerzos de capacitación pueden contribuir a formar una comunidad comprometida y bien informada que trabaje en conjunto para preservar la salud y la belleza del río Pachijal.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bain, R., Bartram, J., Elliot, M., Matthews, R., McMahan, L., Tung, R., . . . Gundry, E. (2012). A Summary Catalogue of Microbial Drinking Water Tests for Low and Medium Resource Settings. *Environmental Research and Public Health*, 1609-1625.
doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph9051609>
- Barreto, P. (2010). PROTOCOLO DE MONITOREO DE AGUA. *Biorem*. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf
- Blancas, C., & Hervas, E. (2001). *CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR NITRATOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD*. Sevilla: Consejería de Salud. Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/salud_5af065353ff4b_contaminacion_aguas_por_nitratos.pdf
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- Cilio, D., González, D., Hernandez, A., & Lucero, S. (28 de Septiembre de 2020). *Course Hero*. Obtenido de Course Hero web site: <https://www.coursehero.com/file/79040940/Tabla-1docx/>
- Coronado, K. (2015). Plan de muestreo de Aguas. *prezi*, 1-10. Obtenido de <https://prezi.com/x5sq0q-wifsk/plan-de-muestreo-de-aguas/>
- Eurofins Environment. (29 de Agosto de 2023). *Eurofins environment testing*. Obtenido de Eurofins environment testing web site : <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-agua/>
- Foro de los recursos Hídricos. (2013). La gestion comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas. En *La gestion comunitaria del agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas*. Quito: Graphus. Obtenido de <https://camaren.org/documents/lagestioncomunitaria.pdf>
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 1-10. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Hernández, Y., López, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluacion de impacto ambiental. *Revista Espacios*. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria. (2011). Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples. *Sitio Argentino de produccion animal*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/107-Protocolo_Aguas_INTA.pdf
- Jimenez, M. I. (2 de Febrero de 2016). *Tema 3 muestreo aguas*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/mariaisabelJimenezCc/tema-3-muestreo-aguas>

- Lozano, W. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua: métodos simplificados para su muestreo y análisis*. Bogotá: Universidad piloto de Colombia. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ok0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=muestreo+de+agua+&ots=9Zj2vqsVt7&sig=6sgqoLiCffo83Q1FjTkrIC6Hk-k#v=onepage&q=muestreo%20de%20agua&f=false>
- Márquez, A. (3 de Noviembre de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología verde site : <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-monitoreo-ambiental-3113.html>
- Ministerio de Turismo De Ecuador. (sf). Pachijal un paraíso escondido. *turismo.gob*. Recuperado el 2 de enero de 2024, de <https://www.turismo.gob.ec/pachijal-un-paraiso-escondido/>
- Nava, G., & Vargas, A. (2011). *Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud. Obtenido de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
- NTE INEN 2169. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Obtenido de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>
- NTE INEN 2176. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*. Quito. Obtenido de https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/n-te_inen_2176_1_agua_calidad_agua_muestreo_tecnicas_muestreo.pdf
- NTE INEN 2226. (2013). *AGUA CALIDAD DEL AGUA MUESTREO DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO*. Quito. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/368881307/2226-1>
- Ramirez, F. (2007). *EL MUESTREO DEL AGUA. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Digitally signed by F. Ramirez. Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/EI%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>
- Reutelshöfer, T., & Guzmán, L. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual*. La Paz: PERIAGUA. Obtenido de https://www.bivica.org/files/5376_aguas-residuales-muestra.pdf
- Ronco, A., Díaz, M., & Pica, Y. (2004). *Monitoreo Ambiental. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de Aguas*. México. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GD7-N3154OIC&oi=fnd&pg=PA23&dq=monitoreo+ambiental+agua+&ots=TraoZMwry_&sig=UXeHTD0g6M0Lzndsp57rOTzPDPM#v=onepage&q=monitoreo%20ambiental%20agua&f=false
- SEMARNAT. (2013). *Compendio de estadísticas ambientales edición 2013*. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2013/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet28b9.html
- Subsecretaría de agricultura. (2008). *Guía técnica de buenas prácticas; recursos naturales agua, suelo, aire y biodiversidad*. Chile: conaf. Recuperado el 1 de enero de 2024, de conaf:

https://www.conaf.cl/cms/editorweb/GEF-BM/Apendice-7_04-Guia_Buenas_Practicas_Recursos_Naturales.pdf

6 ANEXOS

6.1 ANEXO I. TURNITIN 6%

F_AA_236

**CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Quito, D.M. 27 de febrero de 2024

De mi consideración:

Yo, Santiago Stalin Guerra Salcedo, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado "Desarrollo de un plan de muestreo para el monitoreo de la calidad del agua en ríos de la Mancomunidad del Choco Andino", componente "Desarrollo de un plan de muestreo para el monitoreo de la calidad del agua del Río Pachijal." elaborado por la estudiante Tania Jacqueline Pulupa Guallichico de la carrera en RRA20 Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito secciones: resumen, abstract, introducción, metodología, discusión y resultados, conclusiones y recomendaciones, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 6%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo la interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Santiago Guerra Salcedo
Docente
ESFOT

Tesis final

INDICADOR DE ORIGINALIDAD



FUENTES REFERENCIADAS

1	hdi.handle.net	<1 %
2	www.slideshare.net	<1 %
3	Submitted to consultoriadeserviciosformativos	<1 %
4	android.googlesource.com	<1 %
5	dspace.ups.edu.ec	<1 %
6	repositorio.ulv.edu.ec	<1 %
7	library.co	<1 %
8	dspace.ucuenca.edu.ec	<1 %
9	es.slideshare.net	<1 %
10	dspace.espoch.edu.ec	<1 %
11	idoc.pub	<1 %
12	repositorio.ana.gob.pe	<1 %
13	www.researchgate.net	<1 %
14	VICEVERSA CONSULTING S.A. "Actualización de la MEIA Tambojasa-IGA0019651", R.D. N° 00064-2021-SENACE-PE/DEAR, 2022	<1 %
15	moam.info	<1 %
16	repositorio.uti.edu.ec	<1 %
17	rmportal.net	<1 %
18	repositorio.uneatlantico.es	<1 %
19	www.spanish.china.org.cn	<1 %
20	DOMUS CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C., "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del EIA de la Planta Industrial Dedicada a la Elaboración de Productos Lácteos-IGA0015880", R.D. N° 338-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022	<1 %
21	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A., "EIA del Proyecto Constancia-IGA0000697", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020	<1 %
22	aacevedo.galeon.com	<1 %
23	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1 %
24	dspace.udla.edu.ec	<1 %
25	maenapo.files.wordpress.com	<1 %
26	repositorio.espam.edu.ec	<1 %
27	repository.unad.edu.co	<1 %
28	www.ambiente.org.do	<1 %

29	www.cisco.com	<1 %
30	www.dropbox.com	<1 %
31	www.fundacionsigno.es	<1 %
32	www.minerandina.com	<1 %
33	www.spanishdict.com	<1 %
34	www.xopan.com	<1 %
35	www2.slideshare.net	<1 %
36	#N/A. "Segundo ITS del Proyecto Antapaccay Expansión Tintaya para Ampliar la Planta Concentradora Tintaya, Adición de Componentes para la Planta Antapaccay entre otros Componentes Auxiliares-IGA000799", R.D. N° 501-2015-MEM-DGAAM, 2020	<1 %
37	Submitted to UNIBA	<1 %
38	connectamericas.com	<1 %
	Fuente de Internet	<1 %
39	dokumen.tips	<1 %
40	prezi.com	<1 %
41	semanadelaenergia.olade.org	<1 %
42	uicn.org	<1 %
43	vdocumento.com	<1 %
44	www.cienciapr.org	<1 %
45	www.dsostenible.com.ar	<1 %
46	www.purolite.com	<1 %
47	www.summitsoftheamericas.org	<1 %
48	www.tdx.cat	<1 %
49	www.vdarafael.es	<1 %

6.2 ANEXO II. FORMATO ENCUESTAS

ENCUESTA CONTROL DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL RÍO PACHIJAL

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombre Completo *

2. 1) ¿Qué tipo de actor es usted?

Marca solo un óvalo.

- a) Habitante de las cercanías a la cuenca del Río Pachijal *Ir a la pregunta 3*
- b) Autoridad local o regional *Ir a la pregunta 3*
- c) Dueño(a) de una industria cercana a la cuenca *Ir a la pregunta 8*
- d) Investigador(a) en temas relacionados al monitoreo de la calidad del agua *Ir a la pregunta 3*
- Otros: _____

3. 2) A su parecer y basándose únicamente en la observación ¿la calidad del agua en el Río Pachijal ha venido disminuyendo en los últimos años?

Marca solo un óvalo.

- a) Si, y han existido incluso cambios apreciables en el olor, color y sabor del agua *Ir a la pregunta 4*
- b) Si ha cambiado pero los cambios en olor, sabor y color son poco apreciables *Ir a la pregunta 4*
- c) Se ha mantenido igual con el pasar del tiempo *Ir a la pregunta 4*
- d) Ha existido una mejora, de hecho, se observa al agua sin signos de contaminación. *Ir a la pregunta 4*

4. 3) ¿Ha realizado o ha participado en algún monitoreo de la calidad del agua?

Marca solo un óvalo.

- sí *Ir a la pregunta 5*
 no *Ir a la pregunta 6*

Sección sin título

5. 3.1 ¿recuerda que parámetros fueron medidos y en que lugares?

Enliste los parámetros que recuerda que se midieron

6. 4) ¿Se han identificado vertidos ilegales o actividades no autorizadas que podrían estar afectando la calidad del agua?

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 7*
 No *Ir a la pregunta 24*

Sección sin título

7. 4.1 ¿ en que lugar se determina estos vertidos ilegales?

Ir a la pregunta 24

8. 2) Utiliza agua durante su actividad económica

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 9*
 No *Ir a la pregunta 10*

9. 2.1 ¿descarga sus aguas residuales al cauce del Río Pachijal?

Marca solo un óvalo.

Sí

No *Ir a la pregunta 19*

10. 3) ¿Está consciente de cuál es la legislación que aplica a las descargas de sus aguas residuales?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Sección sin título

11. 4) ¿Trata usted el agua residual producida?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Sección sin título

12. 5) ¿Realiza un monitoreo de la calidad del agua descargada para asegurarse que esta cumpla con el cuerpo normativo vigente?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

13. 6) ¿Ha realizado un monitoreo del cuerpo de agua que recibe sus descargas?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

14. 7) ¿Cada cuánto realiza una medición de parámetros de calidad del agua de descarga?

Marca solo un óvalo.

- 1 vez al año
- 2 veces al año
- 4 veces al año
- No realiza monitoreos de la calidad
- Otros: _____

Sección sin título

15. 8) ¿Qué tipo de muestras toma para el monitoreo de la calidad del agua de descarga?

Marca solo un óvalo.

- simple
- compuesta
- integrada
- No toma muestras, solo mide parámetros in situ
- No realiza monitoreo *Ir a la pregunta 24*

16. 9) Si realiza un monitoreo de la calidad del agua, enliste los parámetros de mide en las aguas de descarga

Sección sin título

17. 10) Si realiza un monitoreo de la calidad del agua, enliste los parámetros de mide en las aguas del cuerpo receptor

18. 11) Si realiza un muestreo ¿podría colocar una descripción y coordenadas del punto de muestreo?

19. 3) A su parecer y basándose únicamente en la observación ¿la calidad del agua en el Río Pachijal ha venido disminuyendo en los últimos años?

Marca solo un óvalo.

- a) Si, y han existido incluso cambios apreciables en el olor, color y sabor del agua
- b) Si ha cambiado pero los cambios en olor, sabor y color son poco apreciables
- c) Se ha mantenido igual con el pasar del tiempo
- d) Ha existido una mejora, de hecho, se observa al agua sin signos de contaminación

Sección sin título

20. 4) ¿Ha realizado o ha participado en algún monitoreo de la calidad del agua?

Marca solo un óvalo.

- sí *Ir a la pregunta 21*
- no *Ir a la pregunta 22*

Sección sin título

21. 4.1 ¿recuerda que parámetros fueron medidos y en que lugares?

Enliste los parámetros que recuerda que se midieron

22. 5) ¿Se han identificado vertidos ilegales o actividades no autorizadas que podrían estar afectando la calidad del agua?

Marca solo un óvalo.

- Sí *Ir a la pregunta 23*
- No *Ir a la pregunta 24*

23. 5.1 ¿ en que lugar se determina estos vertidos ilegales?

24. Recomiende según su criterio, un punto a muestrear el agua, y explique el motivo:

6.3 ANEXO III. PLAN DE MUESTREO

1. Introducción

La iniciativa propone desarrollar un plan de muestreo detallado para monitorear la contaminación en el río Pachijal, situado en la mancomunidad del Chocó Andino. El objetivo es establecer un método exhaustivo para la recolección sistemática de muestras de agua a lo largo del río, con el fin de evaluar continuamente su calidad. Este plan se basará en un marco metodológico que incluye la identificación de sitios de muestreo estratégicos y la selección de parámetros específicos para analizar la calidad del agua, adoptando un enfoque multidisciplinario que integre aspectos físicos, químicos y biológicos.

El plan también contempla establecer protocolos claros para la recolección, preservación y análisis de muestras, garantizando la fiabilidad y precisión de los resultados. Se enfatizará en la capacitación del personal de muestreo y en la participación de la comunidad local para promover la conciencia ambiental y fortalecer la colaboración entre todas las partes interesadas.

2. Objetivos

- Seleccionar los criterios de muestreo más idóneos para el río Pachijal.
- Definir el plan de muestreo para la vigilancia de la calidad de agua en el río Pachijal.

3. Normativa

- TULSMA AM 097 Anexo 1 del libro VI. Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluente: Recurso Agua
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013

4. Parámetros por analizar

Las evaluaciones "in situ" se realizan directamente en el lugar de interés, eliminando la necesidad de transportar muestras a laboratorios o sitios alternos para su evaluación. Tales evaluaciones son fundamentales para obtener una apreciación precisa de las condiciones acuáticas en su ambiente natural. Para nuestro estudio específico, se han elegido los siguientes parámetros.

Tabla 4.1. Parámetros in situ

Tipo de análisis	Parámetros
In situ	Temperatura
	pH
	Conductividad
	Oxígeno disuelto
	Turbidez

Tabla 4.2. Parámetros por medir en laboratorio

Tipo de análisis	Parámetro
Laboratorio	Manganeso
	Hierro
	Cobalto
	Aluminio
	Arsénico
	Cromo total
	Cobre
	Bario
	Nitritos
	Nitratos
	Fosfatos
	Sólidos (SD, SSV, ST)
	Amoníaco Total
	Coliformes
	DQO
	DBO5
	Aceites y Grasas
	Tensoactivos

5. Tipo de muestra

En cada uno de los puntos de muestreo, se procederá a tomar una única muestra simple de manera individual y sin que esté relacionada con las muestras tomadas en otros puntos. Esto significa que cada punto será evaluado de manera independiente, permitiendo así una atención específica a las condiciones particulares de cada ubicación sin que haya influencia de otras áreas. Este enfoque garantiza que se obtenga una visión detallada y precisa de la calidad del agua en cada sitio de muestreo, lo que facilita una evaluación exhaustiva de los parámetros de interés.

6. Puntos de muestreo

En el transcurso de la última visita al terreno, se seleccionaron cuidadosamente seis ubicaciones estratégicas para la recolección de muestras de agua. A estas ubicaciones predefinidas, se sumó de manera adicional el punto donde el río desemboca en el río Mashpi, identificado gracias al empleo de avanzadas herramientas topográficas. La elección de estos puntos no fue arbitraria, sino que respondió a un meticuloso análisis del paisaje y las características hidrológicas de la zona, buscando abarcar una diversidad de entornos que pudieran influir en la calidad del agua y, por ende, en la vida acuática presente.

Tabla 6. Puntos de muestreo

	Punto	Código GPS	Coordenadas UTM WGS84	Altitud (msnm)
RÍO PACHIJAL	1	747	17 N 755289, 3085	1733 m
	2	746	17 N 755223, 3124	1728 m
	3	745	17 N 749237, 2801	1406 m
	4	748	17 N 729549, 17811	508 m
	5	749	17 N 729580, 18604	501 m
	6	750	17 N 727450, 23233	433 m
	7	751	17 N 729463,21390	

7. Preservación

La selección de los parámetros para preservación se fundamentó en las directrices establecidas por la norma NTE INEN 2169.

Tabla 7. Preservación de cada parámetro

Parámetro	Preservación	Tiempo máximo de preservación
Manganeso	Acidificar pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Hierro		
Cobalto		
Aluminio		
Cobre		
Bario		
Arsénico		
DQO	acidificar pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄	1 mes
Aceites y Grasas	acidificar pH 1 a 2 con HCl O H ₂ SO ₄	
Amoniaco Total	congelar a -20°C	
DBO ₅		
Cromo total	Se enfría entre 1° y 5° C	24 horas
Nitritos		
Nitratos		
Sólidos		
Tenso activos	acidificar pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄	2 días

8. Rotulado

El rotulado adecuado de las muestras requiere la incorporación de la siguiente información (INEN 2169, 2013) :

- Nombre de la fuente
- Nombre del parámetro analizar
- Fecha y hora del muestreo
- Nombre del muestreador
- Nombre y cantidad del preservante
- Tipo de análisis a realizarse

9. Materiales

9.1 Logística

- Cámara digital

- Cinta de embalaje
- Marcadores, lapiceros de tinta indeleble
- Mapa

9.2 Muestreo

- Piscetas
- Coolers
- Balde graduado
- Jarra
- Botellas ámbar
- Frasco polipropileno estéril
- Barra extensora o botella sumergible
- Hielo
- Soga larga

9.3 Equipo de protección personal Básico

- Guantes de nitrilo
- Mandil

9.4 Limpieza

- Agua destilada
- Papel toalla

9.5 Reactivos y sustancias químicas

- Solución estándar pH 4
- Ácido sulfúrico
- Ácido clorhídrico
- Ácido nítrico
- Tiras de pH

9.6 Equipos

- Multiparámetro
- pH metro
- turbidímetro
- GPS

10. Cantidad de muestras

Para asegurar una evaluación exhaustiva de la calidad del agua, en cada uno de los puntos específicos designados para el muestreo se procederá a la recolección de un total de tres muestras. La primera de estas, con un volumen de 100 mililitros, se reservará específicamente para llevar a cabo análisis biológicos. Estos análisis son cruciales para identificar la presencia de microorganismos y evaluar la biodiversidad acuática, lo que proporciona indicadores vitales sobre la salud ecológica del cuerpo de agua. Las otras dos muestras, con un volumen considerablemente mayor de 1 litro cada una, se destinarán a una variedad de análisis químicos y físicos posteriores. La recopilación de estas muestras de diferentes volúmenes y su análisis detallado permitirán obtener una visión completa de la calidad del agua en los sitios muestreados, facilitando la toma de decisiones informadas para su gestión y conservación.

11. Toma de muestras

- Es crucial que, al recolectar muestras, se siga la corriente del agua, comenzando con las muestras aguas abajo y luego aguas arriba. En el caso de los ríos y arroyos, es preferible tomar muestras del centro del cauce o de áreas donde el agua fluya sin turbulencias, evitando las orillas donde el agua puede no estar bien mezclada y podría haber sido afectada por evaporación o contaminación.
- Antes de recolectar la muestra, es importante enjuagar el frasco tres veces, excepto cuando se trata de muestras para análisis biológicos, donde se toma directamente sin enjuagar. Para análisis generales como DBO5 y de metales, la muestra debe tomarse hasta el borde del frasco sin que contenga burbujas.
- En cuanto a los análisis biológicos, se debe abrir el frasco bajo el agua, llenándolo hasta tres cuartos de su capacidad y taparlo también bajo el agua.
- Una vez tomadas las muestras, los frascos deben ser tapados y colocados en una hielera con hielo, protegidos de la luz solar durante el muestreo y durante el transporte al laboratorio.
- Si durante la recolección de muestras llueve, es crucial registrar este evento, ya que un aumento en el flujo de agua en la fuente hídrica en estudio puede diluir los compuestos de interés, especialmente los traza, lo que podría resultar en su no detección, incluso si se han seguido rigurosamente las instrucciones de monitoreo.

- Al tomar la muestra, es importante evitar perturbar el sedimento o material del fondo del cuerpo de agua, ya que esto podría alterar la matriz al introducir sedimentos, turbidez, materia orgánica u otras sustancias químicas.
- Cuando se recolectan muestras desde puentes, es necesario asegurarse de que la cuerda o soga del malacate no roce con la estructura del puente, ya que esto podría causar la liberación de material metálico y sustancias sólidas que podrían contaminar la muestra o alterar su composición.

12. **Análisis *in situ***

Después de haber recopilado las muestras del cuerpo de agua, el siguiente paso implica realizar mediciones de los parámetros "in situ" que han sido definidos en el plan de muestreo. Este proceso se lleva a cabo siguiendo un conjunto de pasos específicos:

- En primer lugar, se sumerge la sonda limpia del equipo de campo en el cuerpo de agua que está siendo muestreado. Esta sonda, previamente preparada para garantizar la exactitud de las mediciones, se sumerge cuidadosamente en el agua para obtener lecturas precisas.
- Una vez que la sonda está sumergida, se procede a realizar los análisis de los diferentes parámetros, que incluyen temperatura, pH, conductividad. Cada uno de estos análisis se lleva a cabo con atención meticulosa para asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos.
- Estas mediciones se ejecutan conforme a los procedimientos y directrices establecidos por el equipo, siguiendo rigurosamente los protocolos de operación. Los valores obtenidos durante el análisis en campo se registran minuciosamente en el formato de muestreo designado, asegurando así una documentación completa y precisa de los datos recopilados.

13. **Bibliografía**

NTE INEN 2169. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.* Obtenido de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>