ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO COMUNITARIO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MANCOMUNIDAD DEL CHOCÓ ANDINO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

EDICSON GAMBA VARGAS
edicson.gamba@epn.edu.ec

JONATAN JOSUÉ UQUILLAS GIACOMETTI
jonatan.uquillas@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO, MSc.
santiago.guerra@epn.edu.ec

CODIRECTORA: ING. JADY PAULINA PÉREZ GUAMANZARA, MSc.
jady.perez@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres Edicson Gamba Vargas y Jonatan Josué Uquillas Giacometti como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogos Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

Ing. Santiago Stalin Guerra Salcedo, MSc

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Jady Paulina Pérez Guamanzara, MSc.

CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros Edicson Gamba Vargas y Jonatan Josué Uquillas Giacometti con CI: 1754702759 y 1718472200 respectivamente declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociarán los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

Jonatan Josué Uquillas Giacometti

Edicson Gamba Vargas

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi padre y a mi madre, Omar y Yazmín, por siempre apoyarme en todo lo que necesité para mis estudios, a mi novia Merly por estar conmigo en los momentos más difíciles y en especial se lo dedico a mi Hermana Katherine, por ser mi mayor motivo para superarme cada día.

Edicson Gamba

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres Omar y Yazmín, por apoyarme con todo lo que he necesitado y por ser mi mayor ejemplo.

A mi novia Merly, por ser mi soporte durante el transcurso de la carrera.

A mi compañero de tesis Jonatan por su amistad y apoyo durante nuestros estudios.

A mi tutor de Tesis Santiago, por ser más que un buen profesor, un amigo.

A mi hermana Katherine por ser la persona que me motivó a estudiar y ser una mejor persona.

Edicson Gamba

DEDICATORIA

Mi proyecto de titulación se lo dedico a mis padres Guillermo y Ximena, quienes siempre fueron un apoyo para mí y a quienes les debo mucho más que la vida misma.

Jonatan Uquillas

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más profundos agradecimientos a mis padres, Guillermo y Ximena por siempre haber sido un apoyo incondicional y haberme criado con valores, han sido, son y serán siempre un ejemplo a seguir para mí.

A mis hermanas Andrea y María por siempre haber estado apoyándome emocional y económicamente cuando lo he necesitado y por las palabras de aliento que me dieron para nunca rendirme en todo el tiempo que estuve en la universidad, y a mi hermano Guillermo por siempre ser un gran ejemplo de superación y de responsabilidad.

A mis sobrinos, para los cuales aspiro a ser un gran profesional y una mejor persona.

A mi compañero de tesis Edicson, por ser un gran apoyo y amigo, quien confió en mí durante todo el transcurso de la universidad y con quien ahora estamos cumpliendo una más de nuestras metas y culminando una etapa maravillosa de nuestras vidas.

A las personas que pertenecen a la Mancomunidad del Chocó Andino que nos apoyaron y nos colaboraron en cada visita que se realizó, en especial a Daniela que pertenece a la Red de Jóvenes, por el interés que demostró en todo el transcurso del proyecto.

A mi director de titulación, Santiago y a mi co-directora, Jady por siempre apoyar nuestro proyecto de titulación y siempre hacerlo con una gran actitud.

Jonatan Uquillas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 Introducción 1

1.1 Objetivo general 2

1.2 Objetivos específicos 2

1.3 Fundamentos teóricos 2

1.3.1 Usos del Suelo 2

1.3.2 Monitoreo del agua 2

1.3.3 Monitoreo comunitario del agua 2

1.3.4 Beneficios del monitoreo comunitario del agua 3

1.4 Descripción del sitio de estudio 3

1.5 Etapas del monitoreo comunitario de la calidad del agua 4

1.5.1 Diagnóstico inicial 4

1.5.2 Selección del grupo de trabajo que realizará los monitoreos 4

1.5.3 Diseño del monitoreo 5

1.5.4 Frecuencia del Monitoreo 5

1.5.5 Parámetros para determinar la calidad del agua 6

1.6 Manejo de la información 7

1.6.1 Almacenamiento de datos 7

1.6.2 Interpretación de los datos 7

1.6.3 Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) 8

1.6.4 Interpretación de los resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) 8

1.7 Difusión de la información en la comunidad 9

1.7.1 Medios orales 10

1.7.2 Medios impresos 10

1.7.3 Medios digitales 10

1.8 Uso de la información 10

1.9 Normativa 11

2 Metodología 12

2.1 Definición de los puntos de monitoreo 12

2.2 Toma de muestras de las microcuencas Alambi, Pishashi, Pachijal y Mashpi 13

2.3 Análisis *in situ* y de laboratorio de las microcuencas Alambi, Pishashi, Pachijal y Mashpi 16

2.3.1 Análisis *in situ* 16

2.3.2 Análisis de laboratorio 20

2.4 Capacitaciones teóricas sobre calidad del agua, muestreo y monitoreo continuo de parámetros importantes 21

2.5 Capacitación práctica sobre el uso y la calibración del equipo multiparámetro de la MCA 21

2.6 Desarrollo del folleto temático de monitoreo de calidad de agua comunitario y participativo 23

2.7 Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA NSF) 24

2.7.1 Cálculo del factor Qi 25

3 Resultados y Discusión 25

3.1 Definir el estado de la calidad del agua en puntos específicos de las microcuencas de los ríos Alambi, Chirape, Pachijal y Mashpi 25

3.2 Desarrollar un folleto virtual de monitoreo a nivel comunitario bajo estándares normalizados 35

3.3 Validación de las metodologías de capacitación aplicadas en el protocolo de monitoreo comunitario. 36

4 Conclusiones y Recomendaciones 39

4.1 Conclusiones 39

4.2 Recomendaciones 40

5 Referencias Bibliográficas 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Usos del suelo de la MCA. 2
Figura 2. Mancomunidad del Chocó Candino. 3
Figura 3. Ejemplo de calidad del agua representada en un mapa. 8
Figura 4. Relación comunitaria para acceder a los puntos de muestreo. 12
Figura 5. Río Pishashi. 13
Figura 6. Río Alambi. 14
Figura 7. Río Mashpi. 14
Figura 8. Río Pachijal. 15
Figura 9. Toma de muestra. 15
Figura 10. HANNA "HI 98194 Medidor Multiparamétrico. 17
Figura 11. Turbidímetro del laboratorio de la ESFOT (Marca HACH Serie 2100Q). 18
Figura 12. GPS y flujómetro. 19
Figura 13. Capacitación a las personas de la comunidad, realizada el 22 de marzo del 2021. 21
Figura 14. Capacitaciones prácticas sobre el uso del multiparámetro. 22
Figura 15. Portada del Folleto Temático sobre la Introducción a la Calidad del Agua..... 23
Figura 16. Reunión sobre las indicaciones de uso del folleto virtual. 36
Figura 17. Evidencia de participación de las capacitaciones en Kahoots. 36
Figura 18. Capacitación para validar las metodologías aplicadas para el monitoreo. 37
Figura 19. Monitoreo Comunitario de Calidad del Agua. 37
Figura 20. Acompañamiento durante la capacitación realizada por la primera Monitora Comunitaria de la MCA. 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie, población y densidad por parroquia – Mancomunidad Chocó Andino. .. 4
Tabla 2. Frecuencia de monitoreo. 6
Tabla 3. Calidad del agua representada con el ICA NSF 9
Tabla 4. Usos del agua de acuerdo con el valor del ICA. 9
Tabla 5. Almacenamiento y CONSERVACIÓN de las muestras. 16
Tabla 6. Parámetros medidos utilizados en el laboratorio de la ESFOT 20
Tabla 7. Parámetros medidos en el laboratorio del CICAM. 20
Tabla 8. Parámetros con su respectiva ponderación del Índice de Calidad de Agua (ICA NSF). 24
Tabla 9. Datos de los puntos de monitoreo detallado en el mapa del Anexo 4. GPS del laboratorio de la ESFOT (Marca GARMIN GPSMAP 64x) 25
Tabla 10. Aspectos ambientales contaminantes de cada río. 26
Tabla 11. Resultados de los puntos del río Pishashi. 27
Tabla 12. Resultados de los puntos del río Alambi. 28
Tabla 13. Resultados de los puntos del río Mashpi. 29
Tabla 14. Resultados de los puntos del río Pachijal. 30
Tabla 15. Índice de Calidad del Agua de los puntos de monitoreo. 30
Tabla 16. Comparación de los resultados obtenidos con los criterios de calidad para fuentes para consumo humano y doméstico. 33
Tabla 17. Determinación del cumplimiento de los criterios de calidad para la preservación de vida acuática y vida silvestre en agua dulce. 33
Tabla 18. Criterios de calidad de aguas para uso agrícola. 34
Tabla 19. Criterios de calidad de aguas para uso pecuario. 34
Tabla 20. Comparación de parámetros con los criterios de calidad del agua para fines recreativos mediante contacto primario. 35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros a medir de acuerdo con el uso del agua. 43
Anexo 2: Parámetros a medir de acuerdo con el tipo de contaminación. 44
Anexo 3: Curvas para encontrar el factor Qi de cada parámetro. 45
Anexo 4: Puntos de monitoreo. 46
Anexo 5: Medición de metales en el laboratorio de la ESFOT. 47
Anexo 6: Medición de la DQO en el laboratorio de la ESFOT. 47
Anexo 7: Medición del manganeso en el laboratorio de la ESFOT. 48
Anexo 8: Conteo de UFC en el laboratorio de la ESFOT. 48
Anexo 9: Resultados de DBO5, nitrógeno total (Kjeldahl) y tensoactivos del Río Alambi (aguas arriba). 49
Anexo 10: Resultados de DBO5, nitrógeno total (Kjeldahl) y tensoactivos del Río Alambi (aguas abajo). 50
Anexo 11: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Mashpi (aguas arriba). 51
Anexo 12: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Mashpi (aguas abajo). 52
Anexo 13: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Pachijal (aguas arriba). 53
Anexo 14: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Pachijal (aguas abajo). 54
Anexo 15: Resultados de metales del Río Chirape (Pishashi, aguas arriba). 55
Anexo 16: Resultados de metales del Río Chirape (Pishashi, aguas abajo). 56

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo desarrollar un sistema de monitoreo comunitario de calidad de agua en tramos seleccionados del curso de los ríos Alambi, Pachijal, Chirape y Mashpi, localizados en la Mancomunidad del Chocó Andino (MCA). Con base en el conocimiento técnico-operativo, se aportó al fortalecimiento de capacidades locales para dar seguimiento a la calidad de agua de estos ríos y por ende al resultado de la implementación de las políticas públicas e iniciativas privadas.

En una primera etapa, se realizaron capacitaciones teóricas y prácticas dirigidas al equipo conformado por las personas que dirigen la MCA. Los temas abordados fueron los fundamentos básicos del muestreo y análisis de parámetros de calidad de agua, así como las causas de su contaminación. Además, se instruyó sobre el uso de equipos de medición *in situ*, métodos recomendados para la conservación de muestras y requerimientos para el monitoreo comunal de los ríos.

En la segunda etapa, se realizó el levantamiento de una línea base de la calidad del agua en los cuatro ríos, previa determinación de los puntos de monitoreo. Los parámetros determinados fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), turbidez, oxígeno disuelto (OD) y sólidos disueltos totales (SDT). Además, se analizaron: metales, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO_5), nutrientes y coliformes fecales (CF).

En la tercera etapa, se elaboró un folleto virtual en el que se describen los temas de capacitación junto con enlaces de interés. Se indican los pasos que se deben seguir para la toma de muestras y medición de parámetros *in situ* e información para la interpretación de los datos obtenidos del monitoreo comunitario. Este recurso será un documento de consulta para los encargados del monitoreo en la Mancomunidad.

Finalmente, se socializaron los resultados al equipo conformado localmente y a la actual presidenta de la MCA.

PALABRAS CLAVE: monitoreo comunitario, calidad de agua, línea base, análisis, contaminación.

ABSTRACT

The objective of this titling project was to develop a community water quality monitoring system in selected sections of the course of the Alambi, Pachijal, Chirape and Mashpi rivers, located in the Mancomunidad del Chocó Andino (MCA). Based on technical-operational knowledge, it contributed to the strengthening of local capacities to monitor the water quality of these rivers and therefore the result of the implementation of public policies and private initiatives.

In a first stage, theoretical and practical trainings were carried out for the team made up of the MCA. The topics addressed were the fundamentals of the sampling and analysis of water quality parameters, as well as the causes of its contamination. In addition, they were instructed on the use of *in situ* measurement equipment, recommended methods for the conservation of samples and requirements for community monitoring of rivers.

In the second stage, a baseline of water quality in the four rivers was drawn up, after determining the monitoring points. The parameters that were determined: temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, dissolved oxygen (DO) and total dissolved solids (TDS). In addition, the following were analyzed: metals, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD_5), nutrients and fecal coliforms (CF).

In the third stage, a virtual manual was developed which describes the training topics along with links of interest. The steps to be followed for the sampling and measurement of parameters in situ and information for the interpretation of the data obtained from community monitoring are indicated. This resource will be a consultation document for those in charge of monitoring in the Commonwealth.

Finally, the results were shared with the local team and the current president of the MCA.

KEYWORDS: community monitoring, baseline, quality, supply sources, analysis, contamination.

1 INTRODUCCIÓN

El agua conforma el 70% de la superficie del planeta, de este total, el 97.2 % de su volumen se encuentra en los océanos, el 2.2 % en los glaciares y el 0.6 % es agua subterránea. Tan sólo un 0.002 % es agua superficial, que es la fuente más accesible para las personas, sin embargo, el desarrollo y la industrialización han generado una gran demanda y contaminación, principalmente de las fuentes superficiales del agua, lo que afecta a los seres humanos y ecosistemas que dependen de este recurso. (C. & Cen, 2009)

La contaminación del agua afecta significativamente a países de bajos y medianos ingresos debido a que, en general, en estos países son deficientes los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales y municipales. (Gómez, 2018).

Ecuador es un país que se ha visto afectado por la contaminación del agua en los últimos años, debido a descargas de actividades industriales tales como: minería, agricultura, ganadería y descargas de aguas municipales, afectando a la salud humana, al ambiente y al desarrollo socioeconómico del país. (Foro de los Recursos Hídricos, 2013)

La Mancomunidad del Chocó Andino (MCA) es una zona rural ubicada al noroccidente de Quito, donde habitan alrededor de 18112 personas distribuidas en las parroquias de: Pacto, Gualea, Nanegal, Nanegalito, Calacalí y Nono. Las principales fuentes de agua del Chocó Andino provienen de los bosques montanos que alimentan las microcuencas de: Alambi, Tulipe, Pichán, Pachijal, Chirape, Mashpi, Guaycuyacu, sin embargo, la calidad de éstas se ve amenazada por la contaminación causada por agroquímicos utilizados en cultivos de palmito, ganadería y descargas de aguas residuales domésticas e industriales. Por otro lado, existen concesiones mineras que si se llegan a desarrollar habría un riesgo inminente de contaminar los cuerpos hídricos de la zona (Torres, R., & M. Peralvo. 2019).

Para la evaluación de la calidad del agua, en las fuentes de las que se abastecen las parroquias de Pacto, Gualea, Nanegal, Nanegalito, Calacalí y Nono, se realizaron varios análisis *in situ* con la utilización del medidor multiparamétrico adquirido por la MCA y análisis de laboratorio para muestras en cada punto seleccionado.

El objetivo principal del proyecto fue establecer las bases de un sistema de monitoreo comunitario de calidad de agua, en los cuatro ríos seleccionados. Se resalta la importancia de que el monitoreo sea periódico, bajo métodos estandarizados y prácticas que brinden confianza sobre los datos obtenidos, de tal manera que permitan conocer la evolución de la calidad del agua en el transcurso del tiempo.

1.1 Objetivo general

- Desarrollar un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la Mancomunidad del Chocó Andino.

1.2 Objetivos específicos

- Definir el estado de la calidad del agua en puntos específicos de las microcuencas de los ríos Alambi, Chirape, Pachijal y Mashpi.
- Desarrollar un folleto virtual de monitoreo a nivel comunitario bajo estándares normalizados.
- Validar las metodologías de capacitación aplicadas en el protocolo de monitoreo comunitario.

1.3 Fundamentos teóricos

1.3.1 Usos del Suelo

Las principales actividades productivas en la MCA son: agricultura, ganadería, turismo y comercio. Así mismo, los principales usos del suelo de la MCS son: Bosques montanos, Arbustal, Pastos, Bosques secundarios y cultivos, tal como se detalla en la Figura 2. (MCA, 2016)

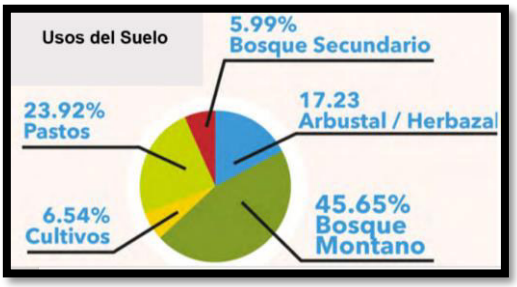


Figura 1. Usos del suelo de la MCA.

Fuente. (MCA, 2016).

1.3.2 Monitoreo del agua

Es el proceso de recolección continua de información sobre la calidad y cantidad del agua, para con ello identificar si el agua es de buena calidad, en función del uso que se le dé. (Alem, 2017)

1.3.3 Monitoreo comunitario del agua

Mecanismo donde participan grupos de interés dentro de una comunidad (ciudadanos, instituciones de gobierno, industria y academia) para responder a problemas relacionados al recurso agua y así gestionarlo adecuadamente. (Deutsch, RuizCórdova, & Duncan, 2010a)

1.3.4 Beneficios del monitoreo comunitario del agua

Son varios los beneficios del monitoreo comunitario del agua y dependen principalmente de los objetivos propuestos, sin embargo, generalmente se han obtenido los siguientes beneficios del Monitoreo Comunitario en diferentes localidades de Latinoamérica: (Alem, 2017)

- Identifican la contaminación del agua que pueda causar problemas de salud y deterioro de los ecosistemas.
- Dan a conocer la calidad y cantidad de agua de las fuentes que utilizan las comunidades.
- Proporcionan información para elaborar planes de remediación y conservación de las fuentes de agua.
- Permiten que las comunidades tengan conciencia de la importancia del agua.
- Aportan a la mejora de la toma de decisiones para solucionar problemas dentro de la comunidad.

1.4 Descripción del sitio de estudio

La Mancomunidad del Chocó Andino está ubicada al noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito, misma que cuenta con una superficie de 1.242,96 km^2 y población de 18.112 habitantes, con una densidad poblacional aproximadamente de 14,57 hab/km^2 distribuidas en las parroquias de: Nono, Calacalí, Nanegalito, Nanegal, Gualea y Pacto, tal como se detalla en la Figura 1 y en la Tabla 1 (EcoAndes & CONDESAN, 2015)

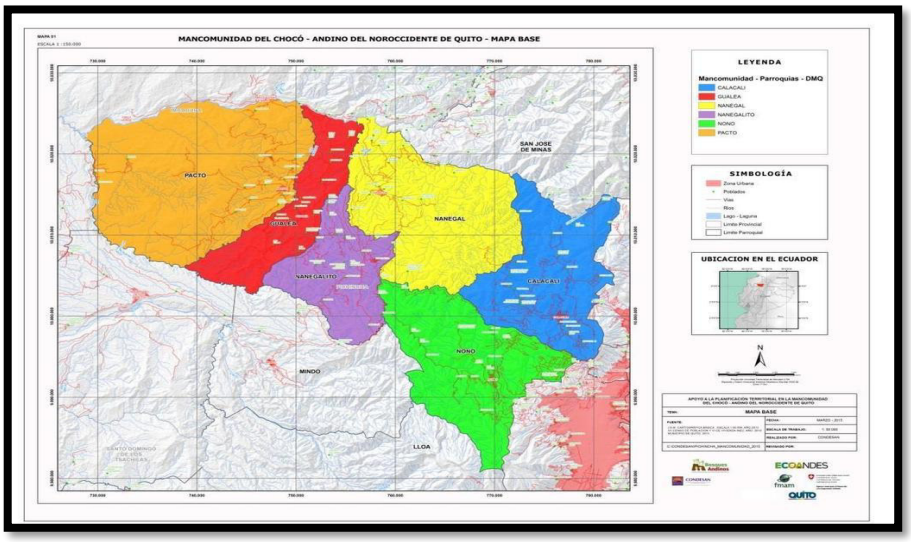


Figura 2. Mancomunidad del Chocó Andino.

Fuente. (EcoAndes & CONDESAN, 2015).

Tabla 1. Superficie, población y densidad por parroquia – Mancomunidad Chocó Andino.

Fuente. (EcoAndes & CONDESAN, 2015).

Parroquia	Superficie [Km^2]		Población [Habitantes]	Densidad [Hab/Km^2]
Calacalí	190,22		3.895	20,48
Nono	214,28		1.732	8,08
Nanegalito	124,67		3.026	24,27
Nanegal	245,77		2.636	10,73
Gualea	120,86		2.025	16,75
Pacto	347,16		4.798	13,82
Total Mancomunidad Chocó - Andino	**1.242,96 Km2**	**124.296 Ha**	**18.112**	**14,57**

La Mancomunidad del Chocó Andino (MCA) cuenta con un valioso patrimonio cultural y natural, con una gran biodiversidad de flora y fauna, con especies únicas en el mundo. Los programas que se han llevado a cabo en la MCA de agricultura y ganadería sostenible y responsable, además de la posesión de productos de exportación, aportan significativamente a garantizar la seguridad alimentaria de las urbes como la ciudad de Quito. Los bosques del Chocó Andino son un patrimonio natural de todos los ecuatorianos, debido a que albergan una gran biodiversidad de flora y fauna única en el mundo, además, de prestar servicios ecosistémicos como: depurar los ríos que transcurren por la región, mitigar el cambio climático, regular el clima y el ciclo hidrológico (Torres, R., & M. Peralvo. 2019).

1.5 Etapas del monitoreo comunitario de la calidad del agua

1.5.1 Diagnóstico inicial

Inicialmente, se debe hacer un estudio del estado socioeconómico de la comunidad, determinando cuál es el principal uso del suelo dentro de la localidad, costumbres y actividades económicas. Luego se debe investigar sobre la condición de las fuentes de agua, para identificar posibles causas de contaminación (Alem, 2017).

1.5.2 Selección del grupo de trabajo que realizará los monitoreos

Para seleccionar el grupo de monitores y monitoras, se deben tomar las siguientes consideraciones: (UNAM, 2018)

- El grupo de monitoreo debe ser elegido democráticamente y tienen que haber las mismas oportunidades entre hombres y mujeres.

- Se debe convocar a reuniones para identificar a las personas interesadas en ser parte del grupo de monitoreo.
- En la reunión se debe dejar en claro cuáles son las actividades a realizar por el grupo de monitoreo y cuáles son los beneficios de realizar el monitoreo comunitario.
- Definir cómo será la capacitación del grupo de monitoreo, para que puedan realizar las tareas necesarias.

1.5.3 Diseño del monitoreo

Para el diseño del programa de monitoreo, se deben realizar las siguientes actividades: (UNAM, 2018)

- Definir los objetivos del monitoreo.
- Contar con mapas donde se encuentren las microcuencas de interés, para identificar los puntos donde existan focos de contaminación del agua, mismos que ayudarán a definir los puntos de muestreo.
- Se deben identificar los puntos de muestreo en función de los objetivos, por ejemplo, seleccionar puntos aguas arriba y abajo de zonas donde exista contaminación y puntos donde el agua sea utilizada para el consumo humano. También se pueden seleccionar puntos de muestreo estratégicos dentro de Reservas de la Biosfera, para estudiar cómo se relaciona la calidad del agua con los esfuerzos de conservación.
- Finalmente, se deben georreferenciar los puntos y asignarles un nombre y código, luego se debe realizar un inventario o una ficha de cada punto donde se identifiquen aspectos importantes del sitio, como las indicaciones de cómo llegar y si el acceso se puede dar en auto o es peatonal, si el lugar de monitoreo está dentro de una propiedad privada, identificar al propietario con sus datos y los permisos necesarios. También es importante detallar si en alguna época del año, como por ejemplo en temporada lluviosa, el acceso se dificulta o si el monitoreo se puede realizar con normalidad.

1.5.4 Frecuencia del Monitoreo

El monitoreo se debe realizar al menos uno en verano y otro durante el invierno, sin embargo, se recomienda la frecuencia sugerida en la Tabla 2 por Mäkelä y Meybeck, de acuerdo con el tipo de fuente a monitorear. Es importante tener claro que el monitoreo abarca todo el proceso desde la planificación, desarrollo, análisis y presentación de los resultados, mientras que el muestreo se refiere específicamente al procedimiento para tomar muestras representativas de un determinado lugar.

Tabla 2. Frecuencia de monitoreo.

Fuente. Mäkelä y Meybeck 1996.

Cuerpos de Agua	Frecuencia de monitoreo
Ríos o arroyos	Mínimo: 4 veces por año (estacional) Óptimo: 12 veces por año (mensual)
Lagos o presas	Mínimo: 2 por año Óptimo: 4 veces por año
Agua Subterránea	Mínimo: 1 por año para acuíferos muy estables, 2 veces por año para acuíferos aluviales. Óptimo: 4 por año, sobre todo para acuíferos aluviales o muy pequeños

1.5.5 Parámetros para determinar la calidad del agua

El Centro de Comunicación y Desarrollo Andino (CENDA) recomienda que, en el monitoreo comunitario, inicialmente se midan los parámetros de: caudal, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, dureza y temperatura. Luego, se puede aumentar con parámetros biológicos como coliformes fecales y macroinvertebrados acuáticos (Alem, 2017).

La medición de parámetros de calidad de agua no es una fórmula única, y tampoco se utilizan los mismos parámetros para todos los puntos de monitoreo, por el contrario, la determinación de parámetros a medir en una fuente de agua depende de los objetivos del monitoreo y de los principales focos de contaminación. En el Anexo 1 y 2, se detallan los parámetros que se deben medir, de acuerdo con el uso del agua y al tipo de contaminación que es descargada al cuerpo hídrico.

1.5.6 Aspectos Ambientales

En el monitoreo de calidad del agua es importante identificar los principales aspectos ambientales que interactúan con el medio ambiente, para ello es necesario saber que un aspecto ambiental es aquel elemento que nace a partir de la interacción entre una actividad industrial y el medio ambiente, donde dichos aspectos pueden causar impactos tanto positivos como negativos al ambiente. Los aspectos ambientales son propios de cada industria acorde a la actividad que realice, un ejemplo es una empresa cuya actividad es el lavado de coches, el aspecto ambiental en este caso es el “uso del agua”, este aspecto puede a su vez causar un impacto negativo al recurso agua. (Carrillo, 2021)

1.6 Manejo de la información

1.6.1 Almacenamiento de datos

Los datos obtenidos de campo o de laboratorio deben ser sometidos a un proceso de sistematización, con el fin de generar información comprensible para los diferentes actores del monitoreo comunitario. El uso de tecnologías de la información facilita la creación de bases de datos para almacenar los resultados del monitoreo. Actualmente, existen diferentes herramientas idóneas para crear bases de datos como: MySQL o PostgreSQL, sin embargo, para su buen uso se requiere de personal capacitado. También, en el mercado se encuentran aplicaciones pagadas para crear y presentar amigablemente bases de datos. Finalmente, el uso de hojas de cálculo, respaldadas en la nube como por ejemplo (Dropbox, Google Drive, One Drive, etc.) permite sistematizar los datos obtenidos y presentarlos fácilmente (UNAM, 2018)

1.6.2 Interpretación de los datos

Existen varias maneras de interpretar datos del monitoreo comunitario del agua, entre ellos está el uso de gráficos, mapas e índices de calidad del agua (UNAM, 2018).

Uso de gráficos

Los gráficos son una herramienta útil para observar cómo varía el valor de cierto parámetro a lo largo del tiempo y el espacio, y con ello observar tendencias y relacionar los valores, con el sitio y época del año, para así, poder intuir posibles causas de contaminación. (Perevochtchikova et al., 2016)

Uso de Mapas

El uso de mapas permite visualizar de manera práctica cómo varía la calidad del agua en diferentes puntos, y así poder relacionar estos cambios con el uso del suelo y con las condiciones geológicas del lugar, etc. (Zamora et al., 2017). En la Figura 3, se representa un ejemplo, del uso de mapas para ilustrar la calidad del agua espacialmente.

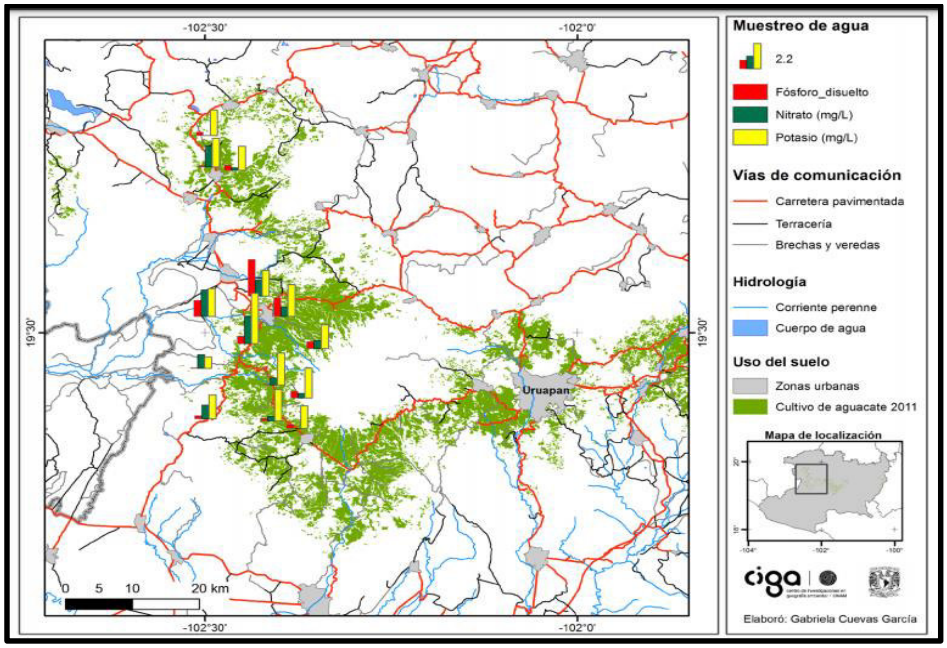


Figura 3. Ejemplo de calidad del agua representada en un mapa.

Fuente. (UNAM, 2018).

Uso de Índice de Calidad del Agua (ICA)

Los Índices de Calidad del Agua (ICA) son herramientas efectivas para estudiar el estado del agua, ya que son una combinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que detallan la calidad de un cuerpo hídrico. El índice de calidad de agua se representa por números, porcentajes, colores o símbolos (Torres et al., 2009).

Entre los índices más utilizados, por la cantidad de parámetros a utilizar y por su practicidad es el Índice de Calidad de Agua (ICA NSF).

1.6.3 Índice de Calidad de Agua (ICA NSF)

El índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA NSF) es el índice más utilizado desde que fue diseñado en la década de 1970, ya que, en comparación a otros índices, este maneja 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, y ha sido una herramienta útil para determinar temporal y espacialmente la calidad del agua de un cuerpo hídrico (Hernández et al., 2016).

1.6.4 Interpretación de los resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA NSF)

Los resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) son un valor numérico comprendido entre 0 y 100, donde los valores cercanos a cero representan un agua de mala calidad y a medida que el resultado se aproxime a 100, la calidad del agua es mejor (Bajaña, 2018).

En la Tabla 3 se muestran los valores del índice de calidad de agua y la calidad a la que corresponde, representado con números y colores.

Tabla 3. Calidad del agua representada con el ICA NSF

Fuente. (Bajaña, 2018).

Valor	Clasificación de la calidad del agua
25	MUY MALA
26 – 50	MALA
51 – 70	REGULAR
71 – 90	BUENA
91 – 100	EXCELENTE

Según varios estudios es posible relacionar el Índice de Calidad del Agua de un río, con el uso que se le pueda dar al agua, de acuerdo con el valor del Índice calculado. La Tabla 4, detalla los posibles usos del agua de acuerdo con el ICA. (Contraloría General del Estado de Bolivia, 2016)

Tabla 4. Usos del agua de acuerdo con el valor del ICA.

Fuente. (Contraloría General del Estado de Bolivia, 2016).

ICA	Abastecimiento público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola	Navegación	Transporte de desechos tratados
100	No requiere purificación	Aceptable para todo tipo de deporte acuático	Aceptable para todo tipo de peces	No requiere purificación	Aceptable	Aceptable
90	Requiere ligera purificación			Requiere purificación para algunos usos industriales y agrícolas		
80	Mayor necesidad de tratamiento					
70		Aún aceptable, pero no recomendable	Escaso margen para la trucha	No requiere tratamiento para uso industrial o agrícola		
60			Dudoso para peces sensibles			
50	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Sólo peces resistentes	Con tratamiento para la mayor del uso industrial y agrícola		
40	Inaceptable	Sólo navegación, evitar contacto con el agua				
30		Aparece contaminación evidente	Inaceptable	Uso muy restringido	Aparece contaminación evidente	
20		Contaminación evidente Inaceptable		Inaceptable	Inaceptable Contaminación evidente	
10						Inaceptable
0						

1.7 Difusión de la información en la comunidad

Existen diferentes medios para difundir la información y resultados del monitoreo comunitario de calidad del agua a la comunidad, entre los más utilizados son:

- Medios orales
- Medios impresos
- Medios digitales

1.7.1 Medios orales

Este medio utiliza la expresión oral como la principal herramienta para difundir la información, esto se puede realizar mediante conversatorios, talleres didácticos y exposiciones.

1.7.2 Medios impresos

Los medios impresos más utilizados son los boletines informativos, revistas y manuales. Estos deben ser didácticos, con términos que sean entendibles para la comunidad y deben contener fotografías, gráficos y mapas para facilitar su entendimiento (UNAM, 2018)

1.7.3 Medios digitales

Los medios digitales tienen la ventaja de poder ser transmitidos a un grupo más amplio de personas, estos pueden contener toda la información de los medios impresos, además de estar en la capacidad de utilizar videos, talleres didácticos, entre otras herramientas, para facilitar el entendimiento de la información.

1.8 Uso de la información

Los estudios de monitoreo de calidad del agua permiten a las comunidades comprender los efectos e impactos ambientales causados por las actividades humanas entorno a los ríos de su localidad, además se pueden presentar propuestas a instituciones gubernamentales, para promover políticas públicas ambientales y sociales. (ENDA América Latina, 2017)

Los resultados de un monitoreo comunitario del agua, debe ser manejado de manera adecuada y estar sustentados en una base de datos, donde todos los actores interesados, puedan comprender lo que representa cada valor de los parámetros analizados. El uso de hojas de cálculo con la ayuda de herramientas estadísticas básicas como la mediana, media y moda, los gráficos y el uso de índice, permiten entender fácilmente cómo varía la calidad del agua. Finalmente tener un registro histórico del monitoreo, permite a los actores locales evidenciar si han funcionado correctamente las políticas públicas relacionadas con cuidado del agua y alertar, en el caso de que exista un cambio brusco en la calidad del agua, sobre cambios en el uso del suelo o identificar el origen de posibles focos de contaminación. (UICN ,2018)

1.9 Normativa

De acuerdo con el Art. 71 de la LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, donde se detalla que “Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades tienen derecho a participar en el uso, usufructo y gestión comunitaria del agua que fluya por sus tierras y territorios como medio para fortalecer su identidad, cultura, tradiciones y derechos, de conformidad con el ordenamiento jurídico”. De acuerdo con lo antes mencionado, el Monitoreo Comunitario del Agua es una herramienta que empodera a las comunidades en términos de gestión del recurso agua.

El Art. 80 de la LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA determina lo siguiente: “Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público”. Por otro lado, la misma ley en mención en su Art. 82 especifica que: “. Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley”. Es decir, las comunidades puedes aplicar mecanismos como el “Monitoreo Comunitarios de Calidad del Agua” para aportar a la vigilancia y protección del recurso agua.

Finalmente, El Art. 33 de la LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA menciona que: “La gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el control, conocimiento y sanción de las infracciones”.

En el Art. 249 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA). menciona que: “Los ecosistemas pueden proveer varios servicios ambientales y, sin perjuicio de otras definiciones y clasificaciones que la Autoridad Ambiental Nacional”. Uno de estos servicios ambientales es el denominado “Servicio de regulación”.

2 METODOLOGÍA

2.1 Definición de los puntos de monitoreo

Para la determinación del sitio de estudio se tomaron en cuenta los principales focos de contaminación en las parroquias de Calacalí, Pacto, Nanegalito y Nanegal, para las cuales se obtuvo que las principales causas se dan por actividades ganaderas, piscícolas, mineras, químicas y descargas domésticas municipales. Una vez analizados los focos de contaminación, se realizaron varias visitas para la identificación de puntos estratégicos en cada comunidad, para así poder obtener información representativa para la línea base. En estas visitas con ayuda de la gente que pertenece a la Mancomunidad se diferenciaron los aspectos ambientales que deterioran la calidad del agua en los principales ríos que abastecen de agua a las parroquias anteriormente mencionadas, estos ríos son: Río Alambi, Río Pishashi, Río Mashpi y Río Pachijal. Cada uno de los ríos posee causas de contaminación diferentes.

Para determinar la ubicación exacta de la toma de muestra y medición de parámetros *in situ* en cada río, se tuvo en consideración la accesibilidad y las localizaciones de las actividades potencialmente contaminantes. Junto con la ayuda de varias personas de las comunidades, por su conocimiento del lugar, se establecieron puntos aguas arriba y aguas abajo de cada río.

Figura 4. Relación comunitaria para acceder a los puntos de muestreo.

2.2 Toma de muestras de las microcuencas Alambi, Pishashi, Pachijal y Mashpi

Para las tomas de muestra en las microcuencas se realizaron planes de muestreo para cada día. El jueves 29 de julio se realizó la toma de muestra de los ríos Pishashi y Alambi, y después de una semana, el jueves 5 de agosto se realizó la toma de muestra de los ríos Mashpi y Pachijal.

El primer río en el cual se realizó la toma de muestra junto con las mediciones de parámetros *in situ* fue el Río Pishashi **(**Figura 5), el cual, aguas abajo se encuentran mineras que pueden llegar a deteriorar la calidad del agua, en consecuencia, se tomaron muestras con botellones de 2 litros de plástico para los análisis de laboratorio, y se realizaron análisis *in situ* aguas arriba previo a las mineras y aguas abajo con el equipo multiparamétrico.

Cabe mencionar que las actividades mineras del sector no se encontraban en operación el día de la toma de muestra y de la medición de parámetros *in situ*, debido a un grupo de personas de la comunidad de Pacto que se oponen a la explotación minera.

Figura 5. Río Pishashi.

El segundo río en el cual se realizó la toma de muestra, junto con las mediciones de parámetros *in situ,* fue el Río Alambi (Figura 6). Este tramo recibe descargas industriales generadas de actividades porcícolas, mataderos y descargas de aguas residuales municipales de la comunidad de Nanegal y Calacalí, por lo cual se consideró tomar muestras igualmente con botellones de plástico de aproximadamente 2 litros y se realizaron los análisis *in situ* aguas arriba y aguas abajo de mencionados factores con el multiparámetro.

Figura 6. Río Alambi.

El tercer río del cual se realizó la toma de muestra junto con las mediciones de parámetros *in situ* fue el Río Mashpi **(**Figura 7), el cual se conoce que aguas abajo del mismo se encuentran piscícolas, cultivos de palmito y aguas residuales municipales de la zona, por lo cual se consideró tomar muestras y realizar análisis aguas arriba y aguas abajo del rio.

Figura 7. Río Mashpi.

El cuarto río, al cual se realizó la toma de muestras fue el Río Pachijal **(**Figura 8). También existen, aguas abajo del punto de monitoreo, descargas de porcícolas y aguas negras municipales de la zona, por lo cual se optó por tomar muestras y realizar los análisis aguas arriba y aguas abajo de mencionadas descargas.

Figura 8. Río Pachijal.

Se tomaron muestras simples en los puntos mencionados, para lo cual se tomó como guía metodológica la normativa INEN 2226 (Figura 9), en recipientes, de plástico, y vidrio ámbar, esto en función de los análisis a realizar y el tipo de preservante que se añadió cuando fue necesario en cada caso en particular (Tabla 5). Algunos análisis fueron realizados en el laboratorio de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), mientras que otros fueron realizados en el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM).

Figura 9. Toma de muestra.

Tabla 5. Almacenamiento y CONSERVACIÓN de las muestras.

Fuente. Norma INEN 2226.

Parámetro	Recipiente	Preservación	conservación
Oxígeno Disuelto	V		
pH	V		
Conductividad	V		
Turbidez	V		
Solidos Disueltos	V		
DBO_5	V	Refrigerar de 2 a 5°C	24 horas
DQO	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar H2SO4 hasta pH < 2	5 días
Nitritos	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar H2SO4 hasta pH < 2	24 horas
Nitratos	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar H2SO4 hasta pH < 2	24 horas
Fosfatos	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C	24 horas
Sulfatos	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C	1 semana
Hierro	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C	24 horas
Tensoactivos	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C	24 horas
Manganeso	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C	24 horas
Coliformes Fecales	P	Refrigerar entre 2 y 5 °C	24 horas
Cobre	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar HNO3 hasta pH < 2	1 mes
Mercurio	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar HNO3 hasta pH < 2	1 mes
Hierro	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar HNO3 hasta pH < 2	1 mes
Cianuro	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar NaOH hasta pH 12	1 mes
Arsénico	V	Refrigerar entre 2 y 5 °C , agregar HNO3 hasta pH < 2	1 mes

Las concentraciones en todas las muestras fueron de 2 ml de preservante por cada 2 l de muestra.

2.3 Análisis *in situ* y de laboratorio de las microcuencas Alambi, Pishashi, Pachijal y Mashpi

2.3.1 Análisis *in situ*

Los análisis *in situ* que se realizaron en todas las microcuencas fueron: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, turbidez y sólidos disueltos totales, estos parámetros se midieron con el multiparámetro de la Mancomunidad del Chocó Andino (Marca HANNA “HI 98194 Medidor Multiparamétrico”) Figura 10. Se realizó una medición por parámetro en cada punto. Esto, con la intención de comprobar que funcione correctamente y sirva para posteriores análisis que se realizarán.

Figura 10. HANNA “HI 98194 Medidor Multiparamétrico.

Temperatura

Se tomaron medidas de la temperatura climática del entorno de las microcuencas y también de la temperatura a la que se encontraba en ese momento el agua de los ríos, esto se realizó con el multiparámetro. Se utilizó un balde para colocar la muestra. Se limpió con agua destilada la sonda del multiparámetro antes de colocarla en la muestra y luego se esperó a que se estabilice los datos de temperatura.

Precisión del equipo:

±0. 15 ° C; ±0.27 ° F; ±0.15K

Oxígeno Disuelto (OD)

En el oxígeno disuelto se midió tanto la concentración de OD, como el porcentaje de saturación. Para su respectivo análisis se limpió bien la sonda y se secó con cuidado, posteriormente se colocó la sonda del multiparámetro en la muestra y se esperó a que los valores de OD se estabilizaran.

Precisión del equipo:

0.0 a 300.0%: ±1. 5% de lectura o ±1. 0% cual sea mayor;

300.0 a 500.0%: ±3% de la lectura;

0.00 a 30.00 ppm (mg/L): ±1. 5% de la lectura o ±0. 10 ppm (mg/L), cual sea mayor;

30.00 ppm (mg/L) a 50.00 ppm (mg/L): ±3% de la lectura

Potencial Hidrógeno (pH)

Para la medición de pH se utilizó igualmente el multiparámetro de la MCA, la sonda previamente calibrada y enjuagada con agua destilada, se introdujo en la muestra y se esperó a que se estabilice el dato del pH.

Precisión del equipo:

±0. 02 pH

Conductividad Eléctrica (CE)

En la medición de la conductividad eléctrica (CE) se utilizó el multiparámetro, previamente calibrado. Para ello se introdujo la sonda en la muestra dentro del balde y se dio inicio a la medición del parámetro descrito en unidades de µS/cm. Después de un tiempo, los valores se estabilizaron y se anotaron en la hoja de registro.

Precisión del equipo:

±1% de lectura o ±1 µS/cm cual sea mayor

Turbidez o Turbiedad

La turbidez se midió con el turbidímetro del laboratorio de la ESFOT (Marca HACH Serie 2100Q) Figura 11. Para su medición se verificó que todas las celdas se encuentren limpias y sin ninguna fisura, una vez asegurado el buen estado del equipo se procedió a verificar su funcionamiento con un estándar de 10 NTU, en donde se colocó "verificar" y se observó que estuviera calibrado. Cuando todo se encuentre en buen estado se procedió a colocar la muestra en uno de los recipientes vacíos, se limpió bien, se colocó en la celda del turbidímetro y finalmente se midió, para proceder luego al registro de los datos de turbidez.

Figura 11. Turbidímetro del laboratorio de la ESFOT (Marca HACH Serie 2100Q).

Sólidos Disueltos Totales (SDT)

El multiparámetro HANNA de la MCA tiene la capacidad de medir SDT por lo que su utilización fue indispensable para la obtención de este parámetro. Una vez enjuagado con agua

destilada las sondas del multiparámetro se prosiguieron a colocarlo en la muestra durante cierto tiempo hasta que los datos se estabilizaron.

Precisión del equipo:

±1% de de lectura o ±1 ppm (mg/L), cual sea mayor

Además de estos parámetros, también se registraron los datos de la ubicación geográfica de cada punto con el GPS del laboratorio de Tecnología Industrial de la ESFOT (Marca GARMIN GPSMAP 64x) y el caudal con el flujómetro, como se puede observar en la Figura 12.

Figura 12. GPS y flujómetro.

Los parámetros *in situ* se midieron en dos días (29 de julio y 05 de agosto) en el siguiente orden y horas.

Para el Río Chirape (Pishashi) se midió el día 29 de julio del 2021 a las 10:40 aguas arriba y aguas abajo a las 12:30.

Para el Río Alambi se midió el día 29 de julio del 2021 a las 15:15 aguas abajo y aguas arriba a las 17:00.

Para el Río Mashpi se midió el día 05 de agosto del 2021 a las 12:40 aguas arriba y aguas abajo a las 13:30.

Para el Río Pachijal se midió el día 05 de agosto del 2021 a las 16:00 aguas abajo y aguas arriba a las 17:00.

2.3.2 Análisis de laboratorio

Laboratorio Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT)

Todos los análisis realizados en el laboratorio de la Tecnología Industrial detallados en los Anexos 5 al 8 se hicieron bajo las recomendaciones del manual HACH, como guía metodológica con ayuda del Espectrofotómetro (Marca HACH UV-Vis modelo DR 1900), como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros medidos utilizados en el laboratorio de la ESFOT.

Parámetro	Método
Cobre (Cu)	Method 8506 (CuVer 1)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Method 5220 D
Fosfatos (PO_4^{-3})	Method 8048 (PhosVer 3®)
Hierro Total (Fe)	Method 8008 (FerroVer®)
Manganeso (Mn)	Method 8149 1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method1
Nitratos (NO^{3-})	Method 8171 (NitraVer®)
Nitritos (NO^{2-})	Method 8507 (NitriVer® 3)
Sulfatos (SO_4^{-2})	Method 8051 (SulfaVer 4)

Laboratorio Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM)

Estos análisis fueron realizados por analistas del mismo laboratorio acreditado. Los parámetros analizados en el CICAM fueron los que se detallan en la Tabla 7. Los valores reportados por el laboratorio se presentan en los Anexos 9 al 16.

Tabla 7. Parámetros medidos en el laboratorio del CICAM.

Parámetro	Método	Acreditación
Arsénico (As)	Absorción atómica / EPA 7010	No acreditado
Cianuro (CN)	PE-23 / SM Ed.23, 2017, 4500 CN-E / Espectrofotometría VIS	No acreditado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	PE-06 / SM Ed.23, 2017, 5210 B / Volumetría	N° OAE LE 2C 06-012
Mercurio (Hg)	Absorción atómica / EPA 7470 A	No acreditado
Nitrógeno Total (Kjeldahl)	SM Ed. 23, 2017, 4500 – Norg. C / Volumetría	No acreditado
Plomo (Pb)	Absorción atómica / EPA 7010	No acreditado
Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-03 / SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS	N° OAE LE 2C 06-012

Nota: Un laboratorio acreditado es aquel cuyos resultados analíticos, han sido validados técnicamente y son fiables.

2.4 Capacitaciones teóricas sobre calidad del agua, muestreo y monitoreo continuo de parámetros importantes

Para las capacitaciones teóricas sobre la importancia de realizar un monitoreo comunitario de la calidad del agua se realizaron charlas mediante la aplicación “Zoom” a la gente convocada por la MCA, como se observa en la Figura 13, para ser los próximos capacitadores y monitores de la misma. Las charlas se impartieron durante 2 días y en ellas se expusieron conocimientos básicos sobre lo que es la contaminación, la calidad del agua, el monitoreo, el monitoreo comunitario, los parámetros que se pueden medir *in situ*, el uso del multiparámetro y la toma de muestra en ríos y en viviendas.

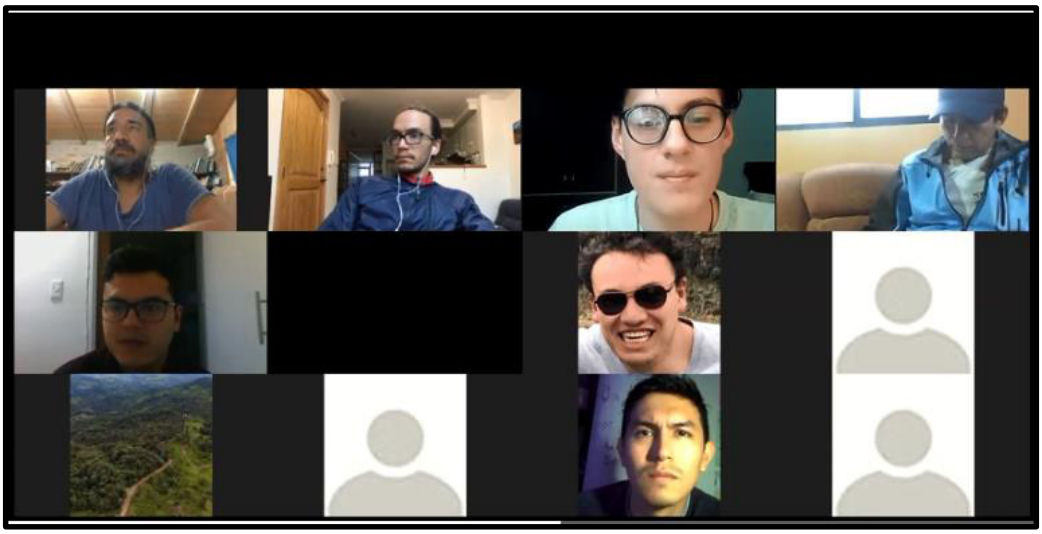


Figura 13. Capacitación a las personas de la comunidad, realizada el 22 de marzo del 2021.

2.5 Capacitación práctica sobre el uso y la calibración del equipo multiparámetro de la MCA

Para las capacitaciones prácticas a las personas convocadas por la MCA, se realizó una visita a la Reserva *Inti-llacta*, donde se llevaron a cabo varias actividades previstas en las capacitaciones teóricas como: toma de muestra, uso del multiparámetro, conservación de muestra, entre otras como se muestra en la Figura 14. En esta capacitación se utilizó el multiparámetro del laboratorio de la ESFOT debido a que el funcionamiento es similar al multiparámetro propio de la MCA.

En la capacitación existieron varias preguntas sobre las unidades de medida de los parámetros que se pretendían analizar, las cuales fueron respondidas y aclaradas en su momento, los análisis a monitorear fueron:

- pH
- Temperatura
- Oxígeno Disuelto
- Sólidos Disueltos
- Conductividad

También se realizaron tomas de muestras para análisis de coliformes fecales, el método utilizado para el ensayo de coliformes fue la utilización de Kits de petrifilm® 3M, mismos que constan de medios de cultivo que deben ser hidratados con 1 ml de muestra e incubarlos a 37°C por 24 horas, luego se realiza el conteo donde se determina el valor de coliformes en unidades de UFC/ml.

Para un mejor entendimiento y una mejor retención de la información, las personas capacitadas realizaron cada una un análisis completo, es decir, toma de muestra, mediciones con el multiparámetro e interpretación de resultados.

Figura 14. Capacitaciones prácticas sobre el uso del multiparámetro.

2.6 Desarrollo del folleto temático de monitoreo de calidad de agua comunitario y participativo

Para la realización del folleto temático sobre la introducción a la calidad del agua (como se muestra en la portada de este, Figura 15) se tomaron en cuenta varios conceptos básicos de la calidad del agua, su muestreo y monitoreo. El folleto contiene respuestas a preguntas que se realizaron en las capacitaciones tanto teóricas como prácticas, al ser un folleto digital dentro del mismo se pueden encontrar videos de las capacitaciones, videos de ejemplos de lo que es un monitoreo comunitario, imágenes sobre los límites máximos permisibles de cada parámetro para descargas a los ríos, etc.

Para la creación de este folleto se utilizó la aplicación "online.flipbuilder.com" que permite realizar revistas virtuales dinámicas de cualquier tema.

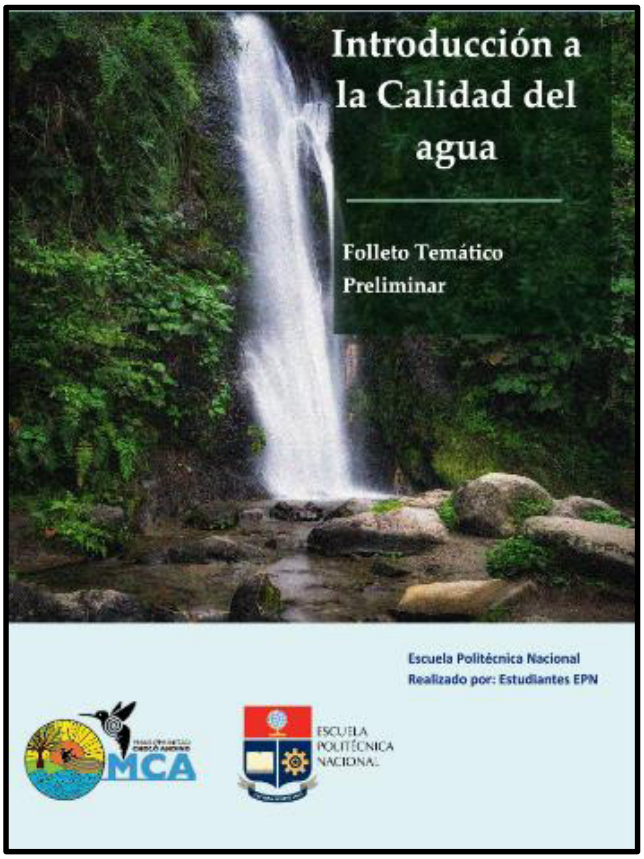


Figura 15. Portada del Folleto Temático sobre la Introducción a la Calidad del Agua.

Posteriormente, se realizó una socialización en la que se dio una breve explicación sobre el uso y el contenido de todo el folleto. Por medio de una reunión en Zoom, a la cual asistieron personas que pertenecen a la Red de Jóvenes de la MCA. Se aclararon dudas sobre el folleto y también se conversaron temas sobre realizar una capacitación presencial más sobre la guía práctica.

2.7 Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA NSF)

El Índice de calidad de agua (ICA NSF), se calculó en función de los parámetros que utiliza, cada parámetro tiene una ponderación de acuerdo con la afectación ambiental que este produzca (Jiménez & Vélez, 2006).

El índice se calcula con la siguiente expresión.

$$WQI = \sum_{i=1}^{9} W_i \times Q_i \quad [1]$$

Donde:

Wi: Factor de ponderación o importancia del parámetro.

Qi: Es el factor de escala, depende del valor medido de cada parámetro y se calcula en base a curvas propias de cada parámetro.

En la Tabla 8, se detallan los 9 parámetros que utiliza el método, con su respectiva ponderación.

Tabla 8. Parámetros con su respectiva ponderación del Índice de Calidad de Agua (ICA NSF).

Fuente. (Bajaña, 2018).

Parámetro	Unidad	Peso Relativo
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	0,11
Oxígeno Disuelto (OD)	(mg L^{-1})	0,17
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	(mg L^{-1})	0,11
Temperatura (T)	(°C)	0,10
Turbidez (TU)	NTU	0,08
Sólidos Totales Disueltos (STD)	(mg L^{-1})	0,07
Fosfatos (PO_4^{3-})	(mg L^{-1})	0,10
Nitratos (NO_3^-)	(mg L^{-1})	0,10
Coliformes fecales (CF)	(NMP 100 ML^{-1})	0,16

2.7.1 Cálculo del factor Qi

El cálculo del factor Qi se realizó en base a curvas propias de cada parámetro, diseñadas con la media aritmética y un intervalo de confianza del 80%, como se detalla en el Anexo 3. (Bajaña, 2018).

Diferentes autores han diseñado fórmulas experimentales sobre base la base de gráficos específicos de cada parámetro para encontrar el valor de “Qi”, sin embargo, de manera práctica, se puede encontrar el valor de “Qi” con interpolación utilizando las gráficas del Anexo 3.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Definir el estado de la calidad del agua en puntos específicos de las microcuencas de los ríos Alambi, Chirape, Pachijal y Mashpi

Para el presente objetivo, se busca generar una línea base, para conocer el estado de los ríos previo al monitoreo comunitario. Para ello se escogieron los tipos de análisis de acuerdo con las posibles causas de contaminación.

La identificación y georreferenciación de los puntos de monitoreo se realizaron con el GPS del laboratorio de la ESFOT como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Datos de los puntos de monitoreo detallado en el mapa del Anexo 4. GPS del laboratorio de la ESFOT (Marca GARMIN GPSMAP 64x)

Río	*Código del punto*	*Coordenadas UTM WGS84*	*Altitud (msnm)*
Pishashi	*RC001*	*17 N 747479, 16965*	*1132*
Pishashi	*RC002*	*17N 749207, 18020*	*1037*
Alambi	*RA001*	*17N 773772, 00529*	*2577*
Alambi	*RA002*	*17N 758582, 15625*	*1085*
Pachijal	*RP001*	*17N 753059, 02497*	*1574*
Pachijal	*RP002*	*17N 729550, 17793*	*513*
Mashpi	*RM001*	*17N 733067, 18564*	*530*
Masphi	*RM002*	*17N 730940, 20612*	*498*

Además, se identificaron aspectos ambientales en cada uno de los puntos seleccionados.

Tabla 10. Aspectos ambientales contaminantes de cada río.

Ríos	Aspectos ambientales contaminantes
Río Alambi	-> Aguas residuales industriales -> Aguas residuales municipales -> Agua residual de limpieza de chancheras -> Aguas residuales de camales
Río Pishashi	-> Descargas de actividades mineras
Río Mashpi	->Aguas residuales municipales -> Descargas de actividades piscícolas -> Descargas de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas)
Río Pachijal	-> Aguas residuales municipales -> Descargas de actividades piscícolas -> Agua residual de limpieza de chancheras -> Aguas residuales de camales

3.1.1 Resultados de los puntos de río Chirape

Las mediciones no se realizaron directamente en el río Chirape, ya que el acceso no era fácil y se consideró que era más representativo medir la calidad de los puntos del río Pishashi, ya que, esta es una microcuenca del río Chirape, y durante el transcurso, desde su nacimiento hasta que descarga sus aguas en este último cuerpo de agua, existen mineras, que, según personas de la comunidad, ocasionalmente han contaminado esta microcuenca. Es importante recalcar que, en el día del monitoreo, según personas de la comunidad de Pacto, las mineras no estaban operando desde hace algunas semanas. Por lo tanto, la línea base del estado del río Pishashi en los puntos seleccionados no presenta influencia de actividades mineras. En la Tabla 11, se encuentran los resultados del río Pishashi.

Tabla 11. Resultados de los puntos del río Pishashi.

Río Pishashi				
Tipo de análisis	Parámetros	Unidad	Resultado de cada punto	
			RC001	RC002
Insitu	Caudal	l/s	53.76	1323
	Temperatura ambiente	°C	27	23.63
	Temperatura del agua	°C	20.95	21.95
	pH	-	7.69	8.25
	Conductividad	µsm/cm	188	167
	Sólidos disueltos	mg/l	94	64
	Oxígeno disuelto	mgO2/l	5.02	3.97
	% deSaturación de oxígeno disuelto	%Sat de O2	75.7	60.4
	Turbidez	NTU	1.49	2.89
Laboratorio	Manganeso	mg/l	0.061	0.01
	Cobre	mg/l	0.04	0
	Hierro	mg/l	0.14	0.02
	Plomo	mg/l	<0.005	<0.005
	Mercurio	mg/l	<0.001	<0.001
	Arsénico	mg/l	<0.005	<0.005
	Cianuro	mg/l	<0.01	<0.01
	Sulfatos	mg/l	0	0
	DQO	mg/l	5	<2
	Coliformes fecales	UFC/100ml	$1x10^2$	$1x10^3$

3.1.2 Resultados de los puntos de río Alambi

El río Alambi es uno de los más amenazados por actividades antrópicas, ya que recibe el agua residual provenientes de la parroquia de Calacalí, que es una zona donde existen industrias de: textiles, jabones, camales, etc. Por ello el punto RA001, que se encuentra a las afueras de Calacalí, es el más contaminado del presente estudio. Es importante recalcar que el punto RA002, que se encuentra a las afueras de la parroquia de Nanegal presenta en general una contaminación menor al primer punto antes mencionado, con ello se puede ejemplificar como los bosques del Chocó Andino aportan a la autodepuración de los ríos que transcurren por ellos. En la Tabla 12, se detallan los resultados obtenidos del río Alambi.

Tabla 12. Resultados de los puntos del río Alambi.

Río Alambi				
Tipo de análisis	**Parámetros**	**Unidad**	**Resultado de cada punto**	
			RA001	RA002
Insitu	Caudal	l/s	11.2	8439
	Temperatura ambiente	°C	20	25
	Temperatura del agua	°C	16.9	21
	pH	-	7.58	8.27
	Conductividad	µsm/cm	1085	145
	Sólidos disueltos	mg/l	502	72
	Oxígeno disuelto	mgO2/l	3.43	3.77
	% deSaturación de oxígeno disuelto	%Sat de O2	52.7	59.3
	Turbidez	NTU	144	5.19
Laboratorio	Manganeso	mg/l	0.71	0.032
	Hierro	mg/l	4.8	0.02
	Nitritos	mg/l	0.09	0.01
	Nitratos	mg/l	6	6.1
	Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	32.2	<1
	Fosfatos	mg/l	10.1	0.31
	Sulfatos	mg/l	290	500
	Tensoactivos aniónicos totales	mg/l	6.4	0.15
	DQO	mg/l	140	6
	DBO5	mg/l	65	<2
	Coliformes fecales	UFC/100ml	$5.3x10^7$	$4.8x10^3$

3.1.3 Resultados de los puntos de río Masphi

A lo largo del transcurso entre los puntos RM001 y RM002, se realizan actividades, principalmente agrícolas, ya que hay extensos cultivos de palmito, además, de existir una piscícola. Según información de personas locales la piscícola abre las piscinas a determinada hora del día y por cuestiones logísticas no se pudo realizar el análisis del río a esa hora. Por ello, los datos obtenidos para la línea base del estado del río no contemplan las descargas de la piscícola. La Tabla 13 detalla los resultados de los puntos del río Mashpi.

Tabla 13. Resultados de los puntos del río Mashpi.

Río Masphi				
Tipo de análisis	**Parámetros**	**Unidad**	**Resultado de cada punto**	
			RM001	RM002
Insitu	Caudal	l/s	1846.8	3108
	Temperatura ambiente	°C	26	27
	Temperatura del agua	°C	24.5	23.3
	pH	-	5.33	5.58
	Conductividad	µsm/cm	55	48
	Sólidos disueltos	mg/l	35	31
	Oxígeno disuelto	mgO2/l	4.8	4.1
	% deSaturación de oxígeno disuelto	%Sat de O2	72.5	68.2
	Turbidez	NTU	0.08	0.64
Laboratorio	Manganeso	mg/l	0.24	0.033
	Hierro	mg/l	0.01	0.04
	Nitritos	mg/l	0.009	0.005
	Nitratos	mg/l	9	8
	Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	<2	<2
	Fosfatos	mg/l	0.42	0.45
	Sulfatos	mg/l	<0.01	<0.01
	DQO	mg/l	<2	<2
	DBO5	mg/l	<2	<2
	Coliformes fecales	UFC/100ml	$1x10^1$	$9.5x10^1$

3.1.4 Resultados de los puntos de río Pachijal

Los tipos de análisis para el río Pachijal se seleccionaron con la consideración que está expuesto a las siguientes fuentes de contaminación: chancheras, agricultura, ganadería y aguas residuales municipales, posteriormente, se obtuvo los resultados de la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados de los puntos del río Pachijal.

Río Pachijal				
Tipo de análisis	Parámetros	Unidad	Resultado de cada punto	
			RP001	RP002
Insitu	Caudal	l/s	771.12	2706
	Temperatura ambiente	°C	22	28
	Temperatura del agua	°C	19.5	24.7
	pH	-	5.74	5.68
	Conductividad	µsm/cm	90	69
	Sólidos disueltos	mg/l	39	45
	Oxígeno disuelto	mgO2/l	3.77	3.54
	% deSaturación de oxígeno disuelto	%Sat de O2	57.2	59.6
	Turbidez	NTU	2.5	0.93
Laboratorio	Manganeso	mg/l	0.034	0.036
	Hierro	mg/l	0.08	0.03
	Nitritos	mg/l	0.02	0.016
	Nitratos	mg/l	0.3	0.2
	Nitrógeno Kjeldahl	mg/l	<2	<2
	Fosfatos	mg/l	3.15	0.43
	Sulfatos	mg/l	32	16
	DQO	mg/l	<2	<2
	DBO5	mg/l	<2	<2
	Coliformes fecales	UFC/100ml	$6.4x10^2$	$6x10^1$

3.1.5 Presentación e interpretación de los datos

Índice de Calidad del Agua (ICA) de los puntos monitoreados

Sobre la base de los cálculos del Índice de Calidad del Agua (ICA NSF), se detallan los resultados obtenidos en la Tabla 15.

Tabla 15. Índice de Calidad del Agua de los puntos de monitoreo.

		ICA por parámetro										
Río	Puntos	pH	OD	DBO5	Temp	Turnidez	SDT	Fosfatos	Nitratos	Coliformes Fecales	ICA Total	Clasificación
Pishashi	RC001	9.5	15.2	8.0	6.6	7.6	6.0	-	-	8.4	61	Regular
	RC002	8.4	10.2	10.0	8.5	7.4	6.1	-	-	3.7	54	Regular
Alambi	RA001	9.5	8.2	0.2	8.0	0.4	1.4	0.2	7.0	0.3	35	Mala
	RA002	8.3	9.9	10.0	7.6	7.0	6.1	8.1	7.0	2.1	66	Regular
Masphi	RM001	4.0	14.2	10.0	9.0	7.8	6.0	7.5	5.5	12.8	77	Buena
	RM002	4.7	12.7	10.0	7.7	7.7	5.9	7.3	6.0	8.4	71	Buena
Pachijal	RP001	5.1	9.3	10.0	8.2	7.4	6.0	2.1	9.9	4.3	62	Regular
	RP002	5.0	9.9	10.0	7.9	7.7	6.1	7.4	9.9	9.2	73	Buena

Los valores calculados del ICA muestran, bajo los criterios de la metodología aplicada, la calidad del agua en los puntos determinados y en un tiempo específico; para el presente estudio, el monitoreo fue llevado a cabo durante la época de verano. A continuación, se presenta la discusión de resultados, sobre los valores del ICA y las posibles causas, de dicho valor.

Rio Pishashi

El ICA calculado en ambos puntos del río Pishashi está en un intervalo donde se considera que el agua es de calidad regular. Si bien el principal interés de análisis de la calidad del agua de este río fue determinar la influencia de las actividades mineras aledañas a la zona, estas no son las causantes del valor del presente ICA, ya que, según personas de la comunidad, desde hace algún tiempo no se había realizado explotación minera, por lo tanto, las posibles causas del valor del ICA medido podrían ser descargas residuales de actividades agrícolas, descargas de hogares y actividades de recreación en dicho río. Por otro lado, es importante resaltar que el presente análisis puede utilizarse como una base de cómo es la calidad del agua en los puntos seleccionados en determinada época del año cuando no hay actividades mineras que amenacen la calidad del agua del río.

Rio Alambi

La calidad del agua de los puntos seleccionados del río Alambi presenta la mayor contaminación respecto a los demás puntos y eso se refleja en su ICA, por ejemplo, el punto “RA001”, fue el que presentó el menor valor del ICA, debido a que este cuerpo de agua recibe descargas industriales y municipales provenientes de la parroquia de Calacalí. El punto seleccionado aguas abajo “RA002” presentó un ICA mucho mayor, sin embargo, se encontraban dentro del rango donde el agua es de calidad regular, ya que existen aspectos ambientales como descargas líquidas residuales de chancheras, descargas de la parroquia de Nanegal y actividades agrícolas, que influyen en el valor del ICA.

Río Masphi

El ICA calculado en los puntos del río Masphi fue el que presentó un mayor valor respecto a los demás puntos de los otros ríos, es decir una buena calidad del río en el tramo seleccionado y al momento del muestreo. Los posibles aspectos ambientales que pueden disminuir la calidad del agua del río son cultivos de palmito y descargas de las casas. Sin embargo, en las visitas a la comunidad, se verificó que realizan trabajos, como mingas y plantación de

cierto tipo de vegetación a las orillas del río, que ayuda a evitar la acumulación de sedimentos y basura, incluso se evidenció que cuentan con un sistema de tratamiento biológico a base de camas de lombrices, para el tratamiento de las aguas negras de las casas. A pesar que no se analizó la eficiencia de remoción de este sistema de tratamiento, es indudable que dichas actividades, ayudan a mantener la buena calidad del río.

Río Pachijal

El ICA de los puntos del río Pachijal, se encuentra entre unos valores entre bueno y regular. Si bien los puntos seleccionados no son aledaños a grandes centros poblados, se estima que las posibles causas que puedan bajar su calidad son actividades agrícolas, ganaderas, porcinas y pecuarias.

3.1.6 Posibles usos del agua en los puntos de monitoreo de acuerdo con la norma ecuatoriana

Para el presente análisis se utilizó como normativa aplicable al Acuerdo Ministerial No. 097 A, Anexo 1 del Libro VI, publicada mediante Registro Oficial No. 387 del 04 de noviembre del 2015. Se emplearon las Tablas 1, 2, 3, 5 y 6, donde se presentan los límites máximos permisibles por parámetro, según los diferentes usos del agua de acuerdo con su calidad.

En la Tabla 16, se muestra la comparación de los resultados obtenidos con los criterios de calidad para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional de acuerdo con la Tabla 1 del Acuerdo Ministerial 097 Anexo 1 del Libro VI.

Debido a que el método utilizado para determinar coliformes fecales, se mide en unidades de (UFC/100ml) y en la normativa se utiliza como unidad (NMP/100ml), se utilizó la Ecuación 2, propuesta por petrifilm® 3M para cambiar unidades.

$$[2]\ (\log \text{petrifilm® EC Plate result}) = 0.37 + 0.90 * (\log \text{MPN result})$$

Tabla 16. Comparación de los resultados obtenidos con los criterios de calidad para fuentes para consumo humano y doméstico.

Criterios de calidad para fuentes para consumo humano y doméstico										
Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Río Pishashi		Río Alambi		Río Masphi		Río Pachijal	
			RC001	RC002	RA001	RA001	RM001	RM002	RP001	RP002
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1000	64	836	$1.5x10^6$	4777	5	61	510	37
DBO_5	mg/l	<2	-	<2	65	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/l	<4	5	<2	140	6	<2	<2	<2	<2
Nitratos	mg/l	50	-	-	5	6.1	9	8	0.2	0.2
Nitritos	mg/l	0.2	-	-	0.09	0.01	0.009	0.05	0.016	0.016
pH	-	(6-9)	7.56	8.25	7.58	8,27	5.33	5.58	5.68	5.68
Sulfatos	mg/l	500	<1	<1	290	500	<1	<1	<1	<1
Turbiedad	mg/l	100	1.49	2.89	144	5.19	0.08	0.64	0.93	0.93

En la Tabla 17 se determinó si los valores obtenidos estaban dentro de los límites permitidos en la Tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097 Anexo 1 del Libro VI, donde se detallan los criterios de calidad del agua para fines de preservación de la vida acuática y silvestre. Como se ha mencionado anteriormente. El Chocó Andino es una región mega diversa, por ello es de suma importancia conocer si los cuerpos hídricos de la zona se encuentran en una calidad tal que no afecte a la biodiversidad

Tabla 17. Determinación del cumplimiento de los criterios de calidad para la preservación de vida acuática y vida silvestre en agua dulce.

Criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulces, marinas y estuarios										
Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible para agua dulce	Río Pishashi		Río Alambi		Río Masphi		Río Pachijal	
			RC001	RC002	RA001	RA002	RM001	RM002	RP001	RP002
Oxígeno disuelto	%de saturación	>80	75.7	60.4	52.7	59.3	72.5	68.2	57.2	59.6
DBO5	mg/l	20	-	<2	65	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/l	40	5	<2	140	6	<2	<2	<2	<2
Nitratos	mg/l	13	-	-	6	6.1	9	8	0.3	0.2
Nitritos	mg/l	0.2	-	-	0.09	0.01	0.009	0.005	0.02	0.016
pH	-	6.5-9	7.56	8.25	7.58	8.27	5.33	5.58	5.74	5.68
Arsénico	mg/l	0.05	<0.005	<0.005	-	-	-	-	-	-
Cianuros	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-	-	-
Hierro	mg/l	0.3	0.14	0.02	4.8	0.16	0.01	0.04	0.08	0.03
Manganeso	mg/l	0.1	0.061	0.01	0.71	0.032	0.24	0.033	0.034	0.036
Mercurio	mg/l	0.0002	<0.001	<0.001	-	-	-	-	-	-
Plomo	mg/l	0.001	<0.005	<0.005	-	-	-	-	-	-
Tensoactivos	mg/l	0.5	-	-	6.4	0.11	-	-	-	-

Una de las principales actividades productivas en la Mancomunidad es la agricultura, por ello, en las Tablas 18 y 19, se realizó la comparación de los resultados obtenidos, con las Tablas 3 y 5 del Acuerdo Ministerial 097 Anexo 1 del Libro VI, mismas que detallan la calidad del agua para riego y para uso pecuario.

Tabla 18. Criterios de calidad de aguas para uso agrícola.

Criterios de calidad para fuentes para uso agrícola										
Parámetro	**Unidad**	**Límite máximo permisible**	**Río Pishashi**		**Río Alambi**		**Río Masphi**		**Río Pachijal**	
			RC001	**RC002**	**RA001**	**RA001**	**RM001**	**RM002**	**RP001**	**RP002**
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1000	64	836	$1.5x10^6$	4777	5	61	510	37
Oxígeno Disuelto	mg/l	3	5.02	3.97	3.43	3.77	4.8	4.1	4.77	3.54
Nitritos	mg/l	0.5	-	-	0.09	0.01	0.009	0.05	0.016	0.016
pH	-	(6-9)	7.56	8.25	7.58	8,27	5.33	5.58	5.68	5.68
Sulfatos	mg/l	250	<1	<1	290	500	<1	<1	<1	<1
Hierro	mg/l	5	0.14	0.02	4.8	0.16	0.01	0.04	0.08	0.03
Manganeso	mg/l	0.061	0.01	0.71	0.032	0.24	0.033	0.034	0.036	

Tabla 19. Criterios de calidad de aguas para uso pecuario.

Criterios de calidad para fuentes para uso pecuario.										
Parámetro	**Unidad**	**Límite máximo permisible**	**Río Pishashi**		**Río Alambi**		**Río Masphi**		**Río Pachijal**	
			RC001	**RC002**	**RA001**	**RA001**	**RM001**	**RM002**	**RP001**	**RP002**
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1000	64	836	$1.5x10^6$	4777	5	61	510	37
Nitritos	mg/l	0.5	-	-	0.09	0.01	0.009	0.05	0.016	0.016
Nitratos	mg/l	50	-	-	5	6.1	9	8	0.2	0.2
SDT	mg/l	3000	95	65	502	72	35	31	39	45

La Mancomunidad del Chocó Andino es un destino turístico del país, por las diferentes actividades que se pueden realizar allí, entre las más conocidas son recreativas en ríos y cascadas, por ello es importante conocer la calidad del agua necesaria para el contacto humano. En la Tabla 20, se evidenció si los valores medidos con los criterios de calidad del agua para fines recreativos mediante contacto directo, valores presentes en la Tabla 6 del Acuerdo Ministerial 097 Anexo 1 del Libro VI.

Tabla 20. Comparación de parámetros con los criterios de calidad del agua para fines recreativos mediante contacto primario.

Criterios de calidad para fuentes para para fines recreativos mediante contacto primario.										
Parámetro	**Unidad**	**Límite máximo permisible**	**Río Pishashi**		**Río Alambi**		**Río Masphi**		**Río Pachijal**	
			RC001	**RC002**	**RA001**	**RA001**	**RM001**	**RM002**	**RP001**	**RP002**
Coliformes Fecales	NMP/100ml	200	64	**836**	$\mathbf{1.5x10^6}$	**4777**	5	61	**510**	37
Oxígeno Disuelto	% sat	>80	75.7	60.4	52.7	59.3	72.5	68.2	57.2	59.6
pH	-	(6.5-8.5)	7.56	8.25	7.58	8,27	5.33	5.58	5.68	5.68
Tensoactivos	mg/l	0.5	-	-	**6.4**	0.11	-	-	-	-

3.2 Desarrollar un folleto virtual de monitoreo a nivel comunitario bajo estándares normalizados

Para el presente objetivo, se buscó realizar un folleto virtual de monitoreo en el que se vean detallados todos los conceptos básicos sobre la calidad del agua para sus diferentes usos. Además, dentro del mismo, se encuentra un protocolo de monitoreo con los pasos que se deben seguir para realizar un muestreo de calidad del agua y las mediciones de parámetros *in situ*.

Al ser un folleto virtual, se brinda la oportunidad de poder agregar no solo imágenes, sino también vídeos o enlaces que dirigen a otras páginas web donde se puede encontrar información más detallada de ciertos temas. Los videos ayudan a tener una mejor comprensión de los pasos que se deben seguir dentro de un protocolo de monitoreo de la calidad del agua.

Con el folleto virtual es posible aclarar dudas sobre la contaminación del agua, los pasos para el monitoreo comunitario, los límites máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua superficiales. Todo esto con el fin de poder comparar los resultados que se obtienen de los análisis realizados por los monitores y saber si se encuentran dentro de la norma o no. Además, se mencionan consecuencias a causa del uso de agua contaminada con patógenos.

Para un mejor entendimiento del folleto, se realizó una charla sobre el contenido del mismo, el día 05 de septiembre del 2021 en las cuales se expusieron temas sobre el monitoreo comunitario y los pasos a seguir para la toma de muestra y medición de parámetros *in situ*. Como se observa en la Figura 16, las charlas se realizaron mediante la aplicación *"Zoom",* a las cuales asistieron los representantes de la parroquia de Calacalí y de Nanegalito de la Mancomunidad del Chocó Andino, los mismos que pertenecen a la red de jóvenes y se interesan por temas de calidad ambiental.

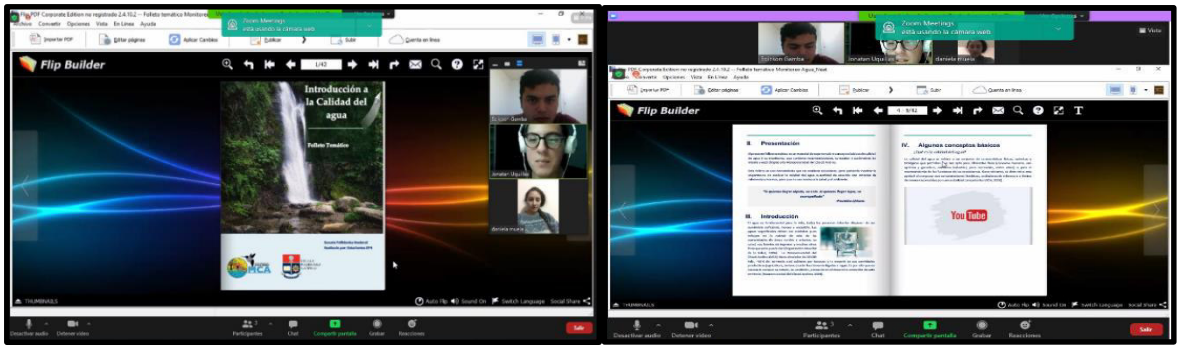


Figura 16. Reunión sobre las indicaciones de uso del folleto virtual.

3.3 Validación de las metodologías de capacitación aplicadas en el protocolo de monitoreo comunitario.

Para poder comprobar que los temas impartidos fueron comprendidos, se realizaron "kahoots" (plataforma que permite la creación de cuestionarios virtuales) en donde se realizaron preguntas sobre los temas que se dictaron en las capacitaciones como se aprecia en la Figura 17. La gran mayoría de las personas obtuvieron el 100% de la calificación, evidenciando que los temas quedaron claros. Existieron dudas en medio de las charlas que se aclararon en el transcurso de éstas.

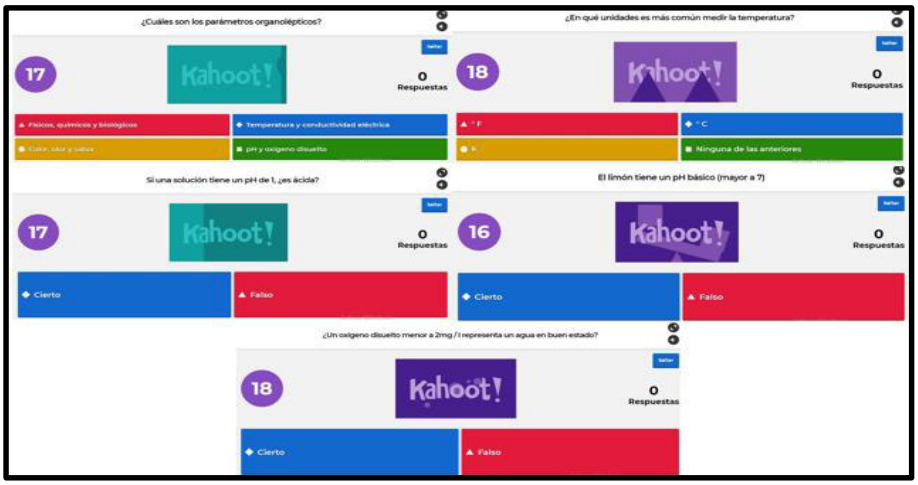


Figura 17. Evidencia de participación de las capacitaciones en Kahoots.

Con una previa socialización sobre el folleto virtual y el protocolo de monitoreo, mismo que se realizó el día 05 de septiembre del 2021 se capacitó a la primera monitora comunitaria de la MCA, quien aprendió a realizar el Monitoreo Comunitario del Agua con todas sus fases.

Para comprobar si los conocimientos sobre el protocolo de monitoreo fueron adquiridos por los participantes, se realizó un simulacro en la finca Thayari. La persona que lideró el monitoreo fue la Ing. Daniela Muela, quien es la primera monitora comunitaria de la MCA y

se contó con la participación de varias personas de diferentes parroquias de la MCA. Se puso en práctica lo estipulado en el protocolo, realizando diferentes procedimientos como: el uso del multiparámetro, la toma de muestras en fuentes de agua superficiales como ríos, procedimiento de curado, etc., cabe recalcar que toda esta información se encuentra en el protocolo de monitoreo. En la Figura 18, se observan las personas que asistieron a la capacitación.

Figura 18. Capacitación para validar las metodologías aplicadas para el monitoreo.

Las mediciones fueron realizadas con el multiparámetro adquirido por la MCA y por los asistentes guiados por la monitora, como se observa en la Figura 19.

Figura 19. Monitoreo Comunitario de Calidad del Agua.

Una de las mejores maneras de evidenciar los resultados de las metodologías aplicadas, fue que la monitora estuvo en la capacidad de explicar a los presentes sobre las actividades relacionadas con el muestreo y el análisis de calidad de agua. Explicó sobre los parámetros a ser medidos, etapas del monitoreo comunitario, uso del multiparámetro y del kit de coliformes, así como el manejo de la información obtenida. En la Figura 20, se observa la capacitación llevada a cabo por la Ing. Daniela Muela.

Figura 20. Acompañamiento durante la capacitación realizada por la primera Monitora Comunitaria de la MCA.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El punto del río Alambi “RA001” presenta un ICA de 35, donde se evidencia alta contaminación del cuerpo de agua, ya que recibe descargas de aguas residuales industriales y municipales, provenientes de la parroquia de Calacalí, en consecuencia, los usos de esta agua son limitados.
- El monitoreo comunitario del agua requiere mantener procedimientos bajo estándares que brinden garantía de los resultados. Esta propuesta puede apoyar con información oportuna sobre la variabilidad de la calidad de agua, pero no puede sustituir a los resultados de laboratorios acreditados
- A excepción del punto RA001, del río Alambi los demás puntos seleccionados de cada río presentan un ICA NSF mayor a 50, con una calidad del agua entre buena y regular, por lo tanto, esta agua, podría ser utilizada para riego, recreación y sometiéndola a algún tipo de tratamiento se podría utilizar para consumo humano.
- Se presenta una línea base de los datos obtenidos en el lugar de muestreo del río Pishashi, en condiciones de verano cuando las mineras de la zona no están operando, por lo tanto, se abre campo para realizar un estudio cuando estas operan, para poder comparar los resultados.
- La estructura del protocolo de monitoreo está diseñada de tal modo, que cualquier persona que haya recibido previamente una capacitación sobre el mismo, pueda entender los términos y ponerlos en práctica para realizar un monitoreo comunitario de calidad del agua.
- El folleto virtual resulta ser indispensable para aclarar cualquier duda que se tenga con respecto a los procedimientos que se deban seguir al momento de realizar un monitoreo comunitario debido a que contiene información sobre los pasos que se deben seguir y algunas sugerencias con respecto a la toma de muestra.
- Se formó a la primera monitora comunitaria de calidad del agua de la MCA, quien quedó con la capacidad de liderar un plan de monitoreo comunitario y llevarlo a cabo, así como transmitir su conocimiento a demás personas de la MCA y así poder formar más monitores locales.

4.2 Recomendaciones

- Es necesario planificar más capacitaciones, para expandir el conocimiento sobre el monitoreo comunitario de calidad del agua, en todas las parroquias de la MCA y así formar monitores y monitoras comunitarios en cada una de ellas.
- Tener en cuenta aspectos de seguridad al momento de realizar los monitoreos comunitarios, para evitar accidentes en las tomas de muestra y también en la medición de parámetros *in situ.*
- Se recomienda realizar los monitoreos de calidad del agua con una frecuencia adecuada (al menos 2 veces al año) para obtener datos que brinden mayo información de la situación en la que se encuentran las principales los ríos de la MCA.
- Adquirir los insumos necesarios para realizar la buena calibración del Multiparámetro de la MCA como: Soluciones de calibración y solución amortiguadora para la sonda de pH, permite asegurar que las mediciones del equipo sean más exactas.
- Es importante generar un mecanismo de certificación por parte de la MCA, para los monitores comunitarios de calidad del agua, para mejorar los resultados del Monitoreo Comunitario de Calidad del Agua, así como motivar a los futuros monitores y monitoras.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAMBLEA NACIONAL. (2014). LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA REPUBLICA DEL ECUADOR

Alem, N. (2017). *Monitoreo Comunitario del Agua: guía metodológica*. CENDA.

CAO Oficina del Asesor en Cumplimiento/Ombudsman. (2008). *Monitoreo Participativo del Agua Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto*.

Bajaña, L. (2018, noviembre). *CALIBRACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PAUTE, REGIÓN SUR INTERANDINA DEL ECUADOR, BASADO EN EL ACUERDO MINISTERIAL 097-A/2015 DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE)*. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Carrillo, J. L. (2021, 18 febrero). ¿Qué son los aspectos ambientales? Nueva ISO 14001. https://www.nueva-iso-14001.com/2018/04/que-son-los-aspectos-ambientales/

C. & Cen. (2009). *Biología y geología*. Cen Oposiciones

EcoAndes & CONDESAN. (2015, octubre). *Plan de Gestión Territorial Sustentable*.

ENDA América Latina. (2017). *Monitoreo Comunitario Ambiental para acueductos comunitarios campesinos*.

Deutsch, W. G., Romagnoli, O., & Ruiz-Córdova, S. S. (2010b). Manual de monitoreo comunitario del agua: Monitoreo bacteriológico y físico-químico. México, DF: Centro Internacional de Agricultura y Ambientes Acuáticos, GWW Program-Alabama University, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza

Gómez-Duarte, O. (2018). La contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, *66*(1), 7–8. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775

Foro de los Recursos Hídricos, “La gestión comunitaria de agua para consumo humano y el saneamiento en el Ecuador: diagnóstico y propuestas”, 2013.

Hernández, M., Nolasco, H., & Salguero, M. (2016, septiembre). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA NSF Y MODELACIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE EN LA PARTE ALTA DEL RÍO SUQUIAPA, SANTA ANA, EL SALVADOR*.

IDEAM. (2007, noviembre). *INVENTARIO SUCINTO DE LAS INVESTIGACIONES EN CALIDAD DEL AGUA REALIZADOS POR EL IDEAM PERIODO 1995–2006*.

Jiménez, M., & Vélez, M. (2006, octubre). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL*.

Mäkelä, A., & Meybeck, M. (1996). *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. Crc Pr I Llc.

Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial 097-A

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2019) REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE

Perevochtchikova, M., Aponte, N., Zamudio, V., & Sandoval, G. (2016, noviembre). *Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México*.

Torres, R., & M. Peralvo. 2019. Dinámicas Territoriales en el Chocó Andino del DMQ: Estado actual, tendencias y estrategias para la conservación, restauración y uso sostenible. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Secretaría de Ambiente del MDMQ y Fundación Imaymana. Quito, Ecuador.

Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009, mayo). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA*.

UICN (2018). Guía de Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua. Quito – Ecuador: UICN.

UNAM. (2018). *Manual para la Implementación de Programas de Monitoreo Comunitario de la Calidad del Agua*. https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/MIPMCCA.pdf

Zamora, A., Rustrian, H., Sánchez, B., & González, G. (2017). Tecnología SIG para el monitoreo de la calidad del agua en Veracruz. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, *4*(No.13), 36–4

ANEXOS

Uso	Preocupaciones Principales	Químicos			Físicos			Biológicos	
			Kits de pruebas de campo o laboratorio		Campo				
		Campo		Laboratorio	Parámetros	Hábitat	Laboratorio	Campo	Laboratorio
Agua para beber	Bacterias, químicos, sabor	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Nitrato	Lista de analitos WHO	Turbidez		Bacteria		Bacteria
Contacto Humano	Bacterias	pH, oxígeno disuelto, conductividad							Bacteria
Agricultura	Salinidad, metales y contaminantes orgánicos	pH, oxígeneo disuelto, conductividad		Lista de analitos FAO					
Protección de la Vida Acuática	Contaminantes, hábitat	pH, oxígeneo disuelto, conductividad	Nitrato, fosfato	Normas US EPA o Canadá		Estabilidad de riberas, vegetación, cobertura de cursos de agua, rápidos, pozas, recodos	TSS, distribución de tamaño de granos de lecho	Macroinvertebrados, algas	Macroinvertebrados

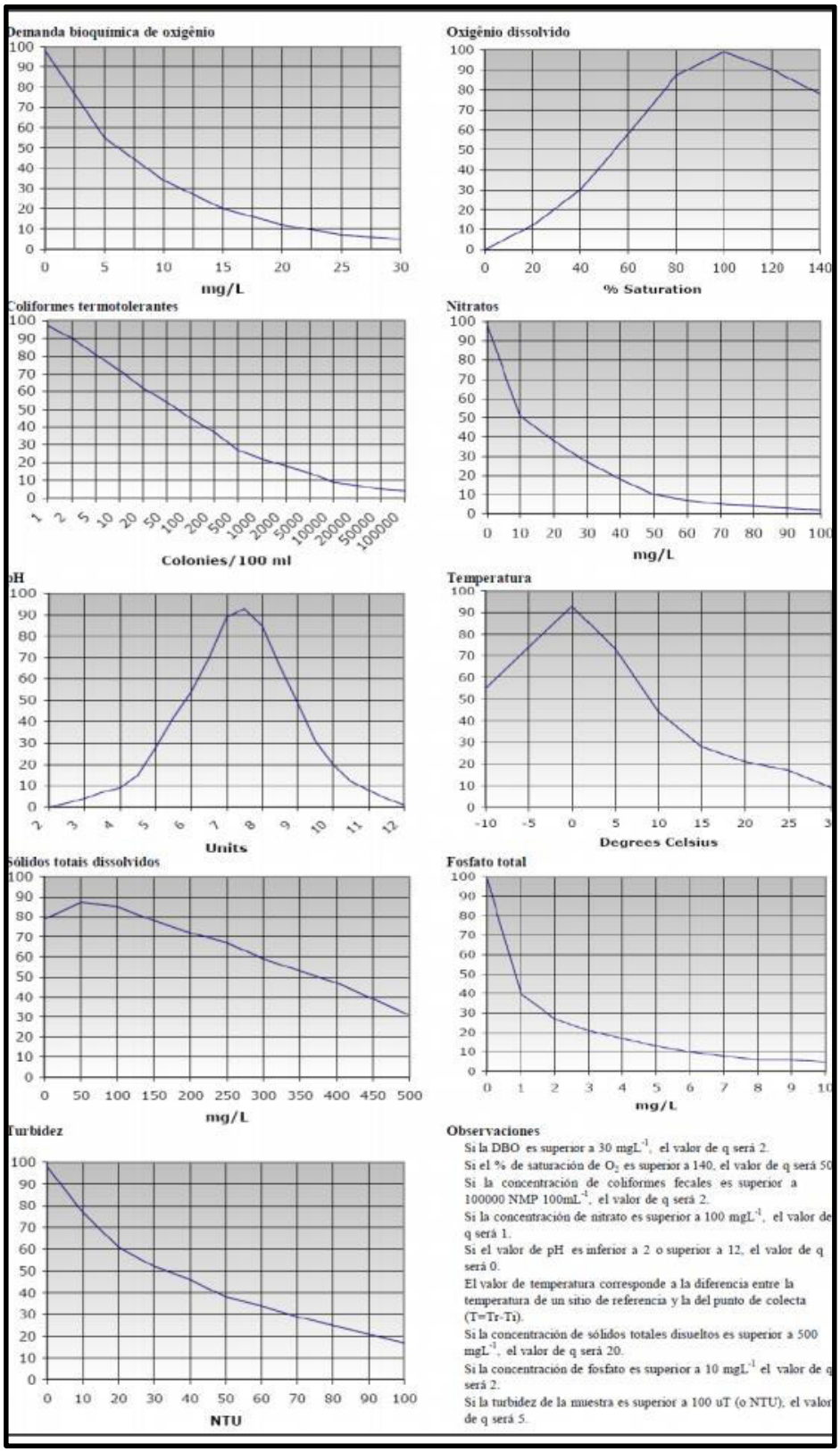
Anexo 1: Parámetros a medir de acuerdo con el uso del agua.

Fuente: (CAO, 2008).

Uso de la Tierra / fuente Potencial	Problemas Principales	Químicos			Físicos			Biológicos	
		Campo	Kits de prueba de campo o laboratorio	Laboratorio	Campo		Laboratorio	Campo	Laboratorio
					Parámetros	Habitat			
Bosques	Sedimentos	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato	Sedimentos suspendidos	Temperatura flujo, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación, cobertura de cursos de agua, rápidos, pozas, recodos	TSS, distribución de tamaño de granos de lecho	Macro-in-vertebrados, algas	Macro-invertebrados
Ganado	Bacterias, nutrientes	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	TSS, distribución de tamaño de granos de lecho	Macro-in-vertebrados, algas	Bacterias macro-invertebrados, algas
Cosechas	Sedimentos, fertil-izantes, herbicidas y pesticidas, salinidad, caudal	pH oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato	Pesticidas, herbicidas	Temperatura, caudal, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	TSS, distribución de tamaño de granos de lecho	Macro-in-vertebrados, algas	Macro-invertebrados
Minería	Sedimentos, drena-jes ácidos, cianuros, metales pesados, cursos de agua	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Alcalinidad algunos metales (hierro, arsénico, cobre) sulfatos	Principales cationes y aniones, metales pesados	Temperatura, flujo, turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación, cobertura de cursos de agua, rápidos, pozas, recodos	TSS, distribución de tamaño de granos de lecho	Macro-in-vertebrados	Macro-invertebrados
Petróleo y Gas	Sedimentos, salin-idad, contaminantes orgánicos, metales pesados, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	TPH	TDS, TPH, aceite y grasa, BOD, COD, fenoles, sulfuros, cloruros	Temperatura, flujo, turbidez		TSS	Macro-in-vertebrados	Macro-invertebrados
Construcción	Sedimentos, produc-tos químicos	pH, oxígeno disuelto, conductividad			Turbidez	Estabilidad de riberas, vegetación	TSS	Macro-in-vertebrados	
Tratamiento de Desagues	Bacterias, nutrientes	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, caudal, turbidez			Macro-in-vertebrados, algas	Bacterias macro-invertebrados, algas
Urbanización	Sedimentos, met-ales, compuestos orgánicos, cursos de agua	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato	TPH, aceite y grasa metales pesados	Temperatura, flujo, turbidez	Estabilidad de riveras, vegetación	TSS	Macro-in-vertebrados, algas	Macro-invertebrados
Presas	Oxígeno disuelto, nitrógeno, caudal	pH, oxígeno disuelto, conductividad	Fosfato, nitrato		Temperatura, caudal, turbidez			Algas	

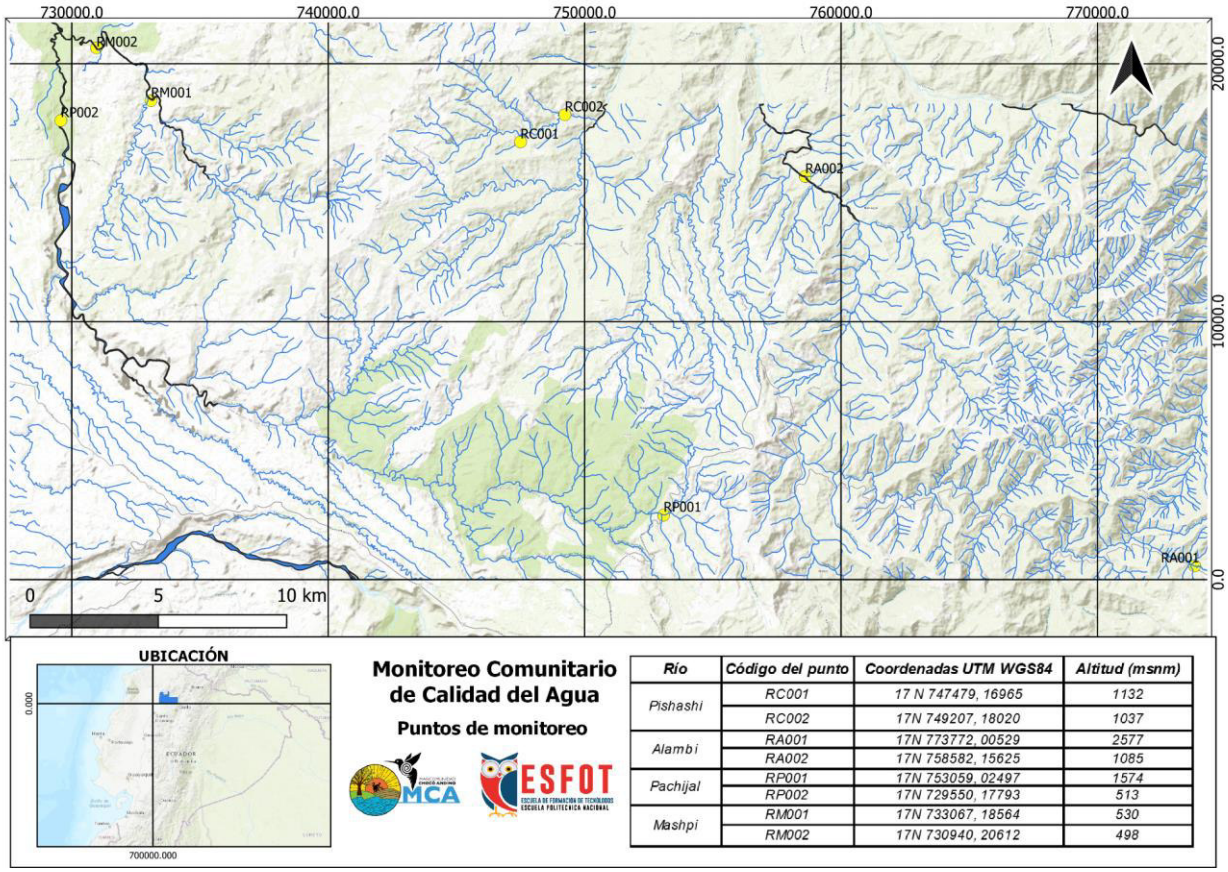
Anexo 2: Parámetros a medir de acuerdo con el tipo de contaminación.

Fuente: (CAO, 2008).



Anexo 3: Curvas para encontrar el factor Qi de cada parámetro.

Fuente: (Bajaña, 2018)



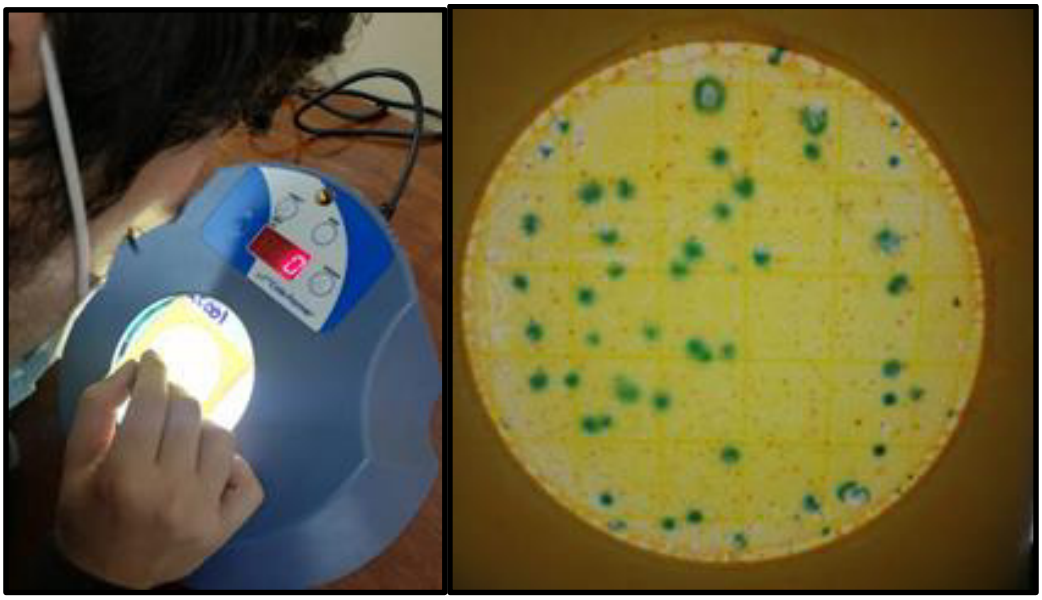
Río	Código del punto	Coordenadas UTM WGS84	Altitud (msnm)
Pishashi	RC001	17 N 747479, 16965	1132
	RC002	17N 749207, 18020	1037
Alambi	RA001	17N 773772, 00529	2577
	RA002	17N 758582, 15625	1085
Pachijal	RP001	17N 753059, 02497	1574
	RP002	17N 729550, 17793	513
Mashpi	RM001	17N 733067, 18564	530
	RM002	17N 730940, 20612	498

Anexo 4: Puntos de monitoreo.

Anexo 5: Medición de metales en el laboratorio de la ESFOT.

Anexo 6: Medición de la DQO en el laboratorio de la ESFOT.

Anexo 7: Medición del manganeso en el laboratorio de la ESFOT.



Anexo 8: Conteo de UFC en el laboratorio de la ESFOT.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 10 de agosto de 2021

No.IRI-21-306

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra Edicson Gamba Vargas
Nombre del Representante:	Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	santiago.guerra@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-07-30
No. Oferta de Servicio:	OF21-191
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-100
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 306
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	03 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	7,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del Chocó Andino"
Fecha de muestreo:	2021-07-29
Rotulación de la muestra:	RA001
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	17N773762, 0000529
Origen de la muestra:	Río Alambi
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[b] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	65
[c] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	32,2
[a] Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)	*mg/L*	6,4

Anexo 9: Resultados de DBO5, nitrógeno total (Kjeldahl) y tensoactivos del Río Alambi (aguas arriba).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-013
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 10 de agosto de 2021

No.IRI-21-307

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra Edicson Gamba Vargas
Nombre del Representante:	Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	santiago.guerra@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-07-30
No. Oferta de Servicio:	OF21-191
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-100
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 307
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	03 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	7,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del Chocó Andino"
Fecha de muestreo:	2021-07-29
Rotulación de la muestra:	RA002
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	17N758582,15625
Origen de la muestra:	Río Alambi Aguas Abajo
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[a] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	< 2
[a] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	< 1,0
[a] Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Anionic Surfactants as MBAS)	*mg/L*	0,11

Anexo 10: Resultados de DBO5, nitrógeno total (Kjeldahl) y tensoactivos del Río Alambi (aguas abajo).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-013
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de agosto de 2021

No.IRI-21-336

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante:	Edicson Gamba Vargas Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	-

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-08-06
No. Oferta de Servicio:	OF21-202
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-105
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 336
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	11 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	11,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del chocó andino"
Fecha de muestreo:	2021-08-05
Rotulación de la muestra:	RM001
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	Río Masphi Agua Arriba
Origen de la muestra:	17N0733067 / 0018564
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[a] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	< 2
[c] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	< 1,0

Anexo 11: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Mashpi (aguas arriba).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 80 06-012
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de agosto de 2021

No.IRI-21-337

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra Edicson Gamba Vargas
Nombre del Representante:	Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	-

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-08-06
No. Oferta de Servicio:	OF21-202
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-105
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 337
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	11 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	11,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del chocó andino"
Fecha de muestreo:	2021-08-05
Rotulación de la muestra:	RM002
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	Rio Masphi Agua Abajo
Origen de la muestra:	17N0730940 / 0020162
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[b] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	< 2
[c] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	< 1,0

Anexo 12: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Mashpi (aguas abajo).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3038864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-002
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de agosto de 2021

No.IRI-21-334

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante:	Edicson Gamba Vargas Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	-

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-08-06
No. Oferta de Servicio:	OF21-202
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-105
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 334
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	11 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	11,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del chocó andino"
Fecha de muestreo:	2021-08-05
Rotulación de la muestra:	RP001
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	Río Pachaijal Agua Arriba
Origen de la muestra:	17N0724552 00177793
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[a] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	< 2
[c] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	< 1,0

Anexo 13: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Pachijal (aguas arriba).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-013 LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de agosto de 2021

No.IRI-21-335

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra
Nombre del Representante:	Edicson Gamba Vargas Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	-

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-08-06
No. Oferta de Servicio:	OF21-202
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-105
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 335
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	11 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	11,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del chocó andino"
Fecha de muestreo:	2021-08-05
Rotulación de la muestra:	RP002
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	Río Pachaijal Agua Abajo
Origen de la muestra:	17N0724550 00177793
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
[a] Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	*mg/L*	< 2
[c] Nitrógeno total (Kjeldahl)	SM Ed.23, 2017, 4500 - Norg- C/ Volumetría	*mg/L*	< 1,0

Anexo 14: Resultados de DBO5, y nitrógeno total (Kjeldahl) del Río Pachijal (aguas abajo).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

CICAM

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 10 de agosto de 2021

No.IRI-21-304

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra Edicson Gamba Vargas
Nombre del Representante:	Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	santiago.guerra@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-07-30
No. Oferta de Servicio:	OF21-191
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-100
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 304
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	7,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del Chocó Andino"
Fecha de muestreo:	2021-07-29
Rotulación de la muestra:	RC001
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	17N0747479, 16965
Origen de la muestra:	Río Pishachi
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plástico	1	Básico

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
(c) Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
(c) Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001
(c) Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005

Anexo 15: Resultados de metales del Río Chirape (Pishashi, aguas arriba).

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador

CICAM

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 10 de agosto de 2021

No.IRI-21-305

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa:	Ing. Santiago Guerra Edicson Gamba Vargas
Nombre del Representante:	Jonatan Josué Uquillas Giacometti
Cédula / RUC:	-
Dirección:	-
Teléfono convencional:	-
Teléfono celular:	-
Correo electrónico:	santiago.guerra@epn.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción:	2021-07-30
No. Oferta de Servicio:	OF21-191
No. Solicitud de trabajo:	ST-21-100
Tipo de servicio:	Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra:	MI-21- 305
Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:	02 al 04 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio:	7,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	"Desarrollo de un sistema de monitoreo comunitario de calidad del agua en la mancomunidad del Chocó Andino"
Fecha de muestreo:	2021-07-29
Rotulación de la muestra:	RC002
Tipo de muestreo:	Puntual
Tipo de muestra:	Agua natural
Lugar de muestreo:	17N749207,18020
Origen de la muestra:	Río Pishachi Aguas Abajo
Responsable de muestreo:	Cliente

Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Plástico	1	No
Plástico	1	Básico

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
(c) Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
(c) Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001
(c) Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005

Anexo 16: Resultados de metales del Río Chirape (Pishashi, aguas abajo).