



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**ESTUDIO ISOTÓPICO DE LAS FUENTES DE AGUA
SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN LA MICROCUENCA
DEL RIO CHIBUNGA, Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA: LÍNEA
BASE**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: ISAAC FERNANDO FIGUEROA TRUJILLO

LUIS ALEXANDER HIDALGO OROZCO

DIRECTOR: Ing. LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA, M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Isaac Fernando Figueroa Trujillo & Luis Alexander Hidalgo Orozco

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, ISAAC FERNANDO FIGUEROA TRUJILLO y LUIS ALEXANDER HIDALGO OROZCO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de marzo 2022.



Isaac Fernando Figueroa Trujillo

060496081-5



Luis Alexander Hidalgo Orozco

060573588-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO ISOTÓPICO DE LAS FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA, Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA: LÍNEA BASE**, realizado por los señores: **ISAAC FERNANDO FIGUEROA TRUJILLO Y LUIS ALEXANDER HIDALGO OROZCO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. José Gerardo León Chimbolema, M. Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JOSE GERARDO LEON CHIMBOLEMA	2022-03-22
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga, M. Sc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: LUIS MIGUEL SANTILLAN QUIROGA	2022-03-22
Ing. Juan Carlos González García, M. Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA	2022-03-22

DEDICATORIA

Este Trabajo se lo dedico a nuestro Padre Creador Dios Todopoderoso por acompañarme en cada momento y permitirme alcanzar una de mis metas, a mis Padres José Ricardo Figueroa Moreno (+) y Rosario Concepción Trujillo Oleas por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años por haberme brindado el apoyo incondicional y enseñarme el inmenso valor del esfuerzo, constancia y responsabilidad al momento de hacer las cosas, a mi Hermana Vanessa que ha sido como una segunda madre y a mi querido sobrino Marcos, a mis familiares y amigos por confiar en mí y a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

Isaac

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi madre y mi abuelita por sus bendiciones y oraciones, pero más que nada, por su amor. A mi padre y hermanos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. A todos quienes fueron pilares fundamentales en el desarrollo de esta tesis y de toda mi carrera universitaria.

Luis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, a mis padres José (+) y Rosario que han sabido darme su ejemplo de trabajo, perseverancia y ser mi motor de vida, a mi hermana Vane por su esfuerzo y dedicación al cuidarme, a mi sobrino Marcos por alegrarme los días con sus ocurrencias, a toda mi familia y amigos por confiar en mí y siempre darme los ánimos para seguir en el camino. De manera especial a la ESPOCH y a mi tutor de tesis el Ing. Miguel Santillán, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta. A lo largo del camino de la vida aprendí que la constancia, dedicación y sobre todo la perseverancia son la clave para llegar al objetivo que uno desea llegar, agradecer a Dios y a toda mi familia que fueron el pilar fundamental para mi crecimiento personal y profesional, mis amigos y profesores que fueron parte de mi proceso en especial a mi tutor Miguelito Santillán. Agradezco también a la ESPOCH por abrirme las puertas y las mismas salir con los conocimientos adquiridos, pero un agradecimiento muy especial para mi abuelita FIDELIA VIZUETE que por muchos años fue la persona que me llevó por el camino del bien y ahora soy la persona que ella sembró, me llevo en el corazón todo el esfuerzo que en vida lo hizo para todos sus nietos, y este objetivo culminado lo dedico a ella con todo el amor infinito que lo voy a llevar en toda la vida, GRACIAS POR TODO. De igual manera agradecemos a los guías Don Marco Villacis y el Lic. Pascual Tacuri que nos ayudaron con la identificación de las fuentes hídricas a lo largo de la provincia de Chimborazo, especialmente a nuestro tutor el Ing. Miguel Santillán por su apoyo incondicional en la dirección y realización de esta tesis, gracias por brindarnos parte de sus conocimientos y medios suficientes para que podamos culminar con éxito el presente trabajo. Asimismo, agradecemos a la Universidad de Padova Italia en especial al laboratorio de ciencia, por ayudarnos con los análisis de laboratorio referentes a isotopía e hidroquímicos con el fin de que podamos tener resultados confiables para una mejor realización del proyecto.

Isaac & Luis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Ciclo hidrológico.....	4
1.3. Agua.....	5
1.4. Ríos.....	5
1.5. Cuenca hidrográfica.....	5
1.6. Clasificación del agua según su origen.....	6
1.6.1. <i>Agua Subterránea</i>	6
1.6.2. <i>Aguas Superficiales</i>	6
1.6.3. <i>Escorrentía Superficial</i>	6
1.7. Lagos.....	7
1.8. Lagunas.....	7
1.9. Isótopos en los estudios de los recursos hídricos.....	7
1.10. Hidrología isotópica.....	7
1.11. Hidrología isotópica ambiental.....	8
1.12. Técnicas Isotópicas.....	8
1.13. Isótopos Estables.....	8
1.13.1. <i>Aplicación De Los Isótopos Estables</i>	9
1.14. Isótopos Radioactivos.....	9
1.14.1. <i>Hidrología Isotópica Artificial</i>	10
1.14.2. <i>Aplicaciones de los isótopos artificiales</i>	10
1.15. Línea meteórica global.....	10
1.15.1. <i>Línea Meteórica local</i>	10
1.15.2. <i>Factor continental</i>	11

1.15.3.	<i>Factor altitudinal</i>	11
1.15.4.	<i>Factor latitudinal</i>	11
1.16.	Hidroquímica del agua	12
1.16.1.	<i>Evolución geoquímica de las aguas subterráneas</i>	12
1.16.2.	<i>Evolución en el suelo</i>	12
1.16.3.	<i>Acuíferos</i>	13
1.16.4.	<i>Evolución en los acuíferos</i>	13
1.17.	Ubicación y puntos de muestreo	14
1.18.	Medición de caudales	14
1.19.	Multiparámetro	14
1.20.	Propiedades Físico-Químicas	14
1.20.1.	<i>Temperatura</i>	15
1.20.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	15
1.20.3.	<i>pH</i>	15
1.20.4.	<i>Los sólidos disueltos totales</i>	15
1.21.	Estratigrafía de la microcuenca	15
1.21.1.	<i>Descripción geológica del acuífero</i>	17
1.21.2.	<i>Hidrogeología del acuífero</i>	17
1.22.	Estrato	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Tipo de investigación	19
2.2.	Metodología	19
2.3.	Espectroscopía de absorción láser	20
2.3.1.	<i>Espectroscopía de absorción láser para el análisis de isótopos de agua estables</i>	22
2.4.	Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción (ICP-MS)	22
2.5.	Determinación hidroquímica del agua	22
2.6.	Área de estudio	22
2.6.1.	<i>Características De Las Microcuencas</i>	24
2.7.	Identificación de las fuentes hídricas y levantamiento de la línea base	25
2.8.	Población de estudio	26
2.9.	Tamaño de la muestra	26
2.10.	Método de muestreo	26
2.10.1.	<i>Técnicas de recolección de datos y muestras</i>	27
2.11.	Análisis estadístico inferencial	27

2.12.	Colocación de colectores lluvia.....	28
2.13.	Selección de puntos de monitoreo y análisis.....	29
2.13.1.	<i>Selección de puntos para los análisis</i>	29
2.14.	Caracterización físico-química.....	31
2.15.	Caracterización hidroquímica	31
2.16.	Caracterización de metales pesados	31

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
3.1.	Determinación de la concentración isotópica de las fuentes superficiales y subterráneas	37
3.2.	Interpretación de la línea meteórica local	38
3.2.1.	<i>Deuterio vs Oxígeno 18</i>	38
3.2.2.	<i>Deuterio vs Elevación</i>	39
3.2.3.	<i>Deuterio Vs temperatura</i>	40
3.3.	Caracterización hidroquímica de las fuentes superficiales y subterráneas	41
3.3.1.	<i>Determinación de concentraciones del análisis hidroquímico mediante el diagrama de piper</i>	41
3.4.	Concentración de metales pesados	48

	CONCLUSIONES	50
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	53
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Interno dello spettroscopio laser.	21
Tabla 2-2:	Características de las microcuencas.....	24
Tabla 3-2:	Análisis Estadístico Inferencial.	28
Tabla 4-2:	Ubicación de colectores lluvia.....	28
Tabla 5-2:	Puntos de muestreo en la microcuenca del Río Chibunga.	29
Tabla 6-2:	Inventario de los parámetros físico químicos de la línea base levantada dentro en la microcuenca del Río Chibunga.	32
Tabla 1-3:	Concentración Isotópica	37
Tabla 2-3:	Concentraciones de los cationes en meq/l.	41
Tabla 3-3:	Concentraciones de los aniones en meq/l.	42
Tabla 4-3:	Concentración de los cationes en porcentajes.....	43
Tabla 5-3:	Concentración de los aniones en porcentajes.....	43
Tabla 6-3:	Resultados de los cationes y aniones en porcentajes.....	44
Tabla 7-3:	Concentraciones de Metales Pesados.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ejemplo de una clasificación para una Cuenca Hidrográfica de Orden 4.	5
Figura 2-1:	Flujos Locales y Regionales.	13
Figura 3-1:	Mapa de ubicación del acuífero del río Chambo.	16
Figura 4-1:	Límites geológicos del acuífero del río Chambo.	16
Figura 5-1:	Mapa Geológico de la subcuenca del río Chambo y sección geológica del acuífero del Chambo.	17
Figura 6-1:	Estratos del subsuelo.	18
Figura 1-2:	Diagrama de funcionamiento del instrumento: fuente láser, celda, detectores.	20
Figura 2-2:	Spettroscopio laser all' interno.	20
Figura 3-2:	Mapa del Área de estudio de la Microcuenca del Rio Chibunga y Ubicación de los puntos de muestreo.	23
Figura 4-2:	Mapa de la Microcuenca del Rio Chibunga según su uso de suelo y sus Efluentes que lo conforman.	25
Figura 5-2:	Ubicación del levantamiento de la línea base y los puntos de muestreo.	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Metodología.....	19
Gráfico 1-3:	Deuterio Vs Oxígeno 18	38
Gráfico 2-3:	Deuterio vs Elevación.....	39
Gráfico 3-3:	Deuterio vs Temperatura.....	40
Gráfico 4-3:	Diagrama de Piper para la muestra S12	45
Gráfico 5-3:	Diagrama de Piper	46
Gráfico 6-3:	Gráfico de tendencias de las concentraciones de las vertientes.	46
Gráfico 7-3:	Gráfico de tendencias de las concentraciones de los Pozos.....	47
Gráfico 8-3:	Gráfico de tendencias de las concentraciones de los Puntos de Río.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: HOJAS DE CAMPO

ANEXO B: DIAGRAMAS DE CAJA

ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS Y LEVANTAMIENTO DE LA
LÍNEA BASE

ANEXO D: DETERMINACIÓN FÍSICO QUÍMICA EN CAMPO

ANEXO E: COLOCACIÓN DE COLECTORES LLUVIA

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración isotópica e hidroquímica de las fuentes de agua superficiales y subterráneas en la microcuenca del río Chibunga, y sus zonas de influencia, se levantó una línea base referente a fuentes hídricas tales como vertientes, pozos, puntos de río, lagunas, se usaron diagramas y sistemas de información geográfica en los resultados obtenidos para ver como sucede la recarga subterránea. Se levantaron 78 puntos de fuentes hídricas los cuales son quince pozos, diez lagunas, 39 vertientes, seis puntos de río y ocho colectores lluvia, se escogieron 36 puntos representativos que presentaban valores altos de conductividad eléctrica para realizar el análisis isotópico (deuterio y oxígeno 18) e hidroquímico, los resultados reflejaron un cambio estacional en la composición isotópica de la precipitación, los valores ligeros de deuterio están asociados al deshielo de los glaciares del volcán Chimborazo, se distinguen dos agrupamientos de diferente composición isotópica, en el primer grupo se tiene agua empobrecida las cuales corresponden a lagunas, pozos, puntos de río; y los valores más enriquecidos corresponden a vertientes subterráneas que se alimentan de la precipitación sin sufrir evaporación, los resultados hidroquímicos clasificaron las muestras como bicarbonatadas cálcicas-magnésicas y bicarbonatadas sódicas-potásicas, ya que son aguas subterráneas, vertientes procedentes del deshielo de los glaciares del volcán Chimborazo, estas alimentan los acuíferos en la cuenca baja del río mediante sus fracturas y porosidad, dos pozos son clorurados sulfatados - cálcicos y magnésicos, se debe a que están en zonas de agricultura, se utilizan altas concentraciones de nitratos presentes en los fertilizantes y se infiltran en los acuíferos, se analizó metales pesados destacando el plomo, ninguna de las muestras sobrepasa los límites permisibles, Se recomienda continuar con el monitoreo de isótopos en lluvia con la creación de nuevas políticas de protección y conservación de los páramos andinos.

Palabras clave: <HIDROLOGÍA ISOTÓPICA>, <HIDROQUÍMICA DEL AGUA>, <LÍNEA METEÓRICA LOCAL>, <RÍO CHIBUNGA>, <DEUTERIO>, <BICARBONATADO CÁLCICO MAGNÉSICO>, <VOLCÁN CHIMBORAZO>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2022.04.12 09:33:14 -05'00'



0658-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The aim of this research was to determine the isotopic and hydrochemical concentration of surface and underground water sources in the Chibunga River micro-basin and its influence areas. A baseline was established for water sources such as springs, wells, river points and lagoons. Diagrams and geographic information systems were used in the results obtained to see how ground water recharge occurs. Seventy-eight water source points were studied, including fifteen wells, ten lagoons, 39 springs, six river points and eight rain collectors. Thirty-six representative points with high electrical conductivity values were chosen for the isotopic (deuterium and oxygen 18) and hydrochemical analysis, The results reflected a stationary change in the isotopic composition of precipitation, the light values of deuterium are associated with the melting of Chimborazo Volcano glaciers, two groups of different isotopic composition are evidenced, the first group has depleted water which corresponds to lagoons, wells, river points; The hydrochemical results classified the samples as calcium-magnesium bicarbonate and sodium-potassium bicarbonate, since they are groundwater, springs from the melting glaciers of the Chimborazo volcano, which feed the aquifers in the lower basin of the river through their fractures and porosity, two wells are sulfate-calcium and magnesium chloride, it is because they are in agricultural areas with high concentrations of nitrates used in fertilizers and which are then infiltrated into aquifers, heavy metals were analyzed specially lead but none of the samples exceed the permissible limits. It is recommended to continue monitoring isotopes in rain with the creation of new policies for the protection and conservation of the Andean paramo.

Keywords: <ISOTOPIC HYDROLOGY>, <WATER HYDROCHEMISTRY>, <LOCAL METEORIC LINE>, <CHIBUNGA RIVER>, <DEUTERIUM>, <CALCIUM MAGNESIC BICARBONATE>, <CHIMBORAZO VOLCANO>.



Firmado electrónicamente por:
**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

En los últimos años algunos grupos de investigaciones han empezado a luchar con el fin de mejorar el conocimiento sobre la hidrología, utilizando herramientas isotópicas que permiten mejorar el entendimiento de dichos procesos a través de la edad, origen y ruta del movimiento de agua, las cuales requieren de monitoreo para obtener mediciones reales y establecer conclusiones sobre los mecanismos de generación de los caudales (Ortega & Gil 2019, p. 15).

En la actualidad existen poca información sobre escorrentías para agricultores y científicos, aunque en los últimos años se han realizado esfuerzos significativos para mejorar el conocimiento sobre estos aún falta mucha información sobre este tipo de investigaciones. El agua dulce escasamente representa un 2.5% en todo el planeta, la misma que se utiliza para la alimentación e industria (Gualán & Orbe 2019, p. 17). El avance de la humanidad ha ocasionado que la contaminación del planeta crezca de manera desmesurada, resultado de la actividad antrópica tenemos suelos áridos, deterioro de las cuencas hídricas, contaminación del recurso hídrico (Gómez, 2014: p.15). Uno de tantos ecosistemas afectados por la contaminación y el cambio climático es el páramo. El páramo ecuatoriano que va desde los 4000 m.s.n.m. posee una gran biodiversidad de flora y fauna, es un ecosistema natural regulador de agua, debido a la gran capacidad de acumulación de materia orgánica en el suelo mediante la captación de carbono y a la morfología de ciertas plantas que actúan como una verdadera esponja y uno de los factores más influyentes en la recarga de acuíferos.

Actualmente muchos países tienen menos agua de la que necesitan, los acuíferos que datan de tiempos prehistóricos se están agotando con rapidez. Los recursos hídricos disminuirán continuamente a causa del crecimiento de la población, y la degradación de sus ecosistemas (FAO and Earthscan 2012, p. 19). Ecuador no se encuentra libre de este problema la cual empeora, y tomando en cuenta que se dispone de grandes fuentes de agua se debería aprovechar los recursos hídricos que disponemos, frente a todo esto y a la falta de estudios isotópicos de la microcuenca del río Chibunga, se pretende identificar parámetros de campo los cuales sirvan de herramienta para determinar las concentraciones isotópicas en la microcuenca del río Chibunga y sus zonas de influencia (Galárraga Sánchez 2001, p. 22).

Ante la escasez de estudios isotópicos en la ciudad de Riobamba, se plantea el presente estudio, para establecer la disponibilidad real de nuevas fuentes de agua y el aprovechamiento hídrico en la microcuenca del Río Chibunga, para la obtención de herramientas más útiles para el estudio e interpretación de la recarga acuífera de la ciudad de Riobamba, además el estudio surge por la necesidad de obtener un inventario e información confiable sobre lugares de muestreo de fuentes hídricas para isótopos, consecuentemente la realización de un levantamiento de línea base con información referente a vertientes, pozos, puntos de río, lagunas, dentro de la microcuenca de estudio, que sirvan de insumo para estudios isotópicos futuros a nivel regional, con datos

georreferenciados obtenidos en todos los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca en mención, se usarán diagramas y sistemas de información geográfica para determinar como sucede la recarga acuífera en la zona, y utilizar las fuentes de agua de forma segura y eficiente, a través de esta investigación se aportará con datos reales de la concentración isotópica e hidroquímica de las aguas de la microcuenca en estudio, asimismo se generará un inventario de sitios posibles para monitoreo de isótopos en lluvia y su correlación con las aguas superficiales y subterráneas de la zona. Estudios como estos generan gran cantidad de datos muestreados en campo, y el costo de los análisis isotópicos son bastante onerosos, es por ello que este trabajo se desarrollará con dos estudiantes, los mismos que costearán todos los análisis isotópicos e hidroquímicos a realizarse, así como el recorrido en campo que alberga un área aproximada de 15000 km². Es por ello que los análisis se desarrollarán en la universidad de Padova (Italia) ya que en el país no hay la posibilidad de procesar estos análisis. Este tipo de estudios ayuda a medir las escurrimientos, procedentes de las lluvias y de la nieve, las corrientes y los caudales de los ríos, pérdidas de agua de lagos, y las diversas masas de agua por su dinámica, conocimiento que pretende el desarrollo de nuevas políticas de conservación y recuperación de dichos ecosistemas. Mismos que son la base para un manejo sustentable de los recursos hídricos, el uso de trazadores isotópicos se ha constituido en una herramienta ideal que permite mejorar el entendimiento del control de la calidad y cantidad de agua, el control de los procesos erosivos y la determinación de las fuentes de agua que aportan a la generación de las microcuencas (Mosquera et al. 2013, p. 30).

Objetivos de la Investigación

General

- Realizar el estudio isotópico de las fuentes de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del río Chibunga y sus zonas de influencia.

Específicos

- Realizar un levantamiento de línea base con información referente a vertientes, pozos, puntos de río, lagunas, dentro de la microcuenca del río Chibunga.
- Determinar la concentración isotópica e hidroquímica de las fuentes de agua identificadas, que sirva como insumo para la determinación de la recarga subterránea en la zona.
- Analizar mediante diagramas y sistemas de información geográfica los resultados obtenidos para una mejor interpretación de la recarga acuífera y la relación con las aguas superficiales y subterráneas de la zona

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La microcuenca del río Chibunga que pertenece a la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, sus límites son, al norte las comunidades del cantón Riobamba y al Sur con el cantón Chambo. El río Chibunga se origina de las vertientes situadas en las zonas bajas del volcán Chimborazo y desciende por los páramos de el Arenal hasta llegar a zonas agrícolas en el sector de la parroquia San Juan, como las comunidades: Chimborazo, Shobol Llinllin, Tambohuasha Pulingui, Santa Lucía, Sancapamba, La Chorrera, entre otras con el nombre de Río Chimborazo, se une con el río Sicalpa a 3.238 msnm y toma el nombre de río Chibunga en el sector de la empresa cemento Chimborazo Calpi. (Veloz Mayorga & Carbonel 2018, p. 29). La microcuenca del río Chibunga tiene una longitud de 38 Km. El cauce del río Chibunga representa uno de los recursos hídricos con mayor incidencia en el desarrollo de Riobamba, este río está en la lista de los más contaminados del Ecuador, el agua de este cuerpo hídrico se utiliza para riego de cultivos, zonas agrícolas ganaderas, industriales, urbanas, centros de educación y recreación, estos tipos de actividades han ocasionado el empeoro de las características ecológicas del río, la microcuenca es un recipiente de desechos y su caudal se reduce en época seca, lo que ocasiona varias problemas ambientales (Veloz Mayorga & Carbonel 2018, p. 36).

1.2. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es el movimiento o transferencia de las masas de agua, de un sitio a otro y de un estado a otro. El movimiento continuo del ciclo se debe principalmente a que el sol, que proporciona la energía para evaporar el agua y a la gravedad que hace que el agua condensada precipite y se desplace hacia las zonas más bajas (Ordoñez Gálvez 2011, p. 65).

El ciclo inicia cuando una parte del vapor de agua de la atmósfera se condensa y da comienzo a precipitaciones en forma de lluvia o nieve. No toda la lluvia alcanza la superficie de la tierra, una parte se evapora en la caída y otra parte es retenida por intercepción por la vegetación y luego es evaporada. Del agua que logra tocar la superficie del suelo, una parte se queda retenida en charcas (almacenamiento superficial) y en su totalidad vuelve a la atmósfera en forma de vapor. La otra parte circula por la superficie, la cual más tarde desembocan en ríos se conoce como escurrimiento superficial, esta agua se moverá a lagos o al mar, luego será evaporada (AQUAE 2017, p. 12).

1.3. Agua

Forma parte de los seres vivos; está constituida por 2 moléculas de hidrógeno y una de oxígeno (H_2O) y es la fuente vital cualquier forma de vida, se encuentran en diferentes formas y lugares como en los océanos, atmosfera, lagos, ríos aguas subterráneas, etc. El 2.5% es agua dulce, que se lo utiliza para diferentes actividades como para la alimentación e industria, siendo un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad (Esparza Ortega & Tibanquiza Cali 2020, p. 98)

1.4. Ríos

Son aquellas corrientes de agua que se identifican porque fluyen unidireccionalmente a velocidades que varían entre 0,1 y 1 m/s. Los ríos son considerados cuerpos de agua porque se encuentran mezclados y se mueven desde partes elevadas a partes más bajas, por lo que tiene gran importancia la calidad del agua en el sentido del flujo. (Esparza Ortega & Tibanquiza Cali 2020).

1.5. Cuenca hidrográfica

Es aquella parte que se encuentra en el lugar más alta de las montañas, laderas o colinas, aquí se forma un sistema de drenaje superficial que almacena sus aguas en un río principal donde llega a integrarse al maro o lago. Las cuencas se sitúan en el suelo, agua y vegetación, ahí reside el hombre donde realiza actividades (Jorge Faustino, 2000, p. 56). Las redes de drenaje según su orden jerárquico se clasifican según el grado de ramificación de un sistema de drenaje, los causes de primer orden no tienen tributarios, los causes de segundo orden se forma por la unión de los causes de primer orden, mientras que los causes de orden n se forman por la unión de dos causes de orden n-1. Al unirse un cauce de orden mayor, el canal de aguas abajo se queda con el mayor de los órdenes (Valdivieso 2019, p. 78).

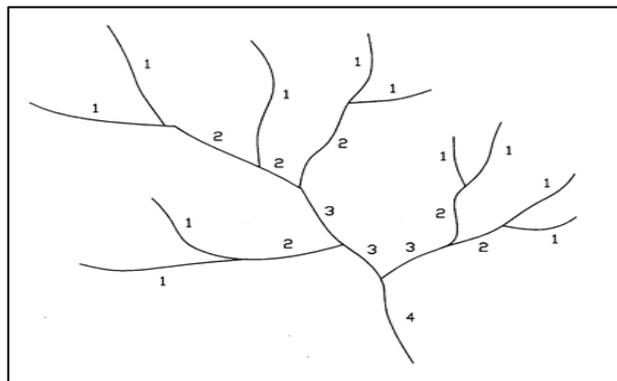


Figura 1-1. Ejemplo de una clasificación para una Cuenca Hidrográfica de Orden 4.

Fuente: Valdivieso, Alberto 2019.

1.6. Clasificación del agua según su origen

Estos tipos de agua tienen diferentes sustancias disueltas o suspendidas como sales minerales, gases y material partículas en cantidades variables según de donde procedan.

1.6.1. Agua Subterránea

Las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, o dentro de las masas de regolito; en zonas húmedas a metros de profundidad, en desiertos a cientos de metros. Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos) (Duque Escobar 2020, p. 89).

1.6.2. Aguas Superficiales

Se origina en las precipitaciones, que no filtran al suelo ni regresan a la atmósfera por evaporación o la que proviene de las aguas subterráneas. Las aguas continentales que se encuentran en la superficie de la Tierra. Se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forman ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Así cuando el agua se precipita en forma de lluvia) la que no se infiltra, escurre en la dirección de la pendiente hasta que llega a los ríos y lagos (Redecu 2016, p. 115).

1.6.3. Escorrentía Superficial

La escorrentía superficial es la lluvia que corre sobre el terreno hacia la corriente de agua más cercana. La mayor parte de las personas piensan que la lluvia cae sobre la tierra, fluye sobre ella y corre hacia los ríos, los cuales se descargan a los océanos. Esto es algo simplificado, ya que los ríos también ganan y pierden agua a través del suelo. Sin embargo, la mayor parte del agua de los ríos proviene directamente de la escorrentía que fluye por la superficie, que es denominada escorrentía superficial. Parte de la lluvia que cae es absorbida por el suelo, pero, cuando cae sobre suelo saturado o impermeable, comienza a correr sobre la superficie siguiendo la pendiente de la misma. El agua corre por canales a medida que se dirige a los grandes ríos. Esta imagen muestra un ejemplo de cómo la escorrentía superficial entra en una pequeña cañada; en este caso, la

escorrentía corre sobre suelo desnudo, arrastrando consigo gran cantidad de sedimento que es depositado en el río. El agua de escorrentía que está ingresando a esta cañada está comenzando su viaje de retorno al océano (Fundación San Valero and Parra 2010, p. 90).

1.7. Lagos

Es una masa de agua continental superficial quieta, cuya superficie supera las 500000m². Se depositan en depresiones sobre el terreno formando cuerpos de agua temporales. Actualmente, los lagos son utilizados en la dilución y eliminación de desechos municipales e industriales, con fines de enfriamiento, riego, generación de energía y recreación local, en las sociedades industriales, estos requisitos varían considerablemente entre regiones, climas y países (Hispagua 2022, p. 77).

1.8. Lagunas

Una laguna es un cuerpo de agua regularmente dulce y que es de menor tamaño que un lago regularmente se ubica cerca de un cuerpo de agua más grande: el mar u océano, son aguas poco profundas, calmadas en comparación a los ríos ya que no se mueven y están estancadas. La formación de lagunas puede corresponder a su cercanía con el mar pero otra cognición está relacionada con los ríos (Tumialan de la Cruz 2018, p. 89).

1.9. Isótopos en los estudios de los recursos hídricos

Para poder utilizar de una manera eficaz los recursos hídricos es preciso disponer de datos confiables de la cantidad, caudal y circulación de las aguas. Últimamente las técnicas isotópicas han pasado a desempeñar un rol sustancial en la evaluación cualitativa y cuantitativa de los recursos hídricos. En las investigaciones de las aguas superficiales, estas metodologías se usan para ver de dónde se originan las escorrentías procedentes de las lluvias y de la nieve, las pérdidas de agua de lagos, depósitos y canales, y la dinámica de las aguas subterráneas (manantiales, pozos etc.) (OIEA 2019, p. 55).

1.10. Hidrología isotópica

La Hidrología Isotópica es una especialidad de la Hidrología que se ocupa de la aplicación de las técnicas isotópicas en los estudios hidrológicos. Puede dividirse en Hidrología Isotópica Ambiental e Hidrología Isotópica Artificial (OIEA 1995, p. 111).

1.11. Hidrología isotópica ambiental

La hidrología isotópica a base de isótopos ambientales suele usar a estos como indicadores, de las variaciones isotópicas que tienen lugar en las aguas como consecuencia de procesos naturales, pueden solucionar dificultades hidrológicas partiendo de las variaciones isotópicas en la naturaleza, La Hidrología Isotópica Ambiental toma como fundamento las características geoquímicas que presentan los isótopos en las aguas superficiales y subterráneas debido a los procesos naturales. El empleo de estos isótopos se basa en la observación e interpretación de sus variaciones en la naturaleza y la aplicación de esas metodologías para aplicar en los problemas hidrológicos, esta técnica puede utilizar los isótopos estables, los más usados para fines hidrológicos son: 1H y 2H (D); 12C y 13C ; 16O y 18O , 14N y 15N y 32S y 34S . Los isótopos radiactivos son: 3H (T); 14C y 32Si . La relación de los isótopos estables de los compuestos naturales puede cambiar como consecuencia de su evolución histórica y de los procesos del medio ambiente. Las técnicas isotópicas ayudan a las siguientes problemáticas la identificación del origen de las aguas subterráneas, determinación de su edad y de la velocidad y dirección del flujo, relación entre las aguas superficiales y las subterráneas, posibles conexiones entre diversos acuíferos, y porosidad, transmisividad y dispersividad locales de un acuífero (Fagundo Castillo 2002, p. 80).

1.12. Técnicas Isotópicas

Las técnicas isotópicas se han aprovechado para entender procesos hidrológicos e hidrogeológicos, son excelentes instrumentos para la investigación y la solución de inconvenientes relacionados con el medio ambiente y la ingeniería en biotecnología ambiental. El manejo de los isótopos estables del agua, $\delta 2\text{H}$ y $\delta 18\text{O}$, son muy ventajosos para identificar las diferentes fuentes de recarga de agua subterráneas y diferenciar aguas con una composición química similar, ya que son trazadores ideales porque son parte de la molécula de agua. Por una parte, la concentración absoluta y relativa de los iones mayoritarios y traza en el agua reflejan los procesos de interacción agua-roca, la concentración isotópica de las aguas subterráneas puede utilizarse para localizar los sitios de recarga, y para determinar de dónde provienen las aguas subterráneas (meteorico, agua marina, fósil, magmática y metamórfica) (Valenzuela, Ramírez-Hernández & Palomares 2013, p. 56).

1.13. Isótopos Estables

Los isótopos estables son nucleídos que no forman parte de ningún proceso de desintegración nuclear para formar otros isótopos en escalas geológicas de tiempo, pero en sí mismos, podrían

provenir del decaimiento de otros isótopos radioactivos y entre ellos se incluyen los isótopos de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, carbono y azufre, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos por la litosfera, hidrosfera, biosfera y atmósfera en forma de diferentes moléculas (incluyendo sus isótopos), constituyendo unos excelentes trazadores naturales de algunos procesos geológicos, hidrológicos y ambientales que ocurren en la naturaleza. Los isótopos estables poseen diferencias de masa lo suficientemente amplias como para generar ligeras diferencias en las propiedades físicas y químicas de las moléculas que los contienen; por ejemplo, para la presión de vapor de una molécula de agua que contiene los isótopos pesados de oxígeno e hidrógeno (^{18}O y ^2H), que es ligeramente inferior a la de aquella que contiene los ligeros (^{16}O y ^1H), al evaporarse, las moléculas que pasarán primero a vapor serán aquellas más "ligeras" (^1H ^{16}O). Otras características importantes que poseen los isótopos estables son: tener diferencias de masas relativamente grandes, participar en todos los procesos biogeoquímicos que tienen lugar en la superficie terrestre, la hidrosfera y la atmósfera, tener mayores abundancias de isótopos más ligeros que las de los pesados y ser susceptibles de sufrir el proceso de fraccionamiento de masas (Lazo and Mosquera 2012, p. 119).

1.13.1. Aplicación De Los Isótopos Estables

Se utilizan como trazadores, indicando las interconexiones entre lagos y aguas subterráneas, ríos y aguas subterráneas, intercambio entre acuíferos, tiempo de residencia y origen de las aguas en los acuíferos, velocidad de flujo y la edad del agua mediante ^{14}C .

1.14. Isótopos Radioactivos

Los isótopos radiactivos o inestables, son los que poseen nucleídos que espontáneamente se desintegran en el tiempo para formar otros isótopos, produciéndose durante este proceso la emisión de partículas (alfa o beta) o de radiaciones gamma. Los átomos producidos por desintegración radioactiva de otros nucleídos son conocidos como radiogénicos. Unos pocos nucleídos se producen por el bombardeo de rayos cósmicos a nucleídos estables y se los denomina cosmogénicos. Algunos nucleídos se pueden crear por la adición de neutrones producidos por la desintegración alfa de otros nucleídos (Activación nuclear); así como, alternativamente la adhesión de un neutrón podría desplazar un protón del núcleo, creando un nucleído de la misma masa atómica, pero con un número atómico menor, los nucleídos producidos por estos dos tipos de procesos se conocen como litogénicos. Si el producto es radiactivo, éste se desintegrará para formar un isótopo de otro elemento, proceso que continuará hasta que se genere un nucleído estable (Foro Nuclear 2015, p.76).

1.14.1. Hidrología Isotópica Artificial

La Hidrología Isotópica Artificial emplea los isótopos radiactivos artificiales mediante su introducción en un punto definido del sistema estudiado y el seguimiento de la evolución de su concentración en el tiempo y el espacio de la cuenca o acuífero. A través de estas técnicas se puede obtener una buena información del sistema hidrológico estudiado. Los isótopos artificiales pueden ser medidos en composiciones extremadamente bajas en los laboratorios especializados y en ocasiones en campo, lo cual permite diseñar experimentos de campo convenientes y eficientes, ya sea tomando la muestra en el terreno y haciendo los análisis en el laboratorio o en campo, Pero el uso de los radioisótopos puede producir problemas a la salud, por lo cual se incrementa el costo de los equipos. Además, cuando se cumple con las medidas de protección establecidas, por lo general se produce una resistencia por parte de las poblaciones del lugar al manejo de estas técnicas, se suele usar como técnica alterna el uso de trazadores por ejemplo, colorantes o cloruros para no usar radioisótopos (Fagundo Castillo 2002, p. 98).

1.14.2. Aplicaciones de los isótopos artificiales

Los isótopos artificiales son muy utilizados para identificar características locales de las aguas subterráneas, características físicas de los acuíferos entre las que más se destacan porosidad, trasmisividad, dispersividad, dirección y velocidad del flujo de aguas subterráneas y estratificación de acuíferos (Fagundo Castillo 2002, p. 53).

1.15. Línea meteórica global

La línea meteórica global que en inglés es Global Meteoric Water Line (GMWL) es una ecuación instaurada por el geoquímico Harmon Craig, indica la relación media entre las proporciones de isótopos de hidrógeno y oxígeno en las aguas, se expresa también como la media mundial, se puede determinar la línea meteórica mundial para una zona local determinada y se conoce como línea meteórica local y sirve como una línea de referencia para ese sitio determinado. El fraccionamiento isotópico hará que las proporciones de isótopos varíen entre localidades dentro de esa área. Esta ecuación se utiliza en el campo de la hidrología isotópica (Barberena-Moncada, Hurtado-García & Sirias-Silva 2021, p. 120).

1.15.1. Línea Meteórica local

Es una recta que se usa en los estudios hidrogeológicos comúnmente se aplican los isótopos estables para ayudar a identificar el origen del agua subterránea, Se obtiene a partir del análisis

de isótopos estables de una zona es decir la composición isotópica de un sitio en particular, a partir de la recta se puede establecer las zonas de recarga principales que permiten aumentar el conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico del sistema y la mejor localización de las áreas de recarga de las vertientes principales ayuda a verificar las zonas de evaporación y condensación en resumen las variaciones de los valores de 2H y 18O de las aguas (Barberena-Moncada, Hurtado-García & Sirias-Silva 2021, p.87).

1.15.2. Factor continental

El efecto de continentalidad representa la remoción progresiva de humedad de la masa de aire original que se mueve desde los océanos hacia las zonas continentales. La extracción preferencial de los isótopos pesados producida durante las primeras etapas de precipitación conlleva a una reducción (Lazo & Mosquera 2012, pp. 77-78).

1.15.3. Factor altitudinal

La disminución de temperatura al incrementarse la elevación en regiones montañosas generalmente produce el aumento de la condensación y, por lo tanto, una reducción progresiva del isótopo pesado en la precipitación con la altitud, lo que se conoce como "efecto altitudinal", análogo al efecto de continentalidad, lo que se relaciona con el incremento de lluvias a elevaciones mayores a causa del continuo enfriamiento de las masas de aire. La disminución isotópica progresiva de la lluvia se ve potenciado por un incremento en el fraccionamiento entre el vapor y el líquido a temperaturas más bajas. El efecto altitudinal se produce tanto por la evolución del vapor condensado primario como por la temperatura de condensación. Las gradientes isotópicas verticales de la precipitación varían entre -0.15 y 0.5% por cada 100m para el $\delta 18\text{O}$ y -1 a -4% por cada 100m para el $\delta 2\text{H}$ (Lazo & Mosquera 2012, pp. 115-122).

1.15.4. Factor latitudinal

La distribución latitudinal se puede interpretar asumiendo que los océanos tropicales y subtropicales constituyen la principal fuente de vapor de agua y que la reducción gradual del contenido de $\delta 2\text{H}$ y $\delta 18\text{O}$ de la precipitación de los trópicos hacia latitudes medias y altas resulta de la remoción progresiva de agua de las masas de aire húmedo que se transportan de las áreas tropicales hacia los polos, relacionado con el aumento progresivo de precipitación a medida que disminuye la temperatura. En conclusión, este efecto determina que, a mayores latitudes, la composición isotópica del agua meteórica se reduce (Lazo & Mosquera 2012, p. 99).

1.16. Hidroquímica del agua

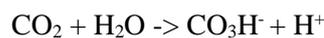
Se refiere a la química de las aguas subterráneas, los conceptos básicos también son válidos para aguas superficiales. Los valores de las sustancias disueltas en un cuerpo de agua pueden sumar desde unos pocos miles mg/L en una naciente de montaña hasta valores altos de más de 100.000 mg/L. Las aguas de consumo humano (agua dulce) es menor de 1000 mg/L, hasta 5000 mg/L se llaman salobres, el agua del mar 35000 mg/L. una muestra de agua puede llegar a contener más de 300 gramos de sales. (salmueras, brines). Los componentes con mayor presencia en las aguas subterráneas se encuentran en concentraciones >1 mg/L. El NO_3^- generalmente se debe a contaminación orgánica. Los componentes menores (1 a 0,1 mg/L en aguas subterráneas) más frecuentes son F^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Sr^{2+} , Fe^{2+} . El resto son componentes traza los rangos van en concentraciones inferiores a 0,1 mg/L (Sánchez San Román 2017, p.156).

1.16.1. Evolución geoquímica de las aguas subterráneas

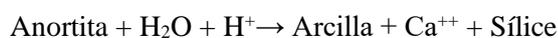
Interpretar los análisis químicos de las aguas subterráneas, aportará mucha información acerca de la historia de esas aguas. Si consideramos conjuntamente varios análisis de un lugar, podremos extraer conclusiones sobre el flujo regional, es indispensable conocer sobre los procesos que inciden en la evolución química del agua (Sánchez San Román 2017, p. 144).

1.16.2. Evolución en el suelo

En la etapa de infiltración el proceso a través del suelo es muy importante para la composición química de un agua subterránea. Esto ocurre debido a que el agua en el suelo es ácida por la reacción del CO_2 con el H_2O , en la porosidad del suelo se acumula una elevada concentración en este gas.



Esta acidez hace que el agua sea muy agresiva con los silicatos y carbonatos. En las reacciones de disolución de estos minerales intervienen los H^+ , y la acidez disminuye. Por ejemplo:



Si el agua se queda en el suelo, recupera su acidez a través de la reacción anterior, pero si ya alcanzo un acuífero, en el medio saturado no hay aportaciones de acidez, posterior el agua se

forma básica y pierde su capacidad de disolver carbonatos y alterar silicatos (Sánchez San Román 2017, p. 176).

1.16.3. Acuíferos

Un acuífero es un estrato, formación (Unidad o Grupo) Geológica que almacena, transmite y permite el paso del agua a través de sedimentos (gravas, arenas, limos, arcillas) o rocas (ígneas, volcanoclásticas, sedimentarias y metamórficas) mediante sus fracturas y porosidad. Los estratos o Formaciones Geológicas que contienen agua en su estructura mas no transmiten se denominan acuicludos, y se consideran de naturaleza impermeable, se denomina acuitardos a los cuerpos semipermeables que transfieren agua a muy bajas tasas. En contraste con los acuífugos, los cuales no contienen ni transmiten agua.

1.16.4. Evolución en los acuíferos

Desde que el agua llega a la superficie freática más próxima hasta que alcanza el exterior en un río, manantial o captación, pueden transcurrir unos días o miles de años, y el recorrido puede ser breve o de varios kilómetros, por ende la evolución química del agua dependerá de los minerales con los que entre en contacto y el tiempo.

El agua adquiere su composición dependiendo de ciertos aspectos si cruza por yesos se obtendrán SO_4^{2-} y Ca^{++} , si encuentra niveles salinos con sales cloruradas adquirirá Cl^- , Na^+ , K^+ , si pasa por formaciones calizas adquiere CO_3H^- . El CO_3H^- predomina sobre el CO_3^{2-} debido a que a pH normal se produce la reacción: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_3\text{H}^-$, Sin embargo las reacciones y procesos químicos que se desarrollan son muy variados, generalmente, se observa que las aguas subterráneas con menor tiempo de permanencia en el subsuelo en general son bicarbonatadas. Después predomina el sulfato, y las aguas más salinas son cloruradas. Esta evolución se denomina secuencia de Chebotareb (Sánchez San Román 2017, p. 198).

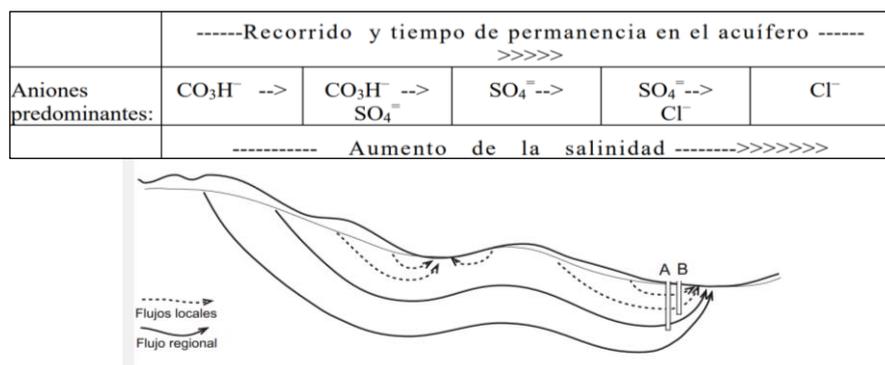


Figura 2-1. Flujos Locales y Regionales.

Fuente: Sánchez, Javier, 2017, p 4.

En la composición catiónica la secuencia equivalente sería: $\text{Ca}^{++} \rightarrow \text{Mg}^{++} \rightarrow \text{Na}^+$, pero no es tan clara y es mayor el número de excepciones. En una misma área pueden extraerse aguas de composiciones muy distintas aunque la litología sea homogénea: vemos en la figura que el sondeo A capta un flujo regional mientras que el sondeo B intercepta un flujo local, de modo que su química puede ser muy diferente (Sánchez San Román 2017, p. 76).

1.17. Ubicación y puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo se debe considerar los siguientes aspectos: identificación del lugar, accesibilidad a los sitios de muestreo, representatividad de la muestra a obtener y seguridad al momento de realizar el muestreo (Esparza Ortega & Tibanquiza Cali 2020, pp. 89-92).

1.18. Medición de caudales

Se refiere a la medición de volumen de agua que pasa por una sección específica en un tiempo determinado. El caudal es la velocidad del agua y está en función de la sección a atravesar. La medición de caudales llamado también aforo y se realiza en diferentes formas dependiendo el objetivo de monitoreo (Corantioquia & González Valencia 2011, p. 116).

1.19. Multiparámetro

Es el equipo de medición de campo más manejado en los monitoreos de calidad de agua. Consiste en medir principalmente los parámetros físicos, químicos, como el pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, etc., estas mediciones se ejecutan en campo en la muestra de agua tomada. Tener en cuenta que el equipo debe contar con la autorización debida INDECOPI (sección de metrología) varios equipos multiparámetro cuentan con la medición del OD (oxígeno disuelto) sin embargo por alguna razón del equipo en momentos suelen mostrar problemas en la medición de OD (Junco 2015, p. 78).

1.20. Propiedades Físico-Químicas

Estas propiedades son debido a la estructura microscópica del material u elemento, la configuración electrónica de un átomo es la que determina los tipos de enlaces atómicos y son éstos los que contribuyen a forjar las propiedades de cada material u elemento, nos indican el comportamiento del material ante diferentes acciones externas, como el calentamiento, las deformaciones o el ataque de productos químicos (Pacheco, Tutor & Molins Borrell 2012, p. 67-75).

1.20.1. Temperatura

Su medida es muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar. Es controlada por el gradiente geotérmico, que dice se incrementa 3°C cada 30m de profundidad. En un sistema de flujo regional, en ocasiones puede detectarse una ligera variación térmica positiva en las áreas de descarga (Pacheco, Tutor & Molins Borrell 2012, p. 41).

1.20.2. Conductividad eléctrica

Es la medida de la disposición de un agua para conducir la corriente eléctrica, su unidad es $\mu\text{s}/\text{cm}$ y su concentración se incrementa con la presencia de sales disueltas en forma de iones. En acuíferos subterráneos los rangos van desde valores bajos hasta muy elevados en función de la permeabilidad, este parámetro aumenta con la temperatura (Sanabria Suarez 2006, pp. 78-81).

1.20.3. pH

Es la medida de la cantidad de hidrogeniones presentes en el agua o la solución, se rige por las reacciones químicas y por el equilibrio entre los iones presentes. En el agua subterránea varía el rango entre 6,5 y 8,5 (Sanabria Suarez 2006, p.103).

1.20.4. Los sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales que se abrevia TDS es la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua, actúa como un indicador de la calidad del agua. El resultado se reporta en mg/L. Sólidos Disueltos Totales Los SDT incluyen las sales, los minerales, los metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico menor a 1,5 micras o que se disuelve en el agua. En ocasiones, los SDT se confunden con los sólidos totales (ST), que son el residuo que queda después de evaporar la misma muestra, pero sin filtrarse (Toasa LLumigusín 2012, pp. 134-136).

1.21. Estratigrafía de la microcuenca

La microcuenca del río Chibunga se ubica en el centro del Ecuador, al norte de la provincia de Chimborazo entre la cordillera Real y la cordillera Occidental, la superficie del acuífero esta mayormente dentro del cantón Riobamba seguidamente en el cantón Guano y en menor proporción en el cantón Chambo (Allaica Tenelema 2017, p. 78).

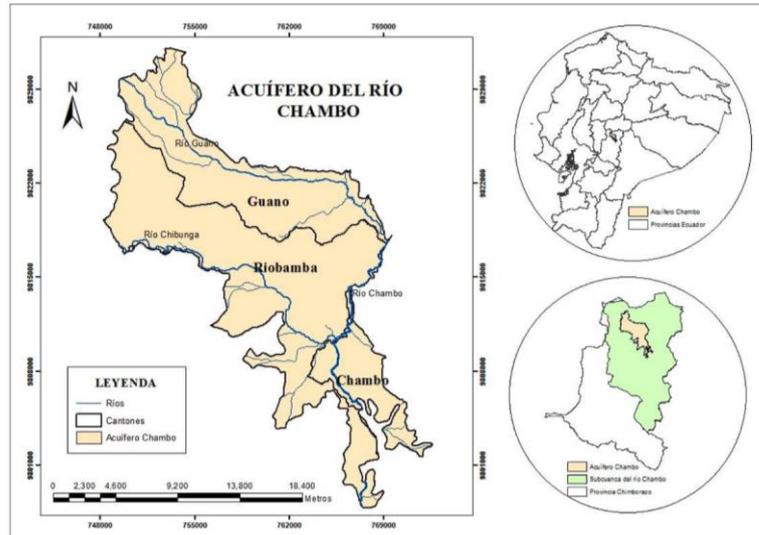


Figura 3-1. Mapa de ubicación del acuífero del río Chambo.

Fuente: Tenelema, Victor, 2017, p 18.

Geológicamente el límite referencial del acuífero se encuentra al norte las lavas de los volcanes Chimborazo y Carihuairazo, el río Guano; al Sur se localiza en gran parte el río Chibunga, al sureste está el río Chambo, al este el río Chambo con parte del río Guano y al oeste la franja impermeable de los volcánicos Sicalpa.

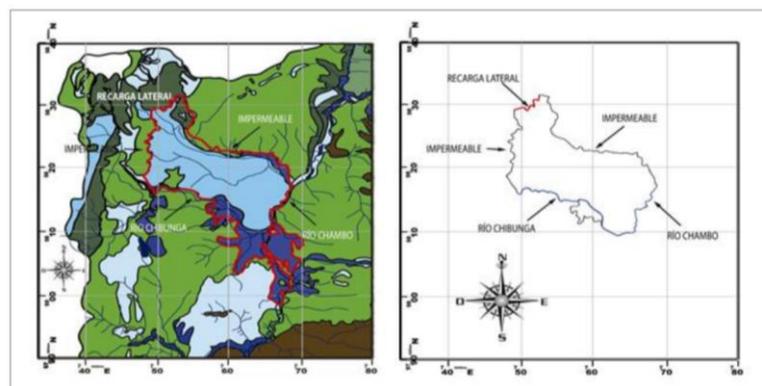


Figura 4-1. Límites geológicos del acuífero del río Chambo.

Fuente: Tenelema, Victor, 2017, p 18.

El acuífero presenta un depósito de avalancha, con dos facies sedimentarias: La facies de bloque, consiste de un depósito clástico mono-litológico, con poca matriz. Las litologías más abundantes de los clastos son: andesitas con piroxenos, andesitas y dacitas con hornblenda. La facies de matriz consiste de una variedad de litologías volcánicas mezcladas en una matriz limo-arenosa (Mendoza, 2015, p. 76).

1.21.1. Descripción geológica del acuífero

La geología de la microcuenca tiene las siguientes formaciones empieza con la formación Yaruquíes en el periodo terciario donde se compone en la base por areniscas finas de color amarillo rojizo, conglomerados de andesitas y cuarcitas con intercalaciones de areniscas. Se localiza en dirección sur del sector de Yaruquíes. Luego le sigue la formación Riobamba periodo de pleistoceno en donde comienza entre los ríos Guano y Chibunga, constituye la fase volcánica laharítica del Chimborazo, conformada por gravas redondeadas y angulosas, en algunos sitios se presenta estratificación. De ahí viene los sedimentos del río Chambo periodo de pleistoceno se sitúa entre las poblaciones de Licto, Chambo, y Punín, y comprende conglomerados, areniscas y arcillas finas, con bancos de ceniza fina localmente interestratificados, por último, la formación Apagua periodo de paleoceno – eoceno esta sale de las faldas Sur Oeste del Chimborazo, debido a su ubicación, no existen pozos perforados sobre esta formación. Roca sedimentaria de gran utilidad hidrogeológica, comprende areniscas de grano fino, en estratos finos a medios, intercaladas con limolitas negras silicificadas, y areniscas de grano más grueso (Allaica Tenelema 2017, p. 88).

1.21.2. Hidrogeología del acuífero

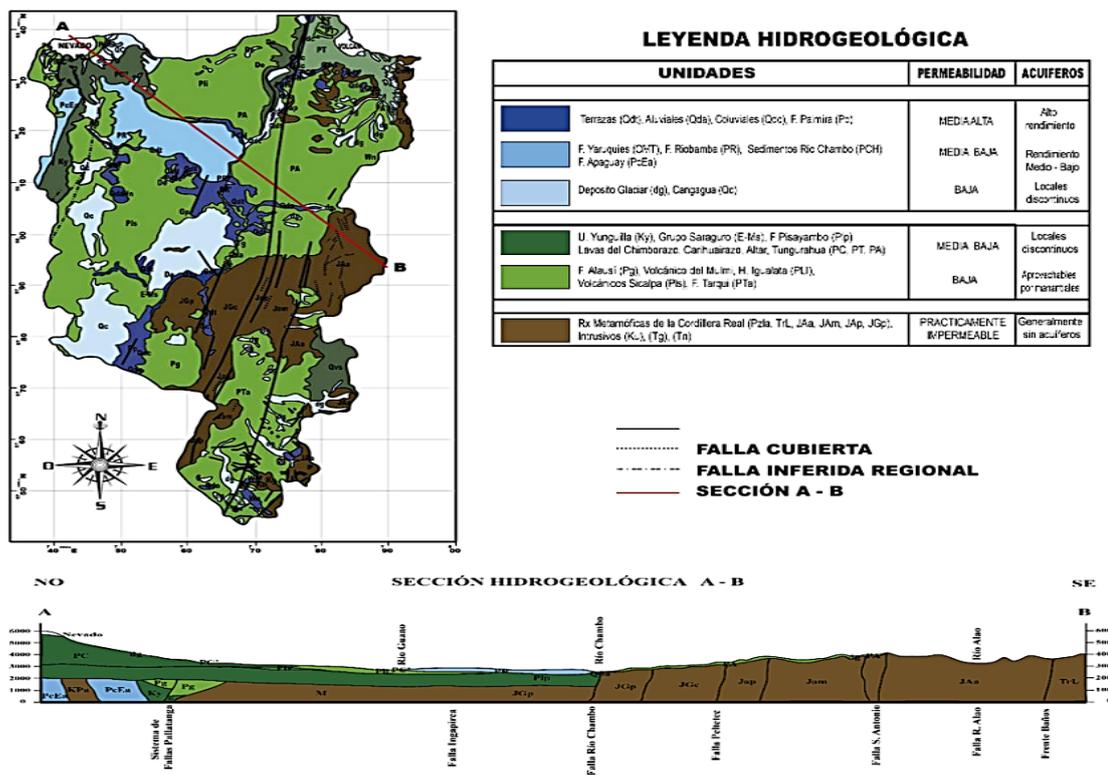


Figura 5-1. Mapa Geológico de la subcuenca del río Chambo y sección geológica del acuífero del Chambo.

Fuente: Tenelema, Victor, 2017, p 20.

El sector hidrogeológico del acuífero está compuesto de la siguiente manera, lavas de los volcanes Chimborazo, Carihuairazo, Altar, Sangay, en general comprenden mantos de lavas, aglomerados y materiales piroclásticos de grano fino. Estos materiales están relacionadas con las zonas de recarga, permitiendo la infiltración a través de sus discontinuidades. El agua subterránea en estas unidades es observada en forma de manantiales (Allaica Tenelema 2017, p. 76).

1.22. Estrato

Son las capas en las que se dividen los sedimentos, las rocas sedimentarias, las rocas piroclásticas y las rocas metamórficas cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación, esta acumulación se produce en zonas determinadas, las llamadas cuencas sedimentarias.

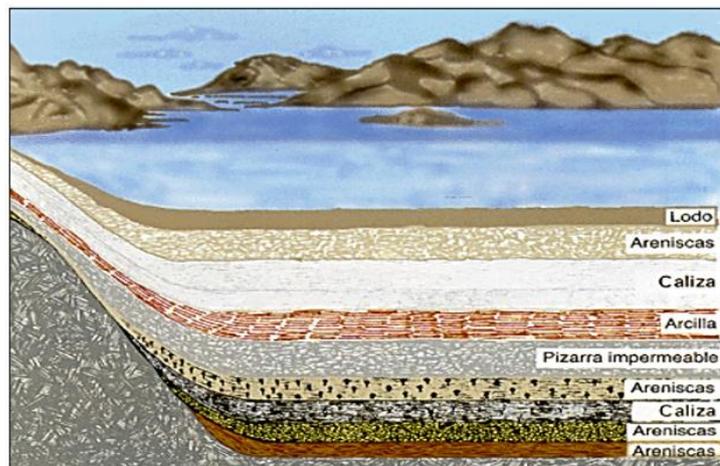


Figura 6-1. Estratos del subsuelo.

Fuente: Tenelema, Victor, 2017, p. 11.

Se disponen en capas ya que en una cuenca sedimentaria se acumulan sedimentos continuamente, los que quedan por debajo van transformándose en roca.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

El siguiente estudio presenta una investigación descriptiva e interpretativa bajo un enfoque cuantitativo que consistió en el levantamiento de una línea base y el análisis de información accesible. El universo y muestra de estudio corresponden a las fuentes de agua superficiales y subterráneas de la microcuenca del río Chibunga. Por el método experimental, se realizaron muestreos de agua y se analizó in situ parámetros físicos tales como pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SST) para escoger las muestras representativas y poder determinar la concentración isotópica e hidro química de cada punto seleccionado, y ver como sucede la recarga acuífera en la zona mediante diagramas y sistemas de información geográfica. Las salidas de campo, se evalúan mediante evidencias físicas y datos comparativos de las variables involucradas, cual es la recarga acuífera en la microcuenca del río Chibunga y su influencia en la recarga acuífera de la zona, a la vez un enfoque analítico ya que se realiza un seguimiento de las variables más influyentes en los procesos isotópicos e hidroquímicos.

2.2. Metodología

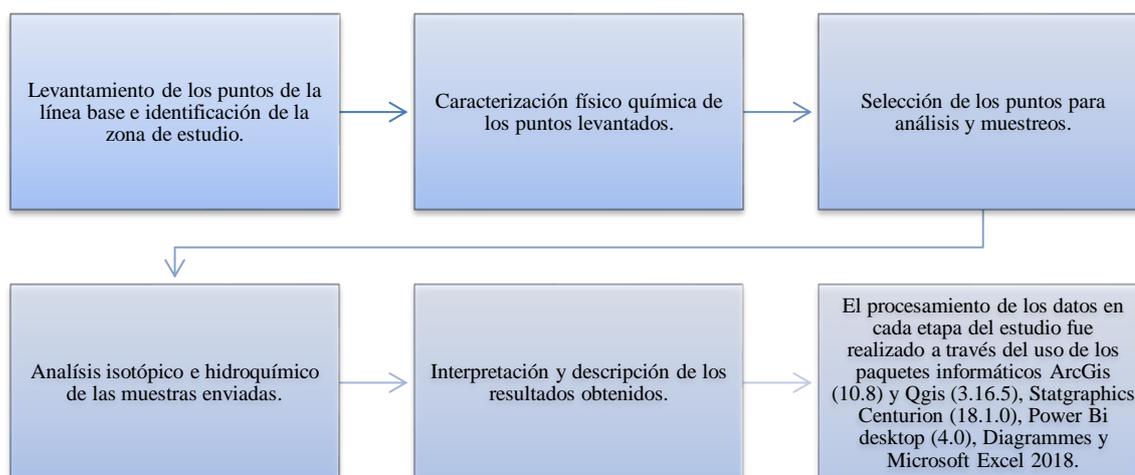


Gráfico 1-2. Metodología.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.3. Espectroscopía de absorción láser

El principio de funcionamiento se basa en la ley de Lambert-Beer:

$$\log T = -\epsilon c l \quad \text{Ec. 2-1}$$

Donde T representa la fracción de luz incidente a una determinada longitud de onda que atraviesa la muestra sin ser absorbida (transmitancia), ϵ es el coeficiente de absorción molar, c la concentración y y la trayectoria óptica. El analizador está equipado con una cavidad óptica en la que tiene lugar una espectroscopia de absorción láser convencional. Esta técnica tiene la particularidad de que la trayectoria del rayo láser puede alcanzar unos 25 km para cada análisis, obteniendo así un aumento significativo en la resolución de la absorción lo que da como resultado una precisión extrema en la medición de la relación isotópica del elemento.

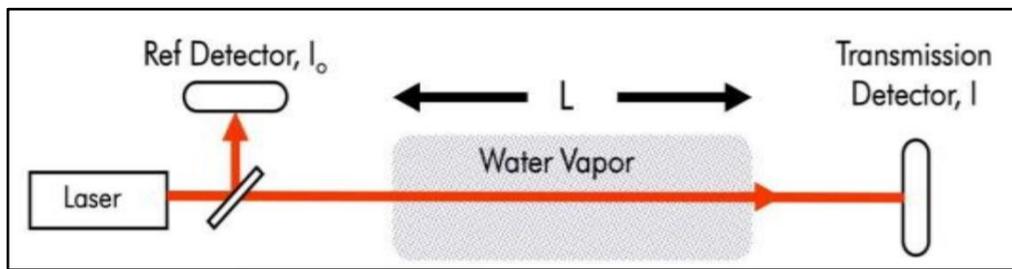


Figura 1-2. Diagrama de funcionamiento del instrumento: fuente láser, celda, detectores.

Fuente: Dipartimento di Scienze Ambientali, Seconda Università di Padova 2017.

El aumento de la longitud del camino óptico es posible gracias a la presencia de espejos con reflectancia R de aproximadamente 0,9999 y perfectamente alineados (minimizando así la pérdida óptica dentro de la cavidad en la que viaja el rayo láser).



Figura 2-2. Espectrómetro láser all'interno.

Fuente: Dipartimento di Scienze Ambientali, Seconda Università di Padova 2017.

El detector es un diodo sintonizable (a través del software suministrado) que opera en la región de 1400 nm, es decir, alrededor de las frecuencias de absorción de H₂O, H₂O₂, H₂¹⁸O. El analizador también está equipado con una computadora integrada basada en el sistema operativo Linux, un disco duro de 40 GB para almacenamiento de datos, un teclado, un mouse y un monitor de 12 pulgadas. La transferencia de datos se realiza a través de Ethernet o puerto USB. El procesamiento de datos se lleva a cabo a través de dos softwares suministrados que operan bajo Windows. Con este instrumento, los tiempos de análisis por muestra se reducen (aproximadamente 2 minutos) y se requieren volúmenes de solución extremadamente bajos (menos de 1 µl). Para tener la precisión y exactitud adecuadas, se realizó un protocolo diseñado por el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) que sugiere repetir los análisis de cada muestra individual al menos seis veces, intercalando análisis estándar (Penna et al., 2010). En nuestro caso se utilizaron estos estándares, que se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 1-2. Interno dello spettroscopio laser.

1	Standard	2	$\delta^{2}\text{H}_{\text{VSMOW}}(\text{‰})$	3	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}(\text{‰})$
4	2E	5	$-123,8 \pm 1$	6	$-16,7 \pm 0,3$
7	3E	8	$-79,6 \pm 1$	9	$-11,0 \pm 0,3$
10	4E	11	$-49,2 \pm 1$	12	$-7,8 \pm 0,3$
13	5E	14	$-9,9 \pm 1$	15	$-1,52 \pm 0,3$

Fuente: Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Padova 2017.

Estos estándares no son estándares primarios certificados por el OIEA (Agencia Internacional de Energía Atómica) sino que son estándares derivados de estos y preparados por la empresa que suministró el instrumento para realizar verificaciones y construir líneas de calibración. Por tanto, se realizaron 8 inyecciones para cada muestra, prestando atención a inyectar siempre el mismo volumen (0,8 µl). La muestra se introdujo en el inyector a través de un tabique poroso (y dentro del inyector se evapora inmediatamente). El número múltiple de inyecciones es necesario para reducir el efecto de memoria entre una muestra / estándar y el siguiente, y para aumentar la precisión de los datos. Al inicio del análisis, el instrumento mide cuantas moléculas de agua se han inyectado para esto, para tener un análisis sumamente preciso, es necesario intentar inyectar siempre la misma cantidad, comprobando el valor que aparece en el monitor. Si en un análisis la cantidad de moléculas difiere demasiado del valor de referencia, los datos se pueden eliminar al final del procedimiento. La secuencia con la que se inyectan las muestras debe registrarse previamente, intentando alternar los estándares cada cinco muestras, según los protocolos definidos por el OIEA.

2.3.1. Espectroscopía de absorción láser para el análisis de isótopos de agua estables

Se utilizó un analizador de isótopos láser LWIA 24d CRDS para el análisis de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno ($\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$). Este instrumento, basado en técnicas espectroscópicas infrarrojas, le permite medir las relaciones isotópicas $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ y $^2\text{H} / ^1\text{H}$ en muestras de agua con extrema velocidad y precisión y es una excelente alternativa a la espectrometría de masas isotópica (IRMS). En este caso, de hecho, se aprovecha la absorción en el infrarrojo cercano (IR) que caracteriza a las pequeñas moléculas en la fase gaseosa, como por ejemplo el agua. Su estructura ahorra espacio y es muy práctica, es ideal para una amplia gama de aplicaciones de control y monitoreo del agua. El desarrollo de estas herramientas ha dado un nuevo impulso a los estudios basados en isótopos, especialmente en los campos hidrogeológico e hidrológico. De hecho, son relativamente baratos en comparación con un IRMS tradicional, tanto en términos de compra real del instrumento como en términos de practicidad (plug and play).

2.4. Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción (ICP-MS)

Esta metodología consiste en el análisis inorgánico elemental e isotópico, determina y cuantifica la mayoría de los elementos de la tabla periódica en ng/L o mg/L, asimismo ejecuta un análisis multielemental que proporciona la composición de la muestra analizada, la cuantificación de la composición isotópica y estudios de la estabilidad de isótopos traza. Estos sistemas de ICP-MS son adecuados para laboratorios de ciencias geológicas y de materiales, soluciones orgánicas e inorgánicas o matrices sólidas. ICP-MS significa Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (Isasa 2017, p. 66).

2.5. Determinación hidroquímica del agua

Se realizará los análisis hidroquímicos siguiendo el Manual de Métodos Analíticos para la Determinación del análisis fisicoquímico de aguas Standar Methods, donde mediante técnicas potenciométricas se analiza pH, CE y STD, por volumetría y colorimetría se identifica cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^{++} y aniones SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , HCO_3^- y por gravimetría comúnmente se suele analizar DQO, DBO entre otras.

2.6. Área de estudio

Nuestra área de estudio se encuentra dentro de la microcuenca del río Chibunga la cual se localiza en la provincia de Chimborazo, es parte de la subcuenca del río Chambo, está formada por la unión del río Chimborazo y Sicalpa tomando el nombre de río Chibunga en el sector de la fábrica

Cemento Chimborazo. Este cuerpo hídrico representa un recurso con gran importancia en el desarrollo del cantón Riobamba, los pobladores que se viven cerca de las riberas utilizan las aguas del río en agricultura y ganadería. Por otra parte, los ecosistemas alrededor del río, están alterados productos de actividades antrópicas, esto ha causado la disminución de la cantidad y la calidad hídrica, la fertilidad del terreno y la capacidad de retención de agua

Se consideró también la microcuenca del río Guano que igual parte de la subcuenca del río Chambo, La microcuenca del río Guano tiene un área de 390.7 km², El punto más alto alcanza una altura de 6240 m.s.n.m y el punto más bajo tiene 2480 m.s.n.m., el río Guano es de tercer orden, este río se considera una forzante para garantizar consistencia y homogeneidad para las cuencas y microcuencas de la subcuenca del chambo. El cuerpo hídrico alcanza una longitud de 30 km desde los deshielos de los glaciares del Volcán Chimborazo, luego pasa por la ciudad de Guano llegando finalmente a desembocar en el río Chambo. Su geomorfología es de tamaño intermedia-pequeña de forma ovalada, su dimensión es plana con partes accidentadas y variaciones de sección en toda su longitud.

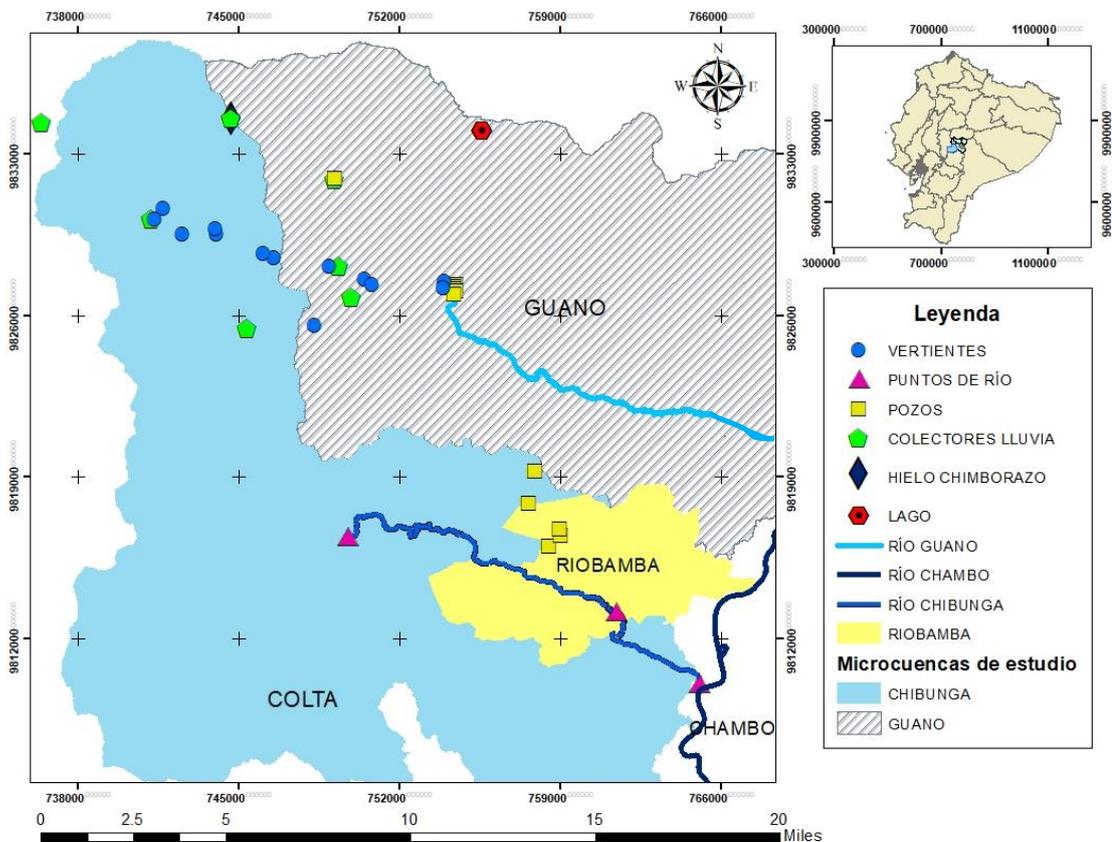


Figura 3-2. Mapa del Área de estudio de la Microcuenca del río Chibunga y Ubicación de los puntos de muestreo.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.6.1. Características De Las Microcuencas

Para caracterizar la zona de estudio se recorrió de Norte a Sur la microcuenca del río Chibunga y río Guano (Figura 3-2). Se encuentran ubicadas en el callejón interandino a una altitud que va desde los 2582.20 m.s.n.m y llega a los 4787.81 m.s.n.m, Las microcuencas tienen 3 partes altitudinales que son: una zona baja, una media y una zona alta tienen un suelo de materia parental que tiene su origen volcánico pero el resto del suelo es metamórfico, en este tipo de ecosistemas predominan el herbazal de páramo y el arbustal verde.

Tabla 2-2. Características de las microcuencas.

Nombre	Área Km2	Coordenadas UTM	Actividades
Microcuenca del río Chibunga	488,29 km2	17M 749795 9816411	Zonas urbanas, industriales, agrícolas ganaderas, centros de educación y recreación,
Microcuenca del río Guano	390.7 km2	17M 75780 982730	Agricultura y ganadería; actividades industriales fabricación de productos textiles como: alfombras, tapices, entre otras

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

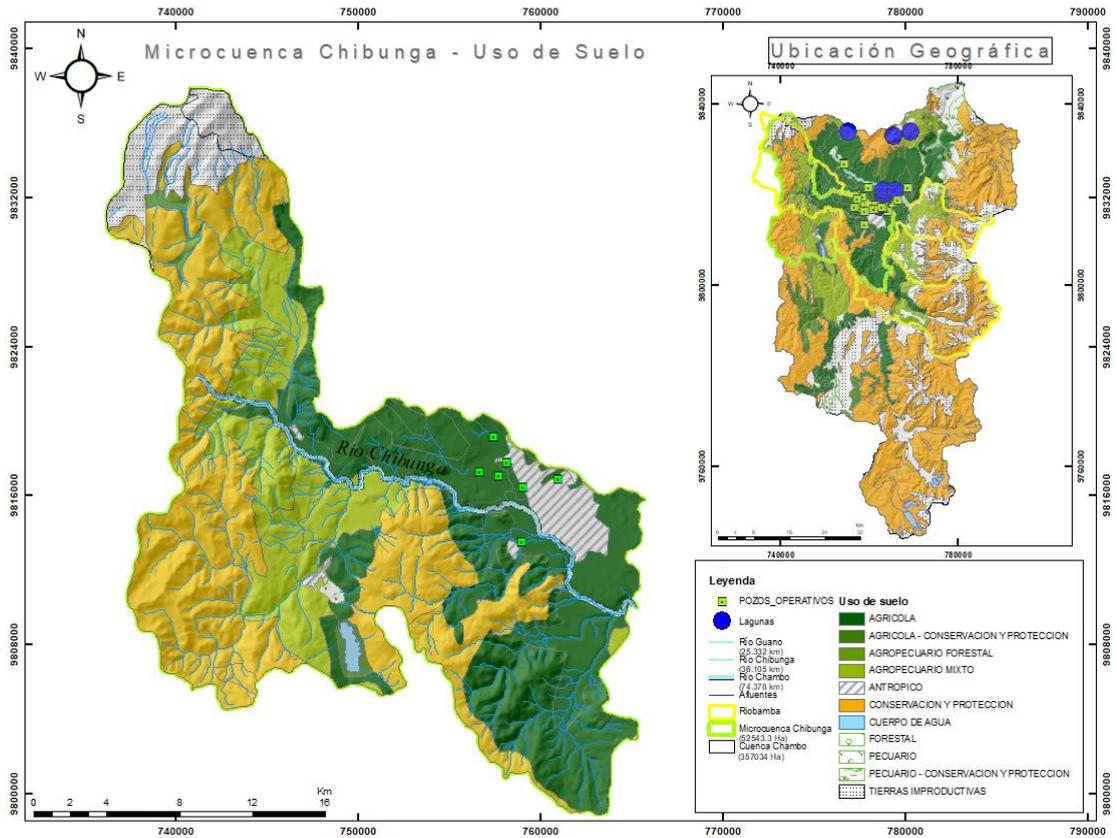


Figura 4-2. Mapa de la Microcuenca del río Chibunga según su uso de suelo y sus Efluentes que lo conforman.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.7. Identificación de las fuentes hídricas y levantamiento de la línea base

Las fuentes hídricas se refieren a las masas o cuerpos de agua acumulada en el subsuelo, proveniente de la condensación de vapor de agua en el interior del planeta o agua de precipitaciones, Pueden tener diferentes orígenes y alimentación, como los deshielos de glaciares. La identificación de las fuentes de agua superficiales y subterráneas junto con el levantamiento de la línea base se lo realiza en la zona alta, zona media y zona baja de la microcuenca de estudio, está comprendida en los límites de las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar. La microcuenca del río Chibunga perteneciente a la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, se encuentra ubicado a los límites, al Norte con las comunidades del cantón Riobamba, el volcán Chimborazo y al Sur con el cantón Chambo, el recorrido en campo que abarca un área aproximada de 900 km².

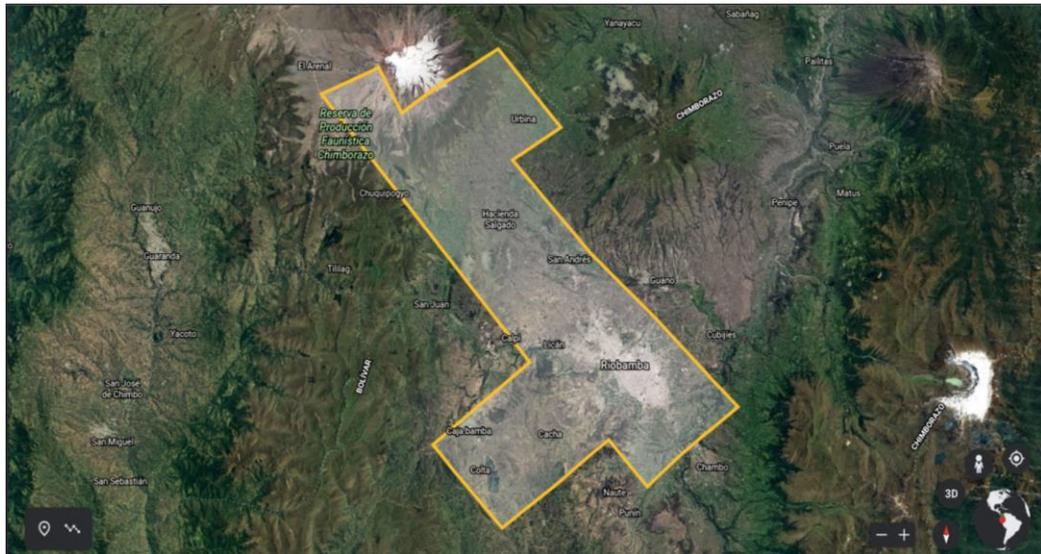


Figura 5-2. Ubicación del levantamiento de la línea base y los puntos de muestreo.

Fuente: Google Earth 2021.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.8. Población de estudio

Los datos a obtener serán tomados del conjunto de vertientes, pozos, puntos de río, lagunas, dentro de la microcuenca del río Chibunga y del río Guano, correspondiente a la zona alta, media y baja de la subcuenca del río Chambo a una altitud comprendida entre los 2500 a 5000 msnm.

2.9. Tamaño de la muestra

La investigación se aplicará al 46% de la muestra ya que se levantaron 78 puntos de los cuales se eligieron solamente 36 puntos representativos.

2.10. Método de muestreo

El método de muestreo a emplear será por conveniencia ya que este tipo de muestreo es un procedimiento en el que muestras se obtiene de acuerdo a la facilidad de acceso, condiciones atmosféricas y climáticas, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento particular, con un enfoque analítico debido a que se realizará un reconocimiento previo de las zona alta , media y baja de la subcuenca del río Chambo en búsqueda de los lugares potenciales en cuanto a fuentes de agua, de la zona de estudio y una identificación de los puntos a muestrear.

2.10.1. Técnicas de recolección de datos y muestras

Las muestras de agua serán obtenidas según lo estipulado en la metodología de la GUÍA PARA EL MUESTREO PASIVO EN AGUAS SUPERFICIALES y SUBTERRÁNEAS y de acuerdo a las guías estandarizadas NTE INEN-ISO 5667-23 Primera edición 2014 sobre las técnicas para CALIDAD DEL SUELO. MUESTREO. PARTE 6: GUÍA DE PROCEDIMIENTO PARA LA INVESTIGACIÓN DE SITIOS NATURALES, CASI NATURALES Y CULTIVADOS, que están fijados en la misma, posteriormente serán analizados in situ con el multiparámetro obteniendo lecturas reales ese momento las cuales son almacenadas en un listado de datos. Para el monitoreo de los puntos seleccionados se procederá de la siguiente manera: Identificamos la fuente de agua, de acuerdo a esto procedemos a recolectar la muestra, aproximadamente un 1L de agua recolectada de las diferentes fuentes, para ser sometidas a su respectivo análisis físico químico con el multiparámetro.

Para el análisis isotópico e hidroquímico se utilizó el protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods donde se tomó 1L de agua en botellas de plástico para determinar los análisis isotópicos y la caracterización hidroquímica, las muestras con su respectivo etiquetado se trasladaron en una hielera para luego enviarlas al laboratorio de la Universidad de Padova (Italia) para realizar los análisis en el Departamento de Suelo, Ambiente, Agricultura y Bosques de la Universidad de Padova. Para la determinación de los parámetros hidroquímicos se realizó: cationes tales como Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y aniones tales Sulfatos SO_4^{2-} , nitratos NO_3^- , conjuntamente se analizó metales pesados mediante ICPM ya que la mayoría de las fuentes hídricas tanto las fuentes superficiales como subterráneas son utilizadas por los pobladores de las zonas medias y bajas de la microcuenca del río Chibunga para uso potable y agrícola.

2.11. Análisis estadístico inferencial

Los parámetros que fueron seleccionados para el análisis estadístico fueron las concentraciones isotópicas obtenidas en los resultados. Una vez armada la base de datos, se procedió utilizando el enfoque estadístico clásico (varianza y desviación) y el de la geoestadística (la comparación de las medias), para la obtención de valores representativos que muestren el comportamiento de las variables.

Tabla 3-2. Análisis Estadístico Inferencial.

Informe		
	d 2H (%)	d 18O (‰)
Media	-100.19	-14.48
N	36	36
Desv. Desviación	8.529	1.301
Máximo	-81	-11
Mínimo	-126	-18
Varianza	72.736	1.692
Mediana	-99.58	-14.50

Fuente: SPSS Studio.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.12. Colocación de colectores lluvia

Se realizó la colocación de colectores lluvia con el fin de recolectar agua lluvia a diferentes alturas y tener un mayor control sobre la presencia de isotopos ya que el agua de lluvia carece de cloro, residuos químicos y otras partículas que quedan después del tratamiento del agua, y que pueden afectar el desarrollo y determinación de los resultados.

Tabla 4-2. Ubicación de colectores lluvia

N°	Código	Lugar	Latitud(x)	Longitud(y)	Elevación (msnm)	Sitio
1	C1	SANTA LUCIA DE CHUQUIPOGYO	-1.51983	-78.76031	3681.06	tanque reservorio
2	C2	SANTA LUCIA DE CHUQUIPOGYO 1	-1.52667	-78.76009	3612.45	tanque reservorio
3	C3	SANTA LUCIA DE CHUQUIPOGYO 2	-1.53192	-78.75793	3576.20	tanque reservorio
4	C4	SANCAPAMBA	-1.55380	-78.75850	3394.93	CASA
5	C5	PULINGUI	-1.56630	-78.75380	3300.03	CASA
6	C6	CHIMBORAZO LA Y	-1.57820	-78.79460	3421.51	tanque reservorio
7	C7	TAMBOHUASHA TANQUE 1	-1.53640	-78.78540	3696.24	tanque reservorio
8	C8	LA CHORRERA-CHACANA	-1.53550	-78.83210	3820.62	Paradero de comidas
9	C9	ENTRADA CHIMBORAZO	-1.49800	-78.87480	4368.34	Entrada al refugio
10	C10	HIELEROS	-1.49618	-78.80066	4787.81	Punto de los hieleros.
11	H1	HIELEROS	-1.49618	-78.80066	4787.81	Cubo de Hielo de las minas de hielo

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

2.13. Selección de puntos de monitoreo y análisis

Se realizó un recorrido correspondiente a la zona alta, media y baja de la subcuenca del río Chibunga a una altitud comprendida entre los 2500 a 5000 msnm que está comprendido en los límites de las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar. Se recorrió el área de estudio buscando fuentes de agua superficiales y subterráneas para poder analizarlas, una vez se encontraba una fuente hídrica ya sea vertiente, pozo, punto de río o lagunas, se tomaba las coordenadas con un GPS marca Garmin ETREX 22x y se realizaba el análisis físico químico in situ del agua con el multiparámetro H198129-H198130 Waterproof PH CE/TDS & Temperature T esters, donde se determinó el pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (TDS) mediante un muestreo puntual, para luego ser pasados a una base de datos de excel y realizar un inventario con todos puntos levantados y poder ver los puntos que presentan un mayor conductividad eléctrica para su posterior determinación de la concentración isotópica e hidroquímica de las fuentes de agua identificadas, que sirvan como insumo para la determinación de la recarga subterránea en la zona, y con los datos obtenidos poder aplicar diagramas y sistemas de información geográfica para realizar gestión integral en la microcuenca del río Chibunga.

2.13.1. Selección de puntos para los análisis

Considerando el levantamiento de la línea base que se realizó dentro del conjunto de vertientes, pozos, puntos de río, lagunas obtenido en la microcuenca del río Chibunga se eligieron 36 muestras representativas relacionadas con la altura ya que la presencia de isótopos en las fuentes de agua tiene un comportamiento variado a diferentes altitudes por lo que la elevación fue un factor esencial para la toma de muestras, además basó en el análisis físico químico realizado in situ en especial la conductividad eléctrica (CE) ya que a mayor conductividad eléctrica mayor es la presencia de isótopos. La concentración del deuterio 2H y O18, en las fuentes superficiales y subterráneas influyen directamente en la recarga de los acuíferos dentro de la microcuenca del río Chibunga, contribuyendo en la conservación de los ecosistemas. Los puntos elegidos fueron los siguientes:

Tabla 5-2. Puntos de muestreo en la microcuenca del río Chibunga.

Número	Puntos de muestreo	Ubicación	WGS 1984 UTM ZONA 17S		Altitud (m.s.n.m)
			Longitud(x)	Latitud (Y)	
1	S12	AUCACAN	-78,762280	-1,553870	3319,00
2	S13	LA SILVERIA	-78,748800	-1,558970	3300,21
3	S14	LA UNION 2	-78,745900	-1,561000	3264,08
4	S16	LA MOYA	-78,768260	-1,576860	3346,54

5	S17	CURIPOGYO	-78,784150	-1,550760	3591,55
6	S18	TAMBOHUASHA	-78,788330	-1,548870	3604,61
7	S20	CUARTEL DE LOS INCAS	-78,806570	-1,541510	3668,61
8	S21	CUARTEL DE LOS INCAS II	-78,807090	-1,539420	3673,28
9	S24	SAN PABLO 1	-78,717513	-1,559662	3135,16
10	S25	SAN PABLO 2	-78,717628	-1,562441	3137,79
11	W4	LLIO POZO 1	-78,712830	-1,560889	3124,14
12	W5	LLIO POZO 2	-78,713726	-1,561979	3119,02
13	W6	LLIO POZO 6	-78,713446	-1,562849	3116,88
14	W7	LLIO POZO 7	-78,712785	-1,563750	3118,08
15	W8	LLIO POZO 4	-78,713542	-1,564757	3115,90
16	S26	MESARUMI 1	-78,819656	-1,541644	3655,24
17	S28	LA CHORRERA 1	-78,82717	-1,53137	3720,84
18	S39	LA CHORRERA 12	-78,830807	-1,535752	3722,67
19	L8	YANAYACU-MOCHAPATA 7	-78,702830	-1,50081	3559,59
20	R4	CEMENTO CHIMBORAZO	-78,754800	-1,659700	3061,45
21	R5	PARQUE ECOLOGICO	-78,649900	-1,688700	2726,14
22	R6	LICTO-CHAMBO	-78,617200	-1,716700	2582,20
23	W9	Santa Lucia	-78,67204	-1,685163	2796
24	W10	La Huerta	-78,676500	-1,663400	2814,66
25	W11	Servidores	-78,671900	-1,659200	2807,84
26	W12	24 de Mayo	-78,684500	-1,646400	2863,67
27	W13	Santa Ana	-78,681800	-1,633800	2890,15
28	W14	21 de abril	-78,672100	-1,656400	2814,31
29	C1	SANTA LUCIA DE CHUQUIGYO 1	-78,76009	-1,52667	3612,45
30	C4	SANCAPAMBA	-78,75850	-1,55380	3394,93
31	C5	PULINGUI	-78,75380	-1,56630	3300,03
32	C6	CHIMBORAZO LA Y	-78,79460	-1,57820	3421,51
33	C8	LA CHORRERA-CHACANA	-78,83210	-1,53550	3820,62
34	C9	ENTRADA CHIMBORAZO	-78,87480	-1,49800	4368,34
35	C10	HIELEROS	-78,80066	-1,49618	4787,81
36	H1	HIELEROS	-78,80066	-1,49618	4787,81

Realizador por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

Donde:

Letra	Significado
S(Spring)	Vertiente
W(Well)	Pozo
L(Lagoon)	Laguna
C(Colectore di plogia)	Colector lluvia
R(River point)	Punto de río

2.14. Caracterización físico-química

En cada punto se realizó un análisis físico químico in situ del agua con el multiparámetro H198129-H198130 Waterproof PH CE/TDS & Temperature T esters, donde se determinó el pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (TDS) mediante un muestreo puntual generando una base de datos en Excel con valores reales obtenidos en campo.

2.15. Caracterización hidroquímica

Se tomó 36 muestras de agua de los 78 puntos levantados para el análisis hidroquímico se utilizó el manual Standard Methods donde mediante métodos analíticos para muestras de agua tales como potenciometría se analiza pH, CE y STD, por volumetría y colorimetría se calcula cationes tales como Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y aniones los cuales son Sulfatos SO_4^{2-} , nitratos NO_3^- , y por gravimetría se analizara DQO, DBO, etc.

2.16. Caracterización de metales pesados

Para la determinación de metales pesados Li, B, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Cd, Ba, Pb se analizó mediante ICPM ya que la mayoría de las fuentes hídricas tanto las fuentes superficiales como subterráneas son utilizadas por los pobladores de las zonas medias y bajas de la microcuenca del río Chibunga para uso potable y agrícola.

Tabla 6-2. Inventario de los parámetros físico químicos de la línea base levantada dentro en la microcuenca del Río Chibunga.

Número	Puntos de muestreo	Ubicación	Lat	Long	Ele (msnm)	TDS (ppt)	pH	EC (mS/cm)	Temperatura del agua (°C)
1	W1	SAN MARTIN BAJO 1	-1,86609	-78,71827	3167,12	0,59	7,59	1,39	13,3
2	W2	SAN MARTIN BAJO 2	-1,86703	-78,72095	3168,15	0,44	7,27	0,90	17,5
3	W3	SAN MARTIN BAJO 3	-1,86582	-78,72100	3171,00	0,52	7,85	1,04	14,0
4	L1	COLTA	-1,72515	-78,75797	3315,26	0,59	9,25	1,18	15,6
5	L2	YANAYACU- MOCHAPATA 1	-1,48848	-78,69724	3607,38	0,07	8,18	0,17	14,1
6	L3	YANAYACU- MOCHAPATA 2	-1,49036	-78,69804	3612,56	0,04	7,42	0,07	14,5
7	L4	YANAYACU- MOCHAPATA 3	-1,49055	-78,69892	3606,11	0,07	6,87	0,15	15,5
8	L5	YANAYACU- MOCHAPATA 4	-1,49081	-78,69966	3606,21	0,06	6,95	0,13	13,8
9	L6	YANAYACU- MOCHAPATA 5	-1,49114	-78,70149	3602,80	0,07	7,32	0,14	12,7
10	L7	YANAYACU- MOCHAPATA 6	-1,50089	-78,70249	3558,13	0,08	7,35	0,07	13,5
11	L8	YANAYACU- MOCHAPATA 7	-1,50081	-78,70283	3559,59	0,29	7,50	0,57	13,5
12	S1	SAN RAFAEL DE CHUQUIPOGYO	-1,48512	-78,75601	4049,44	0,10	7,48	0,19	8,9
13	L9	12 DE OCTUBRE	-1,47258	-78,70628	3604,75	0,11	8,20	0,21	14,6

14	R1	CHIMBORAZO- CARIHUAIRAZO 1	-1,44836	-78,75095	3878,33	0,04	8,24	0,08	9,6
15	R2	CHIMBORAZO- CARIHUAIRAZO 2	-1,44827	-78,75092	3875,47	0,11	8,14	0,22	9,0
16	S2	LAS ABRAS 1	-1,45058	-78,74130	3849,89	0,10	8,27	0,19	7,7
17	S3	LAS ABRAS 2	-1,45081	-78,74163	3837,13	0,10	7,36	0,20	8,0
18	S4	LAS ABRAS 3	-1,45009	-78,74280	3848,99	0,08	6,35	0,17	6,9
19	S5	LAS ABRAS 4	-1,44960	-78,74354	3857,44	0,09	7,56	0,18	7,9
20	S6	LAS ABRAS 5	-1,44930	-78,74469	3856,23	0,09	7,37	0,18	7,8
21	S7	LAS ABRAS 6	-1,44905	-78,74575	3855,01	0,07	6,50	0,13	7,5
22	S8	LAS ABRAS 7	-1,44813	-78,74750	3868,32	0,08	7,53	0,14	7,2
23	S9	LAS ABRAS 8	-1,447456	-78,749284	3890,02	0,08	8,36	0,16	8,1
24	L10	12 DE OCTUBRE (COCHALARGA)	-1,46679	-78,70067	3577,00	0,13	8,02	0,26	14,1
25	R3	12 DE OCTUBRE (COCHALARGA)	-1,45412	-78,70286	3462,99	0,09	7,68	0,19	10,5
26	S10	12 DE OCTUBRE (EL MIRADOR) 1	-1,458045	-78,718660	3752,30	0,09	5,50	0,17	11,4
27	S11	12 DE OCTUBRE (EL MIRADOR) 2	-1,4584180	- 78,7188530	3746,91	0,09	6,80	0,18	10,3
28	S12	AUCACAN	-1,553870	-78,762280	3319,00	0,22	6,45	0,44	11,7
29	S13	LA SILVERIA	-1,558970	-78,748800	3300,21	0,19	6,23	0,38	10,0
30	S14	LA UNION 2	-1,561000	-78,745900	3264,08	0,22	6,38	0,43	11,0
31	S15	LA UNION	-1,560090	-78,744170	3258,60	0,20	6,67	0,41	12,2
32	S16	LA MOYA	-1,576860	-78,768260	3346,54	0,28	6,57	0,57	12,0

33	S17	CURIOGYO	-1,550760	-78,784150	3591,55	0,23	5,90	0,48	12,0
34	S18	TAMBOHUASHA	-1,548870	-78,788330	3604,61	0,46	6,22	0,93	12,0
35	S19	TAMBOHUASHA CENTRO	-1,558320	-78,786440	3548,04	0,23	6,48	0,45	12,0
36	S20	CUARTEL DE LOS INCAS	-1,541510	-78,806570	3668,61	0,33	5,46	0,65	11,5
37	S21	CUARTEL DE LOS INCAS II	-1,53942	-78,80709	3673,28	0,21	6,57	0,43	10,0
38	S22	CUARTEL DE LOS INCAS III	-1,540340	-78,806880	3671,10	0,24	6,53	0,39	10,0
39	S23	CUARTEL DE LOS INCAS IV	-1,540630	-78,806240	3667,79	0,23	6,20	0,47	11,0
40	S24	SAN PABLO 1	-1,559662	-78,717513	3135,16	0,21	6,10	0,42	9,9
41	S25	SAN PABLO 2	-1,562441	-78,717628	3137,79	0,21	6,13	0,43	11,3
42	W4	LLIO POZO 1	-1,560889	-78,712830	3124,14	0,22	6,43	0,44	12,6
43	W5	LLIO POZO 2	-1,561979	-78,713726	3119,02	0,27	6,45	0,55	11,6
44	W6	LLIO POZO 6	-1,562849	-78,713446	3116,88	0,22	6,55	0,44	12,3
45	W7	LLIO POZO 7	-1,563750	-78,712785	3118,08	0,28	6,50	0,57	11,3
46	W8	LLIO POZO 4	-1,564757	-78,713542	3115,90	0,23	6,53	0,45	11,7

47	T1	MIX LLIO Y SAN PABLO	-1,565356	-78,713497	3117,85	0,24	6,24	0,49	11,0
48	S26	MESARUMI 1	-1,541644	-78,819656	3655,24	0,23	6,20	0,44	12,5
49	S27	MESARUMI 2	-1,541433	-78,819633	3658,60	0,25	6,46	0,51	11,1
50	S28	LA CHORRERA 1	-1,53137	-78,82717	3720,84	0,18	6,49	0,37	11,0
51	S29	LA CHORRERA 2	-1,531118	-78,827289	3717,22	0,19	6,56	0,37	11,0
52	S30	LA CHORRERA 3	-1,530733	-78,827532	3728,64	0,19	6,22	0,38	10,0
53	S31	LA CHORRERA 4	-1,530256	-78,828729	3727,83	0,22	7,25	0,44	11,0
54	S32	LA CHORRERA 5	-1,530898	-78,829728	3715,11	0,21	8,39	0,41	10,5
55	S33	LA CHORRERA 6	-1,531075	-78,829839	3729,11	0,21	8,51	0,41	9,8
56	S34	LA CHORRERA 7	-1,532225	-78,830205	3720,32	0,22	6,65	0,44	10,5
57	S35	LA CHORRERA 8	-1,532755	-78,830436	3727,85	0,24	6,60	0,49	11,0
58	S36	LA CHORRERA 9	-1,534665	-78,830779	3735,89	0,25	7,10	0,50	11,0
59	S37	LA CHORRERA 10	-1,535130	-78,830750	3732,80	0,26	6,57	0,47	11,0
60	S38	LA CHORRERA 11	-1,535194	-78,830701	3912,43	0,29	8,51	0,39	11,0
61	S39	LA CHORRERA 12	-1,535752	-78,830807	3722,67	0,24	6,74	0,48	11,0
62	R4	CEMENTO CHIMBORAZO	-1,659700	-78,754800	3061,45	0,22	8,23	0,43	12,0

63	R5	PARQUE ECOLOGICO	-1,688700	-78,649900	2726,14	0,25	8,26	0,50	14,2
64	R6	LICTO	-1,716700	-78,617200	2582,20	0,30	8,10	0,60	16,4
65	W9	Santa Lucia	-1,519800	-78,760300	3680,32	0,87	7,58	1,75	20,0
66	W10	La Huerta	-1,663400	-78,676500	2814,66	0,61	7,17	1,22	18,1
67	W11	Servidores	-1,659200	-78,671900	2807,84	0,60	7,30	1,20	18,1
68	W12	24 de Mayo	-1,646400	-78,684500	2863,67	0,58	6,95	1,16	16,2
69	W13	Santa Ana	-1,633800	-78,681800	2890,15	0,39	7,56	0,79	17,3
70	W14	21 de abril	-1,656400	-78,672100	2814,31	0,60	7,59	1,21	18,0
71	C1	SANTA LUCIA DE CHUQUIGYO	-1,51983	-78,76031	3681,06	0,01	5,55	0,02	17,7
72	C4	SANCAPAMBA	-1,55380	-78,75850	3394,93	0,01	9,17	0,02	13,1
73	C5	PULINGUI	-1,56630	-78,75380	3300,03	0,01	5,25	0,02	16,2
74	C6	CHIMBORAZO LA Y	-1,57820	-78,79460	3421,51	0,01	5,36	0,02	15,6
75	C8	LA CHORRERA-CHACANA	-1,53550	-78,83210	3820,62	0,01	6,16	0,03	16,1
76	C9	ENTRADA CHIMBORAZO	-1,49800	-78,87480	4368,34	0,01	4,91	0,02	7,5
77	C10	HIELEROS	-1,49618	-78,80066	4787,81	0,01	6,75	0,01	8,0
78	H1	HIELEROS	-1,49607	-78,80021	4748,00	0,03	6,32	0,04	7,1

Realizador por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Determinación de la concentración isotópica de las fuentes superficiales y subterráneas

Los análisis de espectroscopia isotópica se realizaron de las muestras tomadas en los puntos de monitoreo conforme a la metodología establecida. Se efectuó 8 inyecciones para cada muestra, siempre con el mismo volumen (0,8 μ l). El número múltiple de inyecciones es necesario para reducir el efecto de memoria entre una muestra / estándar y el siguiente, y para aumentar la precisión de los datos. La secuencia con la que se inyectan las muestras debe registrarse previamente, intentando alternar los estándares cada cinco muestras. Se utilizó un analizador de isótopos láser LWIA 24d CRDS para el análisis de isótopos estables de hidrógeno y oxígeno ($\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$).

Tabla 1-3. Concentración Isotópica

Código	Sitio	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
S12	AUCACAN	-101.4	-14.7
S13	LA SILVERIA	-102.4	-14.9
S14	LA UNION 2	-103.6	-14.9
S16	LA MOYA	-104.1	-14.8
S17	CURIPOGYO	-102.4	-14.7
S18	TAMBOHUASHA	-102.4	-15.0
S20	CUARTEL DE LOS INCAS	-109.1	-15.9
S21	CUARTEL DE LOS INCAS II	-105.9	-15.4
S24	SAN PABLO 1	-100.1	-14.7
S25	SAN PABLO 2	-99.2	-14.5
S26	MESARUMI 1	-110.5	-15.8
S28	LA CHORRERA 1	-104.3	-14.9
S39	LA CHORRERA 12	-108.4	-15.6
L8	YANAYACU-MOCHAPATA 7	-80.8	-10.8
R4	CEMENTO CHIMBORAZO	-96.5	-14.4
R5	PARQUE ECOLOGICO	-95.6	-14.0
R6	LICTO-CHAMBO	-92.7	-13.7
W4	LLIO POZO 1	-96.9	-14.0
W5	LLIO POZO 2	-98.3	-14.5

W6	LLIO POZO 6	-97.1	-14.4
W7	LLIO POZO 7	-98.5	-14.5
W8	LLIO POZO 4	-96.3	-13.8
W9	Santa Lucia	-93.3	-12.8
W10	La Huerta	-89.1	-11.3
W11	Servidores	-96.8	-13.9
W12	24 de Mayo	-99.8	-14.4
W13	Santa Ana	-96.1	-14.0
W14	21 de abril	-99.4	-13.9
C1	SANTA LUCIA DE CHUQUIGYO 1	-101.0	-14.5
C4	SANCAPAMBA	-94.5	-14.3
C5	PULINGUI	-80.8	-12.6
C6	CHIMBORAZO LA Y	-91.9	-14.0
C8	LA CHORRERA-CHACANA	-106.6	-15.3
C9	ENTRADA CHIMBORAZO	-126.4	-18.2
C10	HIELEROS	-113.4	-16.6
H1	MINAS DE HIELO	-110.9	-15.5

Realizador por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

3.2. Interpretación de la línea meteórica local

3.2.1. Deuterio vs Oxígeno 18

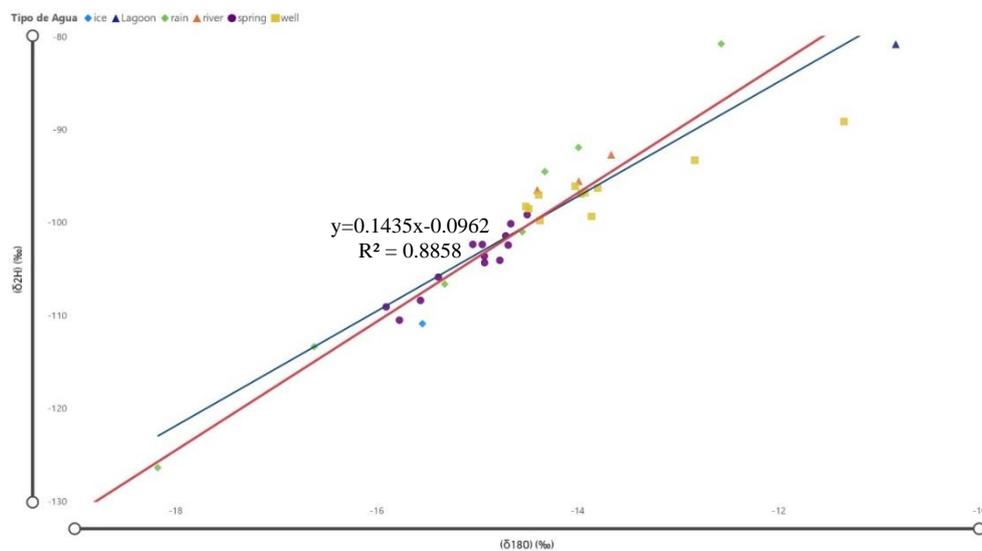


Gráfico 1-3. Deuterio Vs Oxígeno 18

Fuente: Power Bi Desktop

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

Aquí la línea de tendencia cambia quiere decir que a menor altura mayor concentración isotópica, y a mayor altura menor concentración isotópica, aquí entra un factor conocido como altitudinal donde actúa la elevación topográfica causando que se registren composiciones isotópicas menores a medida que se incrementa la altura del lugar, también depende de la temperatura, puesto a que la condensación se produce a partir de la disminución de la misma de la temperatura con el aumento de la altitud. Al disminuir la presión con el incremento en la altitud, el sistema requiere un descenso de la temperatura, la zona de estudio al ser una región fría donde el área de recarga está cerca de la línea de nieve perpetua, la composición isotópica de la precipitación y el agua subterránea está controlada por los procesos de deshielo de los glaciares caracterizados por la baja concentración de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$. El fraccionamiento isotópico ocurre en las montañas del volcán Chimborazo la topografía del lugar hace que cuando las nubes viajen al interior del lugar una parte de la fase vapor se condensa y precipita a determinada altura al llegar al punto de rocío. Esto continúa produciéndose a medida que la elevación topográfica se incrementa en su recorrido por la cordillera de tal manera las moléculas de agua permanecerán en la fase vapor respecto a la fase líquida que posteriormente se precipitara a partir de ella.

3.2.3. Deuterio Vs temperatura

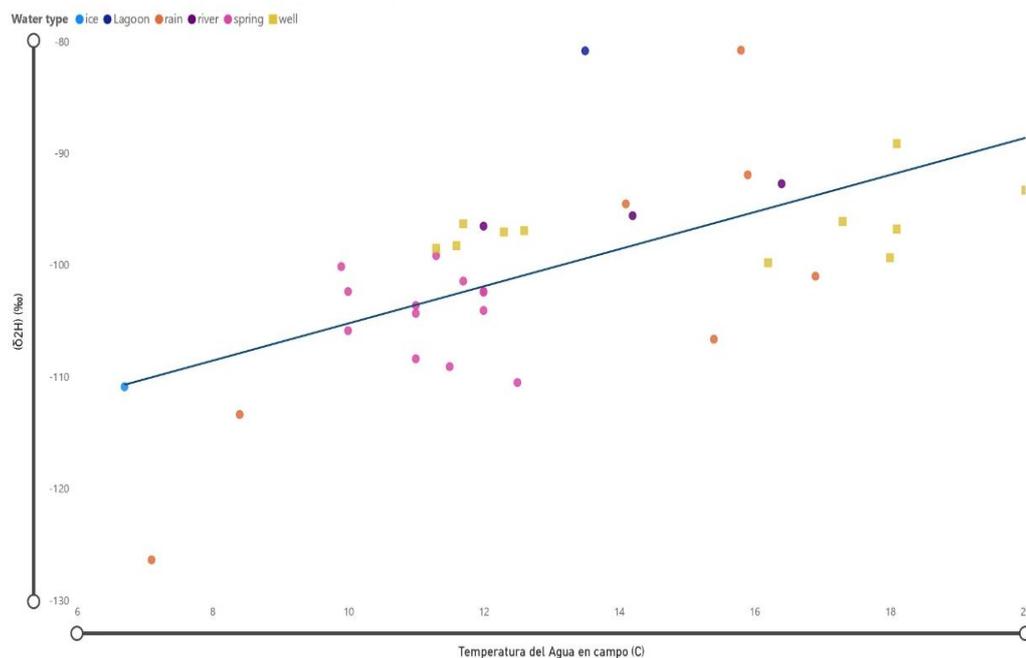


Gráfico 3-3. Deuterio vs Temperatura

Fuente: Power Bi Desktop

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

La línea de tendencia indica que a menor temperatura menor concentración isotópica, a mayor temperatura la concentración isotópica es mayor. Se observó que el empobrecimiento isotópico

de la lluvia se relaciona con la disminución de temperatura, la cual se rige a los efectos físicos del lugar. Una composición isotópica con un bajo contenido de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ es consecuencia de la mezcla de factores como el distanciamiento de la masa de vapor de los océanos al interior del continente lo que se conoce como factor continental y el factor altitudinal donde por el incremento en la altura, la temperatura disminuye y los valores isotópicos, actúa también el factor estacional generando un menor contenido isotópico puesto que el muestreo se desarrolló en invierno, en las zonas de los acuíferos la temperatura maneja la atenuación de la recarga relacionada con la estacionalidad de la precipitación en función de la porosidad efectiva de las rocas y sedimentos y la velocidad de flujo de agua subterránea. La combinación de estos efectos le confiere una marca isotópica característica a la precipitación permitiendo comprobar que los cambios estacionales a corto y largo plazo dependen del acaparamiento de nieve en los glaciares, la infiltración del agua meteórica en los acuíferos subterráneos y la evolución química del agua subterránea.

3.3. Caracterización hidroquímica de las fuentes superficiales y subterráneas

3.3.1. Determinación de concentraciones del análisis hidroquímico mediante el diagrama de piper

Para construir el diagrama de Piper se procede de la siguiente manera:

Las concentraciones obtenidas en el análisis de laboratorio están en mg/l, se convierten a meq/l dividiendo los mg/l de cada parámetro por el peso del miliequivalente correspondiente.

Para convertir los 34.14 mg/l de Ca^{+2} correspondientes de la primera muestra S12 dividimos por 20 que es lo que pesa un meq de Ca^{+2} . El resultado es 0.95 meq/l (tabla 2-3).

Fórmula

$$\%(muestra) = \frac{\text{Concentracion (mg/l)}}{\text{Peso del cation o anion de un meq}}$$

Ec. 3-1

Cationes

Tabla 2-3. Concentraciones de los cationes en meq/l.

Parámetro	Concentracion (mg/l)	Peso de un meq	Concentración en meq/l
Ca^{+2}	19.0	20	0.95
Mg^{+2}	10.8	12.15	0.88
Na^{+}	12.1	23	0.53
K^{+}	2.3	39	0.06
Suma			2.42

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

$$\%Ca(S12) = \frac{19\text{mg/l}}{20\text{meq}} = 0.95\text{meq/l}$$

$$\%Mg(S12) = \frac{10.8\text{mg/l}}{12.15\text{meq}} = 0.88\text{meq/l}$$

$$\%Na(S12) = \frac{12.1\text{mg/l}}{23\text{meq}} = 0.53\text{meq/l}$$

$$\%K(S12) = \frac{2.3\text{mg/l}}{39\text{meq}} = 0.06\text{meq/l}$$

Aniones

Tabla 3-3. Concentraciones de los aniones en meq/l.

Parámetro	Concentración (mg/l)	Peso de un meq	Concentración en meq/l
HCO_3^-	139.1	61	2.28
Cl^-	2.5	35.5	0.07
SO_4^{2-}	5.6	48	0.12
NO_3	5.0	62	0.08
Suma			2.55

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

$$\%HCO_3^-(S12) = \frac{139.1\text{mg/l}}{61\text{meq}} = 2.28\text{meq/l}$$

$$\%Cl^-(S12) = \frac{2.5\text{mg/l}}{35.5\text{meq}} = 0.07\text{meq/l}$$

$$\%SO_4^{2-}(S12) = \frac{5.6\text{mg/l}}{48\text{meq}} = 0.12\text{meq/l}$$

$$\%NO_3(S12) = \frac{5.0\text{mg/l}}{62\text{meq}} = 0.08\text{meq/l}$$

Expresamos como porcentaje los meq/l de cada parámetro, para ello: primero, sumamos los aniones y los cationes presentes en la muestra luego dividimos la concentración de cada parámetro por la suma de aniones o cationes según corresponda.

Para expresar los 0.95 meq/l de calcio que hay en la muestra, se debe tener en cuenta que la suma de cationes para es 2.42 meq/l, así.

Fórmula

$$\%Muestra = \frac{\text{concentracion en } (\frac{\text{meq}}{\text{l}})}{\text{Suma de Cationes o aniones meq}} * 100 = \%$$

Ec. 3-2

Cationes

Tabla 4-3. Concentración de los cationes en porcentajes.

Parámetro	Concentración (meq/l)	Concentración (%)
Ca^{+2}	0.95	39.25
Mg^{+2}	0.88	36.36
Na^{+}	0.53	21.9
K^{+}	0.06	2.48
Suma	2.42	100

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

$$\%Ca(S12) = \frac{0.95 \frac{meq}{l}}{2.42 meq} * 100 = 39.25\%$$

$$\%Mg(S12) = \frac{0.88 \frac{meq}{l}}{2.42 meq} * 100 = 36.36\%$$

$$\%Na(S12) = \frac{0.53 \frac{meq}{l}}{2.42 meq} * 100 = 21.9\%$$

$$\%K(S12) = \frac{0.06 \frac{meq}{l}}{2.43 meq} * 100 = 2.48\%$$

Aniones

Tabla 5-3. Concentración de los aniones en porcentajes.

Parámetro	Concentración (meq/l)	Concentración (%)
HCO_3^{-}	2.28	89.41
Cl^{-}	0.07	2.75
SO_4^{2-}	0.12	4.70
NO_3	0.08	3.14
Suma	2.55	100

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

$$\%HCO_3^{-}(S12) = \frac{2.28meq/l}{2.55meq} * 100 = 89.41\%$$

$$\%Cl^{-}(S12) = \frac{0.07meq}{2.55meq} * 100 = 2.75\%$$

$$\%SO_4^{2-}(S12) = \frac{0.12meq/l}{2.55meq} * 100 = 4.70\%$$

$$\%NO_3(S12) = \frac{0.08meq/l}{2.55meq} * 100 = 3.14\%$$

Dibujar las proporciones en los gráficos triangulares. Se debe tener en cuenta que estos triángulos muestran solo las proporciones entre los aniones o los cationes mayores, no sus concentraciones. Tal como se muestra en el Gráfico 4, en unos de los vértices del triángulo de cationes se dibuja la suma de $K^+ + Na^+$, por lo tanto, las cantidades a graficar son las siguientes.

Tabla 6-3. Resultados de los cationes y aniones en porcentajes.

Cationes	
Ca^{+2}	39.25
Mg^{+2}	36.36
$Na^+ + K^+$	24.38
Suma	100
Aniones	
HCO_3^-	89.41
$\%Cl^- + NO_3$	5.89
SO_4^{2-}	4.70
Suma	100

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

Ahora se grafica el punto correspondiente a los cationes, conformado por 39% de Ca, 36% de Mg y 24% de Na+K, para ello, utilizamos con rectas auxiliares la opuesta cada uno de los vértices donde están el Ca, Mg y Na+K respectivamente.

- Paralela a la recta opuesta al vértice del Ca, trazamos una línea por donde está el 39% de Ca (Línea verde).
- Paralela a la recta opuesta al vértice del Mg, trazamos una línea por donde está el 36% de Mg (línea azul).
- Paralela a la recta opuesta al vértice del Na+K, trazamos una línea por donde está el 24% de Na+K (línea naranja).
- En el sitio donde se cortan las tres rectas, se coloca el punto correspondiente a 39% de Ca, 36% de Mg y 24% de Na+K.
- Para los aniones los valores están conformados por 89% de HCO_3^- , 6% de $Cl^- + NO_3^-$ y 5% de SO_4^{2-} .

Lo que sigue es proyectar ambos puntos en el rombo central, para ello se prolongan las líneas rojas de ambos triángulos. Donde se corten dichas líneas se localiza el punto que caracteriza la muestra, y se visualiza la evolución geoquímica de las aguas subterráneas, los procesos de intercambio catiónico, las mezclas entre dos tipos de agua, los procesos de dilución o precipitación de especies iónicas, junto con la cartografía y localización de los puntos de muestreo permite validar la zona de recarga de los acuíferos.

El resultado de todo este procedimiento se muestra en el siguiente gráfico.

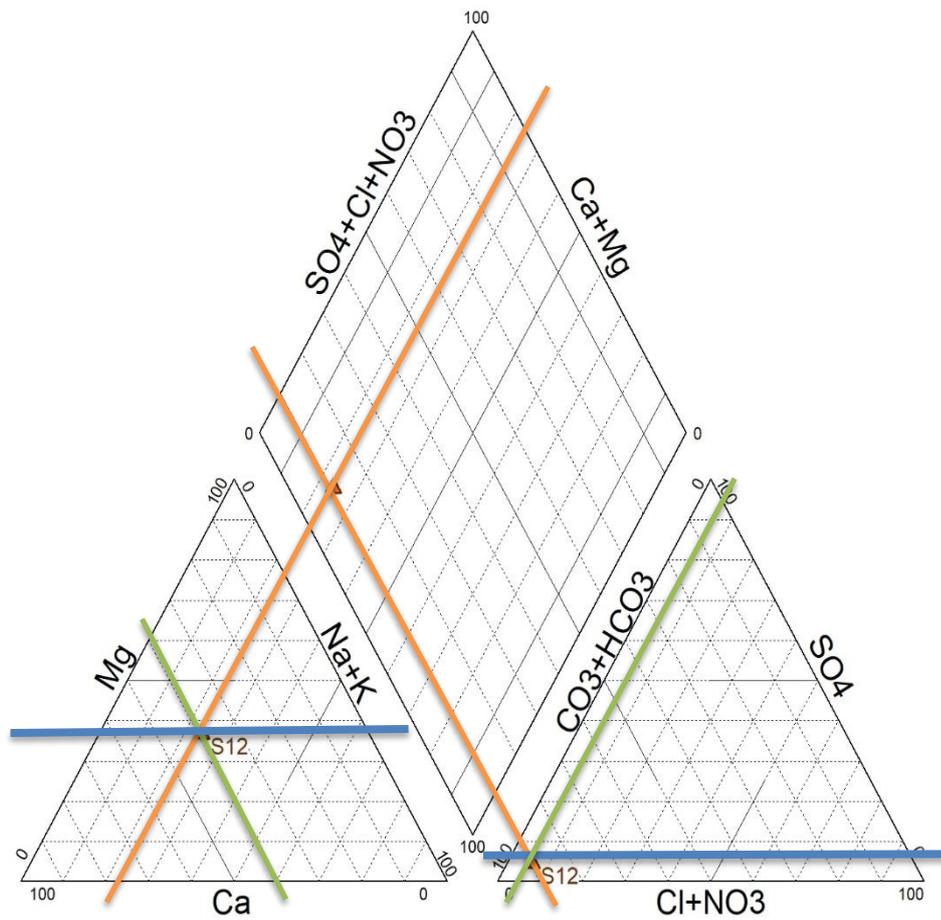


Gráfico 4-3. Diagrama de Piper para la muestra S12

Fuente: Software Diagrammes.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

De igual forma se procedió a realizar estos cálculos para cada una de las muestras se obtuvo la siguiente gráfica:

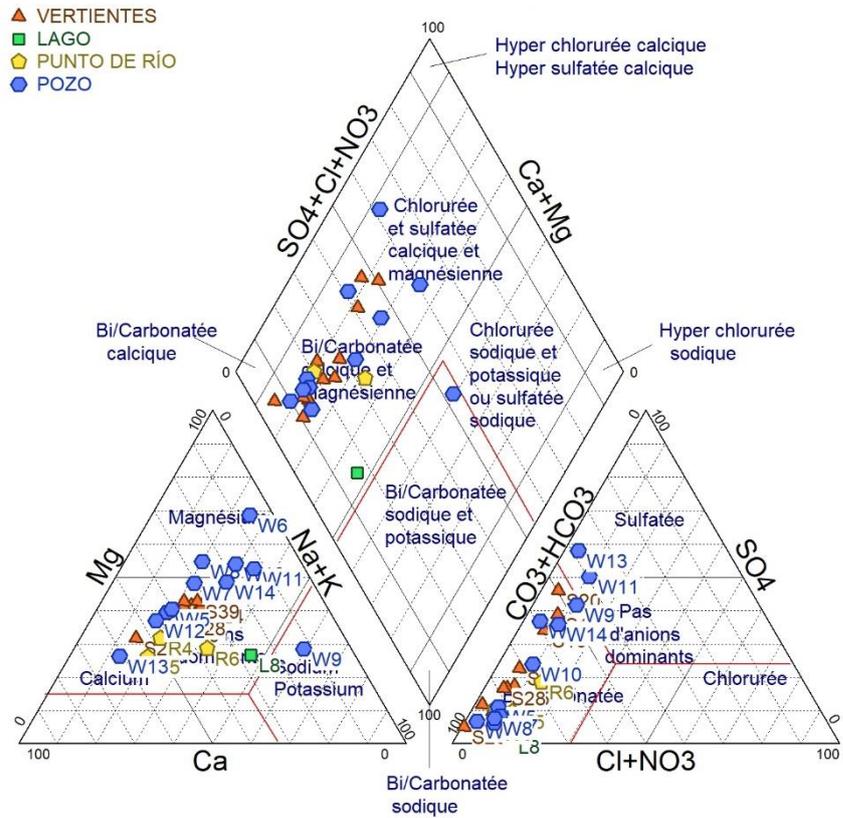


Gráfico 5-3. Diagrama de Piper

Fuente: Software Diagrammes.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

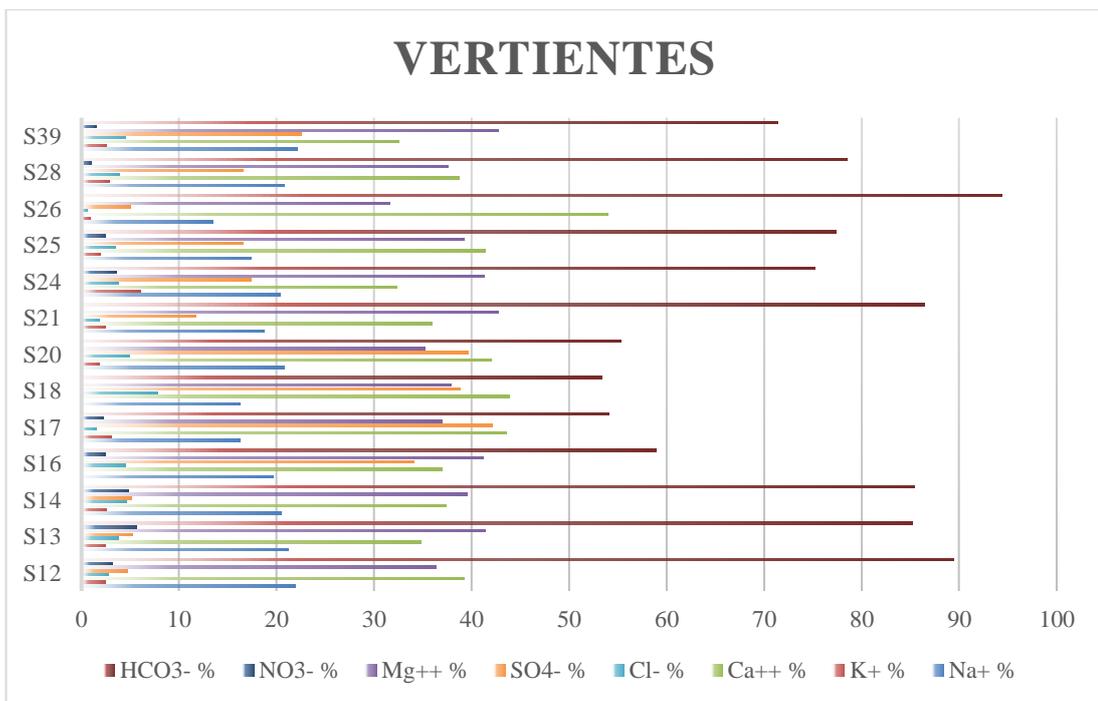


Gráfico 6-3. Gráfico de tendencias de las concentraciones de las vertientes.

Fuente: Microsoft excel

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

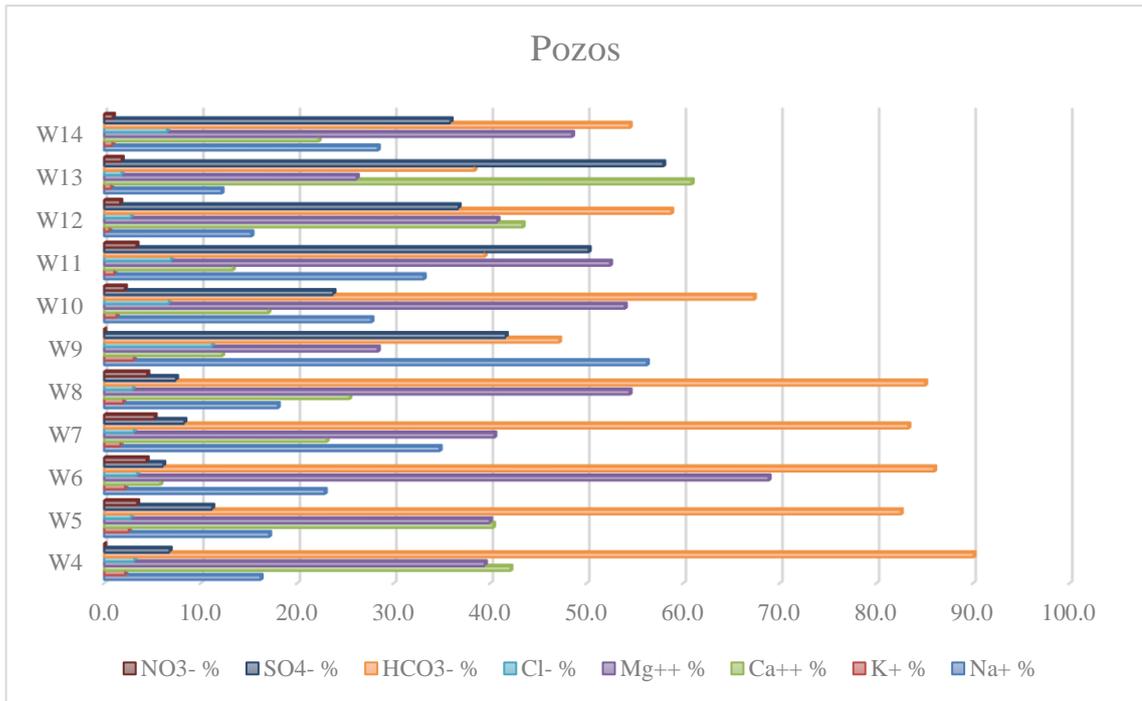


Gráfico 7-3. Gráfico de tendencias de las concentraciones de los Pozos.

Fuente: Microsoft excel

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

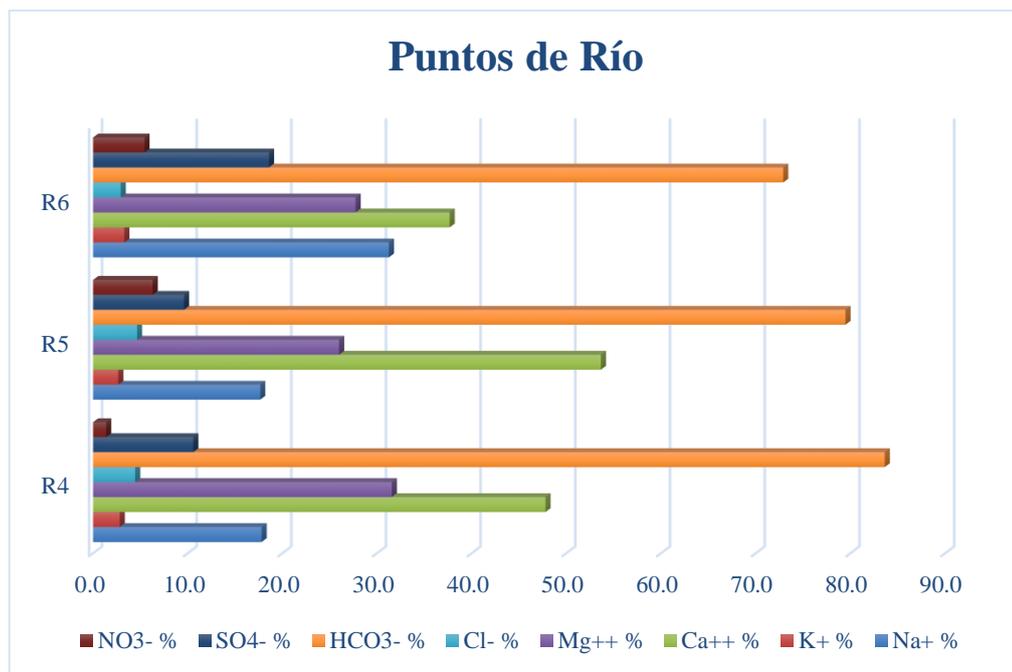


Gráfico 8-3. Gráfico de tendencias de las concentraciones de los Puntos de Río.

Fuente: Microsoft excel

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

La Mayor parte de muestras cayeron en el vértice de Bicarbonatada – Cálctica y magnésica ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$). ya que son aguas subterráneas, aguas que están en acuíferos Carbonatados, se renuevan fácil y rápidamente por medio de las precipitaciones, también vendrían hacer aguas que están sufriendo un proceso de intercambio iónico, de integración agua-roca caen en este vértice de las bicarbonatadas Cálcticas y magnésicas , también dicha composición se debe a que se encuentran dentro del basamento metamórfico de la Cordillera Real y el relleno volcano-sedimentario del Valle Interandino en donde se presentan zonas de mayor infiltración y se acumula el agua ya que son vertientes procedentes del deshielo de los glaciares del volcán Chimborazo y páramos localizados en el Igualata, los cuales alimentan los acuíferos en la cuenca baja del río Chibunga mediante sus fracturas y porosidad y están constituidos en su mayoría por rocas andesíticas o rocas ígneas, volcanoclásticas, sedimentarias y metamórficas.

Podemos observar que 2 muestras el pozo w13 y el pozo w11 caen en otro campo esto se debe a que la muestra de agua es una agua dulce con una intrusión Ligera de $\text{Cl}^- + \text{NO}_3$ y de SO_4 ; consiste en las concentraciones a veces demasiado elevadas de nitratos NO_3 que superan el límite permisible de lo que está estipulado en la mencionada norma para el consumo humano, su origen reside en los fertilizantes agrícolas, directamente o en forma de compuestos nitrogenados tales como la Urea ($\text{CO}[\text{NH}_2]_2$) o el amonio NH_4 que lleva disuelto en el retorno del regadío. Esta agua, que no es detenida por el terreno y que percola, provoca en zonas de agricultura intensiva (mayormente se utilizan elevadas dotaciones de riego, por inundación) altas concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas subyacentes, a veces de cientos de miligramos por litro mg/l o partes por millón ppm. Y lo que es aún peor con tendencia creciente, en este caso particular la contaminación supone de los vertederos de desperdicios de fertilizantes

Los nitratos también son aportados al suelo en gran cantidad por las aguas residuales ganaderas en especial purines y en menor medida, pero siempre de consideración las residuales humanas y eventualmente las industriales. El exceso de nitrato en las aguas potencia el crecimiento de las algas., debido a los principales nutrientes presentes en la naturaleza, que si no se las trata el consumir aguas con nitrato ocasiona problemas en la salud provocando enfermedades gastrointestinales

3.4. Concentración de metales pesados

Los metales pesados son un conjunto de elementos químicos que muestran una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos, de los resultados arrojados por parte del ICMP (Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción) de todos los elementos analizados y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos solamente el mercurio Hg, níquel Ni, cobre Cu, plomo Pb y cromo Cr ya que son los más tóxicos ocasionando problemas graves en la salud de los seres vivos, se los comparo con la norma NTE INEN 1108 Requisitos

para el agua de consumo humano y se observó que el Plomo Pb siendo el más peligroso de presentarse no sobrepasa los límites permisibles solamente sobrepasaron los límites en el Cr las muestras de los pozos w9 w14 y w11 y el Cd que casi todas superan el límite a excepción de la muestra L8, W4, W5, R5 y S18 esto se debe a que de manera natural se libera considerables cantidades de Cd al ambiente, sobre 25.000 ton/año aproximadamente. La mitad del material es liberado en los ríos a través de la descomposición de rocas, a través de las aguas residuales con Cd procedentes de las industrias es infiltrado el Cd en los suelos que generalmente alcanzan los acuíferos.

Tabla 7-3. Concentraciones de Metales Pesados.

Muestra	LÍMITES PERMISIBLES									
	Cr mg/l	Ni mg/l	Cu mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Cr mg/l	Ni mg/l	Cu mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l
S39	0	0.0260	0	0.0036	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S28	0.0198	0.0127	0	0.0107	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S21	0.0104	0.0048	0	0.0054	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W8	0.0104	0.0033	0	0.0054	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S16	0.0482	0.0390	0	0.0191	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S14	0.0191	0.0059	0	0.0108	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S24	0.0101	0.0049	0	0.0053	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S17	0.0097	0.0029	0	0.0054	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S18	0.0200	0.0020	0	0.0005	0.0016	0.05	0.07	2	0.003	0.01
R5	0.0205	0.0015	0	0.0005	0.0019	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W5	0.0205	0.0015	0	0.0008	0.0026	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W4	0.0203	0.0015	0	0.0007	0.0022	0.05	0.07	2	0.003	0.01
L8	0.0202	0.0037	0	0.0005	0.0018	0.05	0.07	2	0.003	0.01
R6	0.0404	0.0212	0.0144	0.0247	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
R4	0.0136	0.0078	0.0061	0.0082	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S26	0.0134	0.0076	0.0053	0.0082	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S13	0.0135	0.0078	0.0062	0.0082	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W7	0.0268	0.0159	0.0266	0.0164	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W6	0.0265	0.0140	0.0181	0.0164	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S12	0.0137	0.0072	0.0069	0.0082	0.0039	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S20	0.0136	0.0083	0.0069	0.0083	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W11	0.0667	0.0346	0.0265	0.0410	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W13	0.0135	0.0072	0.0091	0.0082	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W9	0.1344	0.0684	0.0561	0.0821	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W14	0.0675	0.0344	0.0258	0.0410	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
W12	0.0269	0.0141	0.0104	0.0164	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01
S25	0.0134	0.0081	0.0078	0.0083	0	0.05	0.07	2	0.003	0.01

Fuente: Microsoft excel

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio isotópico de las fuentes de las aguas superficiales y subterráneas en la microcuenca del río Chibunga y sus zonas de influencia siendo muy útil e indispensable el levantamiento de la línea base ya que se realizó un inventario de sitios de monitoreo para isótopos de lluvia, los isótopos estables utilizados en el presente estudio fueron el $\delta^{2}\text{H}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ ya que son muy utilizadas para en investigaciones hidrológicas que ayudaron a identificar algunos problemas que pasan en el ciclo hidrológico dentro de una área como: origen de las aguas subterráneas, relación entre las aguas subterráneas y aguas superficiales, posibles conexiones entre diversos acuíferos y porosidad, el recorrido de campo alberga una superficie de 900Km² en la zona alta media y baja de la microcuenca, entre los límites de las provincias Chimborazo, Tungurahua, Bolívar, con la ayuda de un pH-metro se pudo obtener parámetros físico-químicos con datos reales en campo de TDS (ppt), pH, EC (mS/cm), temperatura del agua (°C) y poder realizar el inventario y la ayuda de un GPS para las respectivas ubicaciones de cada punto tomando la Latitud, Longitud y la elevación (msnm), se pudieron registrar 78 puntos entre ellos (15 pozos, 10 lagunas, 39 vertientes, 6 puntos de río, 8 colectores de lluvia), posteriormente se recolectaron 36 muestras representativas de las 78 las muestras del inventario.
- Se realizó un levantamiento de línea base con información referente a vertientes, pozos, puntos de río, lagunas, dentro de la microcuenca del río Chibunga, se levantaron 79 puntos de fuentes hídricas los cuales están divididos en 15 pozos en el estudio se nombró con el código (W), 3 pozos del lugar San Martín Bajo y 6 pozos del lugar LLIO, 6 pozos en Riobamba, 10 lagunas se nombró con el código (L), 1 en el lugar de Colta, 7 en el lugar de Yanayacu-Mochapata, 2 en el lugar de 12 de Octubre, 39 vertientes se nombró con el código (S), 1 en el lugar de Chuquipogyo, 8 en el lugar de las Abras, 2 en el lugar de 12 de Octubre, 1 en el lugar de Aucacan, 1 en el lugar La Silveria, 2 en el lugar La Unión, 1 en el lugar de la Moya, 1 en el lugar de Curipogyo, 2 en el lugar de Tambohuasha, 4 en el lugar de Cuartel de los Incas, 2 en el lugar de San Pablo, 2 en el lugar de Mesarumi, 12 en el lugar de la Chorrera, 6 puntos de río se nombró con el código (R), 2 en el lugar de Chimborazo-Carihuarazo, 1 en el lugar de 12 de Octubre, 1 en el lugar Cemento Chimborazo, 1 en el lugar de Parque Ecológico, 1 en el lugar Licto y 8 colectores lluvia se nombró con el código (C), 1 en el lugar de Chuquipogyo, 1 en el lugar de Sancapamba, 1 en lugar de Pulingui, 1 en el lugar Chimborazo la Y, 1 en el lugar La Chorrera-Chacana, 1 en el lugar Entrada Chimborazo, 2 en el lugar Los Hieleros, se escogieron solamente 36 puntos representativos los cuales quedan como establecidos como lugares para estudio para posteriores monitoreos aquellos que

presentaban valores altos de conductividad eléctrica para realizar el análisis isotópico e hidroquímico.

- Se determinó la concentración isotópica la cual refleja un cambio estacional en la composición isotópica de la precipitación, los valores elevados de Deuterio están asociados a la nieve y al granizo de los glaciares del volcán Chimborazo, el muestreo se realizó en época de invierno lo cual también ayuda a tener valores ligeramente negativos. Los resultados obtenidos que se muestran en el gráfico Deuterio VS Oxígeno 18 indican correlaciones lineales a las vertientes, pozos, puntos de río, laguna, precipitación muestreados, en el gráfico se puede apreciar alta variabilidad isotópica donde se distinguen 2 agrupamientos de diferentes composición isotópica en las fuentes de agua, en el primer grupo se tiene agua enriquecida la vertiente S20, S21, S39, S26 los cuales corresponden agua subterránea, pozos W11, W4, W12, W13, W7, W5, los puntos que se alimentan de la precipitación sin sufrir evaporación son; C10 vertiente S20,S21,S12, pozos W4, W12, W11, y los valores más empobrecidos corresponden a las aguas de lago L8, puntos de río R4, R5, R6. La composición isotópica de algunas fuentes de agua se encuentra alejadas de la línea meteórica global, lo cual corresponden a lo cual se asocian procesos de evaporación debidos a que estos meses presentan mayores intensidades de precipitaciones. El empobrecimiento isotópico de la lluvia guarda una estrecha relación con la disminución de temperatura, la cual está sujeta a los efectos físicos del medio. Una precipitación con un bajo contenido de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ resulta de la combinación de factores como el distanciamiento de la masa de vapor de los océanos al interior del continente (efecto continental) y el efecto altitudinal donde por cada 100 metros de incremento en la altura, la temperatura disminuye 0.6°C y $\delta^{18}\text{O}$ entre $-0,15$ y $-0,40\%$, por ende, el estudio de los isótopos estables del agua es una herramienta de gran provecho a la hora de entender el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrológico de una región; en conjunto con análisis químicos del agua permiten confirmar que la lluvia con los acuíferos son los factores más influyentes en la recarga acuífera de la zona, en definitiva, se debería gestionar las vertientes ya que son recurso vitales.
- Se determinó las concentraciones hidroquímicas de las muestras de agua las cuales mediante el diagrama de piper clasificaron a las muestras como bicarbonatadas – cálcicas y magnésicas ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$) y bicarbonatadas – sódicas y potásicas ($\text{HCO}_3\text{-Na-K}$) ya que son aguas subterráneas, aguas que están en acuíferos carbonatados y que son aguas jóvenes, es decir se renuevan fácil y rápidamente por medio del agua de lluvia, a pesar de ser muy susceptibles a la contaminación y a los cambios de las condiciones climáticas digamos van a estar en este vértice, también vendrían hacer aguas que están sufriendo un proceso de intercambio iónico, de integración agua-roca caen en este vértice de las bicarbonatadas Cálcicas y magnésicas , también dicha composición se debe a que se encuentran dentro del basamento metamórfico de la Cordillera Real y el relleno volcano-sedimentario del Valle Interandino en donde se

presentan zonas de mayor infiltración y se acumula el agua ya que son vertientes procedentes del deshielo de los glaciares del volcán Chimborazo y páramos localizados en el Igualata, los cuales alimentan los acuíferos en la cuenca baja del río Chibunga mediante sus fracturas y porosidad y están constituidos en su mayoría por rocas andesíticas o rocas ígneas, volcanoclásticas, sedimentarias y metamórficas. A excepción del pozo W13 Y W11 que caen dentro del vértice de aguas cloruradas y Sulfatadas-cálcicas y magnésicas, esto se debe a que están ubicadas dentro de zonas de agricultura intensiva en donde mayormente se utilizan elevadas concentraciones de nitratos NO_3^- que están presentes en los fertilizantes agrícolas, directamente o en forma de compuestos nitrogenados tales como la Urea ($\text{CO}[\text{NH}_2]_2$) o el amonio NH_4^- y que llevan disueltos en el regadío. Estas aguas, que no son detenidas por el terreno y que percolan del riego por inundación hace que presentes concentraciones altas de nitratos en las aguas subterráneas subyacentes, a veces de cientos de miligramos por litro mg/l o partes por millón ppm. Y lo que es aún peor con tendencia creciente, en este caso particular la contaminación supone de los vertederos de desperdicios de fertilizantes. Los nitratos también son aportados al suelo en gran cantidad por las aguas residuales ganaderas en especial purines y en menor medida, pero siempre de consideración las residuales humanas y eventualmente las industriales, lo que significa que parte de estos pozos vendrían a recargarse directamente del Río Chibunga y esto hace que el exceso de nitrato en las aguas potencia el crecimiento de las algas., debido a los principales nutrientes presentes en la naturaleza, por ende deberían someterse a un proceso de cloración ya que si no se las trata el consumir aguas con nitrato ocasiona problemas en la salud provocando enfermedades gastrointestinales.

- Se analizó mediante diagramas y sistemas de información geográfica cada punto lo que nos permitió conocer la evolución del agua y de qué manera están siendo afectadas la composición química natural de los diferentes cuerpos de aguas como son los pozos , lagos, vertientes de esta manera se pudo entender y conocer la composición del tipo de aguas que habitualmente se consume en la ciudad de Riobamba además por la ubicación de los lugares de recarga se conoce los procesos de recarga y cuáles son los puntos que sufren alteraciones en el agua a causa de contaminación sea de parte de la agricultura en el uso de fertilizantes por la descarga de aguas contaminadas al río, ya que estos contaminantes los compuestos nitrogenados como en amonio y la urea o las aguas residuales humanas y eventualmente las industriales se infiltran en el suelo llegando a contaminar los acuíferos subterráneos, también puede alterarse por la cantidad de desechos generado por la ganadería o incluso industrial.

RECOMENDACIONES

- Antes de realizar el levantamiento de línea base es recomendable hacer una socialización con las comunidades que se encuentran dentro de la zona de estudio, para ingresar de forma segura a los diversos puntos de muestro y evitar malos entendidos con las personas que son dueños de las distintas áreas.
- Continuar con el monitoreo para así llevar un registro de las variaciones isotópicas, la instalación de más colectores lluvia que permita conocer más a detalle la información el funcionamiento hídrico en la zona.
- Se recomienda utilizar guantes al momento de recolectar el agua que se encuentra en los diferentes sitios de muestreo esto garantiza unos mejores resultados en los análisis isotópicos posteriores a realizarse y no exista ninguna contaminación química, física, microbiológica.
- La gestión y creación de nuevas políticas para la conservación y protección de estos ecosistemas ya que son de gran influencia en la recarga acuífera de la zona.
- Considerar la limpieza periódica de los pozos de EMAPAR ya que actualmente presentan sedimentos con ligeras concentraciones de contaminantes en algunos pozos, afectando la composición natural del agua pudiendo ocasionar problemas en la salud humana e impidiendo medir con exactitud las muestras recolectadas para la realización de análisis químicos de laboratorio.
- Construir un muro de seguridad para proteger los colectores lluvia y evitar a personas no autorizadas a ellos.
- Se recomienda muestrear en la mañana ya que en la tarde pueden afectar la temperatura o los cambios de clima al momento de utilizar el multiparámetro para obtener datos reales de pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales.

BIBLIOGRAFÍA

ALLAICA TENELEMA, V, *Estudio estratigráfico del acuífero del río chambo mediante tomografías eléctricas y técnicas geoestadísticas*. [en línea]. S.l.: [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3868/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017-0003.pdf>

AQUAE, *El ciclo del agua, un viaje con retorno*. El ciclo del agua, un viaje con retorno. *Wiki Explora*, 2020.

BARBERENA-MONCADA, J., HURTADO-GARCÍA, I. & SIRIAS-SILVA, M., *Aplicación de Isótopos estables e hidroquímica para la comprensión del sistema hidrológico en Laguna de Tiscapa. Managua, Nicaragua*. Revista Científica de FAREM-Estelí, no. 37, pp. 35–53. DOI 10.5377/farem.v0i37.11211.

CORANTIOQUIA & GONZÁLEZ VALENCIA, A., *Manual conservación* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 9 March 2022]. ISBN 9789585728073. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap11.pdf>.

DUQUE ESCOBAR, G., *Manual de geología para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia, 2020.

ESPARZA ORTEGA, R.O. & TIBANQUIZA CALI, F.J., “*Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río cebadas mediante indicadores ecológicos*” [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14494/1/236T0511.pdf>.

FAGUNDO CASTILLO, J.R., *Hidrogeoquímica e hidrología isotópica* Parte 4. Hidrología Isotópica. [en línea]. S.l.: [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3206/1/Hidrogeoquimica%20e%20hidrologia%20isot%C3%B3pica.%20%20Parte%204.pdf>.

FAO & EARTHSCAN, *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: la gestión de los sistemas en situación de riesgo*. [en línea]. S.l.: Mundi-Prensa, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO). [Consulta: 9 March 2022]. ISBN 9788484765530. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>.

FORO NUCLEAR, *Foro Nuclear. ¿Por qué los isótopos radiactivos son tan útiles en la investigación científica de la naturaleza?* [en línea]. [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-aplicaciones-de-la-tecnologia-nuclear/por-que-los-isotopos-radiactivos-son-tan-utiles-en-la-investigacion-cientifica-de-la-naturaleza/>.

FUNDACION SAN VALERO & PARRA, V., *Proyecto Aquanet*. Proyecto Aquanet. , pp. 27–28. 2010.

GALÁRRAGA SÁNCHEZ, R., *Estado y gestión de los recursos hídricos en el ecuador*. [en línea], [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html>.

GUALÁN, A. & ORBE, K., *Plan de reforestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la comunidad pesillo -cantón Cayambe* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17695/1/UPS%20-%20ST004289.pdf>.

HISPAGUA, *Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua*. Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua. [en línea], [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <https://hispagua.cedex.es/datos/hidrografia>.

ISASA, L., *Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción (ICP-MS)*. Espectrometría de masas de plasma acoplado por inducción (ICP-MS). [En línea]. [Consulta: 10 March 2022]. Disponible en: <https://isasalatam.com/elemental/icp-ms/>.

JUNCO, J., *Equipo Multiparámetro*. In Agua [en línea]. [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <https://www.monitoreoambiental.com/equipo-multiparametro/>.

MOSQUERA, G., LAZO, P., CÁRDENAS, I. & CRESPO, P., *Identificación de las principales fuentes de agua que aportan a la generación de escorrentía en zonas Andinas de páramo húmedo: mediante el uso de los isótopos estables deuterio (δ^2H) y oxígeno-18 ($\delta^{18}O$)*. Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente, DIUC, Universidad de Cuenca, [en línea], vol.

Vol. 3, no. 2. [Consulta: 10 March 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5421/1/MASKANA%203207.pdf>.

OIEA, *Estudios hidrológicos e hidrogeológicos en América Latina sobre los recursos hídricos y la contaminación de las aguas subterráneas*. [en línea]. S.l.: [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_835_web.pdf.

OIEA, *Papel esencial de los isótopos en los estudios de los recursos hídricos*. [En línea], [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: https://www.iaea.org/sites/default/files/19105000920_es.pdf.

ORDOÑEZ GÁLVEZ, J.J., “Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico” Cartilla Técnica CICLO HIDROLÓGICO. *Sociedad Geográfica de Lima* [en línea], vol. 5, pp. 10–12. [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf.

ORTEGA, L. & GIL, L., *Panorama de la hidrología isotópica*. Artículo del Boletín del OIEA. 2019.

PACHECO, A., TUTOR, N. & MOLINS BORRELL, C., Trabajo final de carrera aprovechamiento del recurso geotérmico a través de las cimentaciones y otras estructuras. . S.l.: REDECU, 2016. Aguas superficiales. *EcuRed*, 2012.

SANABRIA SUAREZ, D., Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [en línea]. S.l.: [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4#:~:text=La%20conductividad%20es%20una%20medida,la%20temperatura%20de%20la%20medici%C3%B3n>.

SÁNCHEZ SAN ROMÁN, F.J., *Hidrología Superficial y subterránea*. Hidrología Superficial y subterránea. S.l.: s.n. 2017.

TOASA LLUMIGUSÍN, F.A., *Química validación de los métodos de ensayo para fenoles, tenso activos, solidos suspendidos y total de solidos disueltos (TDS)*. [en línea]. S.l.: [Consulta:

9 March 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>.

TUMIALAN DE LA CRUZ, P., *Acción geológica de las aguas superficiales*. [En línea], [Consulta: 9 March 2022]. Disponible en: <https://www.mineriaaldia.com/CAP6.-ACCION-GEOLOGICA-DE-AGUAS-SUPERFCIALES.pdf>.

VALDIVIELSO, A., *Cuenca hidrográfica de un río*. Cuenca hidrográfica de un río. iagua, 2019.

VALENZUELA, L., RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, J. & PALOMARES, R.B., *Composición isotópica del agua subterránea y su relación con la salinidad en el valle de san luis río colorado en sonora, México*. Información Tecnológica [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 57–66. [Consulta: 9 March 2022]. ISSN 07168756. DOI 10.4067/S0718-07642013000200008. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000200008.

VELOZ MAYORGA, N.C. & CARBONEL, C., *Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017*. rEv. dEl institutodE invEstigación Figmmg-unmsm , vol. 21, no. 42, pp. 2–4. 2018.

**LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.05.19 15:21:36 -05'00'

ANEXOS

ANEXO A: HOJAS DE CAMPO

LAGOON NAME	L9
DATE	16-12-2020
HOUR	13:04
LAGOON FEATURES	
QUOTE (mslm)	3605
LATITUDE	17M 0755210
LONGITUDE	UTM 9837102
CITY	12 de Octubre
SITE DESCRIPTION	Ganado alrededor de la laguna
USE	Uso ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16,5
WATER TEMPERATURE (°)	14,6
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/c)	0,21
pH	8,20
TDS (ppt)	0,11

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	RI
DATE	16-12-2020
HOUR	13: 36
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	3870
LATITUDE	17M 0750248
LONGITUDE	UTM 9839788
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El rio nace con un caudal minimo rodeado de rocas el agua es de color caf
USE	Agricultura y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14,3
WATER TEMPERATURE (°)	9,6
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,08
pH	8,24
TDS (ppt)	0,04

+

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	R2
DATE	16-12-2020
HOUR	13: 43
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	3870
LATITUDE	17M 0750250
LONGITUDE	UTM 9839788
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El rio nace con un caudal consider cubierto de rocas de gran tamaño
USE	Agricultura y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13,6
WATER TEMPERATURE (°)	9
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,22
pH	8,14
TDS (ppt)	0,11

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S2
DATE	16-12-2020
HOUR	09:35
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3850
LATITUDE	17M 0751322
LONGITUDE	UTM 9839542
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	Se encuentra en una quebrada rodeada por pajonales y matorrales nace por una superficie de tierra
USE	Agua potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	10°
WATER TEMPERATURE (°)	7,7°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,19
pH	8,27
TDS (ppt)	0,10

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S3
DATE	16-12-2020
HOUR	09:52
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3837
LATITUDE	17M 0751276
LONGITUDE	UTM 9839516
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El ojo de la vertiente nace en mitad de los matorrales
USE	Uso para riego
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14.5°
WATER TEMPERATURE (°)	8°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,20
pH	7,36
TDS (ppt)	0,10

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S4
DATE	16-12-2020
HOUR	10:10
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3849
LATITUDE	17M 0751155
LONGITUDE	UTM 9839596
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	Nace al pie de la quebrada vision claraen donde se podia observar con claridad sus 2 ojos de agua
USE	Consumo humano
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13,1°
WATER TEMPERATURE (°)	6,9°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,17
pH	6,35
TDS (ppt)	0,08

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S5
DATE	16-12-2020
HOUR	10:27
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3857
LATITUDE	17M 0751073
LONGITUDE	UTM 9839650
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El ojo de agua se encuentra cubierta por vegetacion en la quebrada cubierto por musgo
USE	Agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13,2°
WATER TEMPERATURE (°)	7,9°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,18
pH	7,56
TDS (ppt)	0,09

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S6
DATE	16-12-2020
HOUR	10:41
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3856
LATITUDE	17M 0750945
LONGITUDE	UTM 9839683
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El ojo de agua se encuentra en las falde de la quebrada y se encuentra ganado alrededor
USE	Agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	12,7°
WATER TEMPERATURE (°)	7,8°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,18
pH	7,37
TDS (ppt)	0,09

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S7
DATE	16-12-2020
HOUR	10:55
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3856
LATITUDE	17M 0750827
LONGITUDE	UTM 9839711
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	El ojo de agua nace al pie de la mont cubierta por matorral y pajonal
USE	Agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14,5°
WATER TEMPERATURE (°)	7,5°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,13
pH	6,50
TDS (ppt)	0,07

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

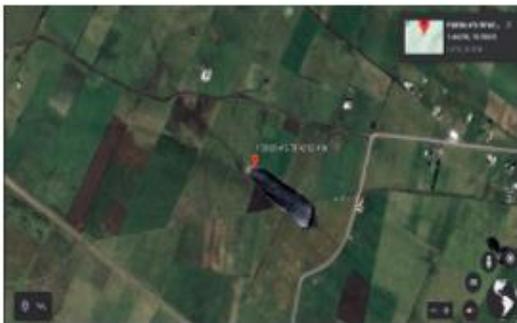
WATER SOURCES NAME	S8
DATE	16-12-2020
HOOR	11:11
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3856
LATITUDE	17M 0750632
LONGITUDE	UTM 9839813
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	Nace casi al pie de la quebrada cubierta por paja y vegetacion
USE	Agricultura y Ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14,1°
WATER TEMPERATURE (°)	7,2°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,14
pH	7,53
TDS (ppt)	0,08

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S9
DATE	16-12-2020
HOUR	11:23
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3856
LATITUDE	17M 0750434
LONGITUDE	UTM 9839888
CITY	Las abras
SITE DESCRIPTION	Nace de la base de unas pajas a una altura de tres metros
USE	Agricultura y Ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	11,1°
WATER TEMPERATURE (°)	8,1°
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,16
pH	8,36
TDS (ppt)	0,08

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

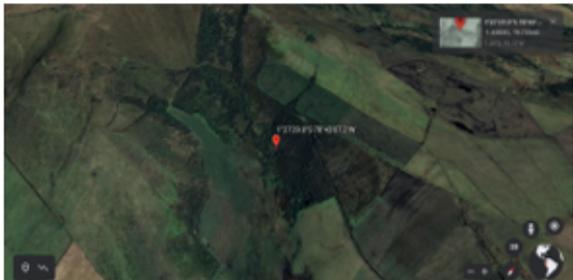
LAGOON NAME	L10
DATE	18-12-2020
HOUR	10:26
LAGOON FEATURES	
QUOTE (mslm)	3577,00
LATITUDE	-1,46679
LONGITUDE	-78,70067
CITY	12 de Octubre (cochalarga)
SITE DESCRIPTION	Ganado alrededor, suelo oscuro
USE	
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16
WATER TEMPERATURE (°)	14,13
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.26
pH	8.02
TDS (ppt)	0.13

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	R3
DATE	18-12-2020
HOUR	12:14
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	3462,99
LATITUDE	-1,45412
LONGITUDE	-78,70286
CITY	12 de Octubre
SITE DESCRIPTION	Situado debajo de un puente, cubierto de rocas grandes, debajo de la quebrada
USE	Agricola y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	20.7
WATER TEMPERATURE (°)	10.5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.19
pH	7.68
TDS (ppt)	0.09

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S10
DATE	18-12-2020
HOUR	11:25
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3752,30
LATITUDE	-1,458045
LONGITUDE	-78,71866
CITY	El mirador (12 DE OCTOBRE)
SITE DESCRIPTION	Situado al costado de la montaña, cubierta por paja y matorrales y se encuentran llamas alrededor.
USE	Consumo humano (GUITIG)
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14.5
WATER TEMPERATURE (°)	11.4
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.17
pH	5.5
TDS (ppt)	0.09

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S11
DATE	18-12-2020
HOUR	11:37
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3746,91
LATITUDE	-1,458418
LONGITUDE	-78,718853
CITY	El mirador (12 DE OCTUBRE)
SITE DESCRIPTION	Situado en campo abierto con neblina cubierta por paja y matorrales y se encuentran llamas alrededor.
USE	Agricultura, Ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16
WATER TEMPERATURE (°)	10,3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.18
pH	6.8
TDS (ppt)	0.09

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S12
DATE	21-12-2020
HOUR	14:30
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3319,00
LATITUDE	-1,55387
LONGITUDE	-78,76228
CITY	Aucacan
SITE DESCRIPTION	Vertiente al final de la roca cu
USE	Consumo Humano
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14.6
WATER TEMPERATURE (°)	11.7
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	6.45
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S13
DATE	21_12_2020
HOUR	15:00
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3300,21
LATITUDE	-1,55897
LONGITUDE	-78,7488
CITY	La Silveria
SITE DESCRIPTION	Esta ubicado en mitad de dos terreno de sembrios con ganado alrededor
USE	Agricultura, Ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	10
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.38
pH	6.23
TDS (ppt)	0.19

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S14
DATE	21_12_2020
HOUR	15:20
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3264,08
LATITUDE	-1,561
LONGITUDE	-78,7459
CITY	La Union
SITE DESCRIPTION	Esta ubicado en un agujero aproximadamente de unos 5 metros de altura, cubierto con mayor vegetación
USE	Agua potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.43
pH	6.38
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S15
DATE	21-12-2020
HOUR	15:35
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3258,6
LATITUDE	-1,56009
LONGITUDE	-78,74417
CITY	LA UNION
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en un agujero De mas o menos 3 metros de profundidad
USE	Consumo Humano
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15.3
WATER TEMPERATURE (°)	12.2
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.41
pH	6.67
TDS (ppt)	0.20

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S16
DATE	21_12_2020
HOUR	16:05
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3346,54
LATITUDE	-1,57686
LONGITUDE	-78,76826
CITY	La Moya
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en la montaña alrededor muchos arboles
USE	Agua potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	12
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.57
pH	6.57
TDS (ppt)	0.28

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S17
DATE	22_12_2020
HOUR	14:30
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3591,55
LATITUDE	-1,55076
LONGITUDE	-78,78415
CITY	Curypogyo
SITE DESCRIPTION	Se encuentra en mitad de 3 cuevas y alrededor se encuentra cubierto por cespèd
USE	Potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16
WATER TEMPERATURE (°)	12
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.48
pH	5.90
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S18
DATE	22_12_2020
HOUR	15:00
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3604,61
LATITUDE	-1,54887
LONGITUDE	-78,78833
CITY	Tambohuasha
SITE DESCRIPTION	La vertiente nace al pie de la montan cubierta por un bosque y ganado alrededor
USE	Agircola, Ganadera
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	17
WATER TEMPERATURE (°)	12
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.45
pH	5.48
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S19
DATE	22_12_2020
HOUR	15:30
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3548,04
LATITUDE	-1,55832
LONGITUDE	-78,78644
CITY	TAMBOHUASHA CENTRO
SITE DESCRIPTION	La vertiente se encuentra rodiado de mallas metalicas
USE	Potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	17,7
WATER TEMPERATURE (°)	12
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.43
pH	6.22
TDS (ppt)	0.46

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S20
DATE	22_12_2020
HOUR	16:15
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3668,61
LATITUDE	-1,54151
LONGITUDE	-78,80657
CITY	CUARTEL DE LOS INCAS
SITE DESCRIPTION	La vertiente se encuentra ubicado en valle al pie de una montaña rocosa
USE	Potable
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	11.5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.65
pH	5.46
TDS (ppt)	0.33

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S21
DATE	22_12_2020
HOUR	16:30
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3673,28
LATITUDE	-1,53942
LONGITUDE	-78,80709
CITY	CUARTEL DE LOS INCAS
SITE DESCRIPTION	La vertiente se encuentra en mitad de dos quebrados cubierta de pajas y matorrales
USE	Agricola
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	10
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.43
pH	6.57
TDS (ppt)	0.21

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S22
DATE	22_12_2020
HOUR	16:55
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3671,10
LATITUDE	-1,54034
LONGITUDE	-78,80688
CITY	CUARTEL DE LOS INCAS
SITE DESCRIPTION	Nace al fondo de una quebrada en una sequia rocosa cunierto por pajonales
USE	Agricola
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15
WATER TEMPERATURE (°)	10
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.39
pH	6.53
TDS (ppt)	0.24

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S23
DATE	22_12_2020
HOUR	17:17
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3667,79
LATITUDE	-1,54063
LONGITUDE	-78,80624
CITY	CUARTEL DE LOS INCAS
SITE DESCRIPTION	Nace al fondo de una quebrada en un costado.
USE	
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.47
pH	6.20
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	Vertiente 24
DATE	23-12-2020
HOUR	09:33
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3135,16
LATITUDE	-1,559662
LONGITUDE	-78,717513
CITY	SAN PABLO
SITE DESCRIPTION	La vertiente se encuentra debajo de una casa de loza con una persona que lo cuida debido a su gran caudal y buenos parametros
USE	AGUA POTABLE
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	9.9
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.42
pH	6.10
TDS (ppt)	0.21

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S25
DATE	23-12-2020
HOUR	09:55
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3137,79
LATITUDE	-1,562441
LONGITUDE	-78,717628
CITY	SAN PABLO
SITE DESCRIPTION	La vertiente se encuentra despejado alrededor con malla y su superficie c cemento al rededor cesped y ganado
USE	AGUA POTABL
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	11.3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.43
pH	6.13
TDS (ppt)	0.21

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W4
DATE	23-12-2020
HOUR	08:37
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3124,14
LATITUDE	-1,560889
LONGITUDE	-78,71283
CITY	LLIO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cuales extrae con bombas los acuiferos subterraneos
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	45 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	12.6
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	6.43
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W5
DATE	23-12-2020
HOUR	08:43
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3119,02
LATITUDE	-1,561979
LONGITUDE	-78,713726
CITY	LLIO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cuales extrae con bombas los acuiferos subterraneos se encuentra cubierta por una caseta
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	36 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13.5
WATER TEMPERATURE (°)	12.3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	6.55
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W6
DATE	23-12-2020
HOUR	08:50
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3116,88
LATITUDE	-1,562849
LONGITUDE	-78,713446
CITY	LLIO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cuales extrae con bombas los acuiferos subterraneos se encuentra cubierta por una caseta alrededor cesped
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	50 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	12
WATER TEMPERATURE (°)	11.3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.57
pH	6.5
TDS (ppt)	0.28

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

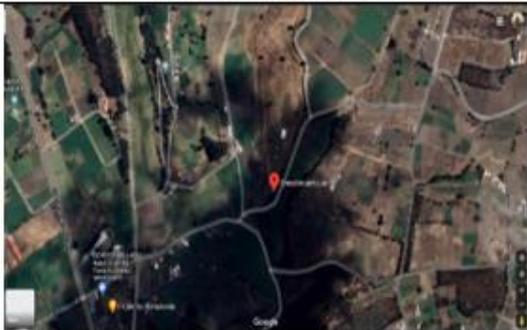
WELL NAME	W7
DATE	23-12-2020
HOUR	08:56
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3118,08
LATITUDE	-1,56375
LONGITUDE	-78,712785
CITY	LLIO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cuales extrae con bombas los acuiferos subterraneos se encuentra cubierta por una caseta alrededor cesped
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	45 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	11.7
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.45
pH	6.53
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W8
DATE	23-12-2020
HOUR	09:04
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3115,90
LATITUDE	-1,564757
LONGITUDE	-78,713542
CITY	LLIO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cuales extrae con bombas los acuiferos subterraneos se encuentra cubierta por una caseta alrededor cesped
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	50 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	12.3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.53
pH	6.52
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	T1
DATE	23-12-2020
HOUR	10:16
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	3117,85
LATITUDE	-1,565356
LONGITUDE	-78,713497
CITY	UNION DE LLIO SAN PABLO
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra en una construccion de cemento en lo cual s une san pablo con llio cubierta por un capa de cemento
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	6 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13.5
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.49
pH	6.24
TDS (ppt)	0.24

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S26
DATE	23_12_2020
HOUR	15:16
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3655,24
LATITUDE	-1,541644
LONGITUDE	-78,819656
CITY	MESARUMI
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por area con ganado y alrededor cespèd
USE	Agricultura y ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15.5
WATER TEMPERATURE (°)	12.5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	6.20
TDS (ppt)	0.23

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S27
DATE	23_12_2020
HOUR	15:26
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3658,6
LATITUDE	-1,541433
LONGITUDE	-78,819633
CITY	MESARUMI
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por area con ganado y alrededor cespced con montañas a su alrededor
USE	Agricultura y ganaderia
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	17
WATER TEMPERATURE (°)	11.1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.51
pH	6.46
TDS (ppt)	0.25

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S28
DATE	23_12_2020
HOUR	15:53
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3720,84
LATITUDE	-1,53137
LONGITUDE	-78,82717
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por grandes montañas y un rio a un costado
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.37
pH	6.49
TDS (ppt)	0.18

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S29
DATE	23_12_2020
HOUR	15:58
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3717,22
LATITUDE	-1,531118
LONGITUDE	-78,827289
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por grandes montañas y un rio a un costado y ces
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13.5
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.37
pH	6.56
TDS (ppt)	0.19

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S30
DATE	23_12_2020
HOUR	16:04
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3728,64
LATITUDE	-1,530733
LONGITUDE	-78,827532
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por grandes montañas y un rio a un costado y ces
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13.5
WATER TEMPERATURE (°)	10
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.38
pH	6.22
TDS (ppt)	0.19

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S31
DATE	23_12_2020
HOUR	16:12
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3727,83
LATITUDE	-1,530256
LONGITUDE	-78,828729
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado por grandes montañas y un rio a un costado y ces
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	7.25
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S32
DATE	23_12_2020
HOUR	16:22
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3715,11
LATITUDE	-1,530898
LONGITUDE	-78,829728
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en medio de una zona rocosa
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15
WATER TEMPERATURE (°)	10.5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.41
pH	8.39
TDS (ppt)	0.21

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S33
DATE	23_12_2020
HOUR	16:29
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3729,11
LATITUDE	-78,829839
LONGITUDE	-1,531075
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en medio de una zona rocosa a unos 3 metros de altura
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16
WATER TEMPERATURE (°)	9.8
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.41
pH	8.51
TDS (ppt)	0.21

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S34
DATE	23_12_2020
HOUR	16:45
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3720,32
LATITUDE	-1,532225
LONGITUDE	-78,830205
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en un ojo de agua en la superficie de césped
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15
WATER TEMPERATURE (°)	10.5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.44
pH	6.65
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S35
DATE	23_12_2020
HOUR	16:58
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3727,85
LATITUDE	-1,532755
LONGITUDE	-78,830436
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en un tanque construido de cemento para la captación de la vertiente
USE	Ganadería y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13.5
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.49
pH	6.60
TDS (ppt)	0.24

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S36
DATE	23_12_2020
HOUR	17:00
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3735,89
LATITUDE	-1,534665
LONGITUDE	-78,830779
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en una superficie plana rodeado de animales
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.50
pH	7.10
TDS (ppt)	0.25

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	Vertiente 37
DATE	23_12_2020
HOUR	17:05
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3732,8
LATITUDE	-1,53513
LONGITUDE	-78,83075
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado su vertiente por debajo de unas rocas al lado de un río
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.47
pH	6.57
TDS (ppt)	0.26

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER SOURCES NAME	S38
DATE	23_12_2020
HOUR	17:15
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3912,43
LATITUDE	-1,535194
LONGITUDE	-78,830701
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado su vertiente al costado izquierdo de un rio lleno de cesp�ed
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (�C)	13
WATER TEMPERATURE (�)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.39
pH	8.51
TDS (ppt)	0.29

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

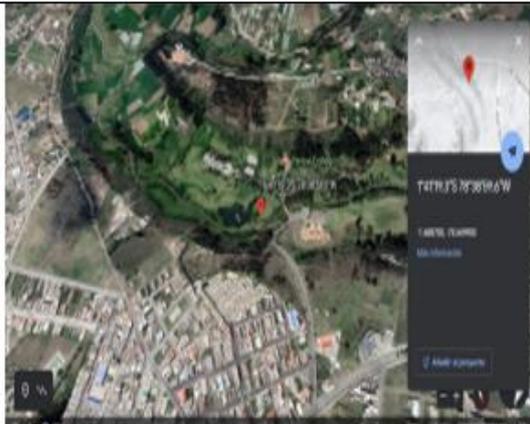
WATER SOURCES NAME	Vertiente 39
DATE	23_12_2020
HOUR	17:30
WATER SOURCES FEATURES	
QUOTE (mslm)	3722,67
LATITUDE	-1,535752
LONGITUDE	-78,830807
CITY	LA CHORRERA
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado su vertiente al costado derecho de un rio lleno de cespel
USE	Ganaderia y agricultura
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13
WATER TEMPERATURE (°)	11
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.48
pH	10
TDS (ppt)	0.24

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	R4
DATE	16/3/2021
HOUR	10:07
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	3061.45
LATITUDE	-1.6597
LONGITUDE	-78.7548
CITY	CEMENTO CHIMBORAZO
SITE DESCRIPTION	Inicio del Rio Chibunga por la union del Rio Chimborazo y Rio Cajabamb
USE	Agricola y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14
WATER TEMPERATURE (°)	12
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.43
pH	8.23
TDS (ppt)	0.22

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	R5
DATE	16/3/2021
HOUR	11:36
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	2726.14
LATITUDE	-1.6887
LONGITUDE	-78.6499
CITY	PARQUE ECOLOGICO
SITE DESCRIPTION	Mitad del parque rodeado de turistas
USE	Agricola y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	24
WATER TEMPERATURE (°)	14,2
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.50
pH	8.26
TDS (ppt)	0.25

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

RIVER POINTS NAME	R6
DATE	16/3/2021
HOUR	13:33
RIVER POINT FEATURES	
QUOTE (mslm)	2582.20
LATITUDE	-1.7167
LONGITUDE	-78.6172
CITY	LICTO
SITE DESCRIPTION	Termina en Licto-Chambo en una Montaña por una hacienda
USE	Agrícola y ganadero
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	25
WATER TEMPERATURE (°)	16,4
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.60
pH	8.10
TDS (ppt)	0.30



PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

NAME	W9
DATE	06-01-2021
HOUR	08:12
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2788.73
LATITUDE	-1,6858
LONGITUDE	-78,6721
CITY	Riobamba (Estadio Yaruquies)
SITE DESCRIPTION	El pozo se encuentra en una zona urb y la tubería se encuentra en la parte exterior de la construcción
USE	Consumo humano
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	200 *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	18
WATER TEMPERATURE (°)	20
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	1.75
pH	7.58
TDS (ppt)	0.87

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W10
DATE	06-01-2021
HOUR	08:29
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2814.66
LATITUDE	-1,6634
LONGITUDE	-78,6765
CITY	Riobamba (La huerta)
SITE DESCRIPTION	El pozo se encuentra en una zona urb y rodeado de paredes de cemento
USE	Consumo humano
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	220 *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	19
WATER TEMPERATURE (°)	18.1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	1.22
pH	7.17
TDS (ppt)	0.61

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W11
DATE	06-01-2021
HOUR	08:43
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2807.84
LATITUDE	-1,6592
LONGITUDE	-78,6719
CITY	Riobamba (Servidores)
SITE DESCRIPTION	El pozo se encuentra en una zona urbana y rodeado de paredes de cemento
USE	Consumo humano
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	220 *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	17.6
WATER TEMPERATURE (°)	18.1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	1.20
pH	7.30
TDS (ppt)	0.60

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W12
DATE	06-01-2021
HOUR	08:55
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2863.67
LATITUDE	-1,6464
LONGITUDE	-78,6845
CITY	Riobamba (24 de Mayo)
SITE DESCRIPTION	El pozo se encuentra en una zona urbana y rodeado de mallas de acero
USE	Consumo humano
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	200 *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	16.4
WATER TEMPERATURE (°)	16.2
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	1.16
pH	6.95
TDS (ppt)	0.58

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W13
DATE	06-01-2021
HOUR	09:08
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2890.15
LATITUDE	-1,6338
LONGITUDE	-78,6818
CITY	Riobamba (Santa ana)
SITE DESCRIPTION	El pozo se encuentra en una zona urbana y rodeado por 2 tanques que son utilizados para la filtración del agua y alrededor con paredes de cemento
USE	Consumo humano
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	250 *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	17
WATER TEMPERATURE (°)	17.3
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0.79
pH	7.56
TDS (ppt)	0.39

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WELL NAME	W14
DATE	23-12-2020
HOUR	09:04
WELL FEATURES	
QUOTE (mslm)	2814,31
LATITUDE	-1,6564
LONGITUDE	-78,6721
CITY	Riobamba
SITE DESCRIPTION	Este pozo se encuentra frente a a una cancha de boli por la puerta intermedia de la ESPOCH
USE	Agua potable
DEPTH TO WATER FROM WELLHEAD (m)	48 (m) *
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	12
WATER TEMPERATURE (°)	18
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	1.21
pH	7.59
TDS (ppt)	0.60

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	LA CHORRERA
DATE	07/08/2021
HOUR	10:30
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (mslm)	3833
LATITUDE	-1,71608
LONGITUDE	-78,61718800359273
CITY	La Chorrera-Chacana
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en el techo del centro turístico "La Chacana"
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15,8
WATER TEMPERATURE (°)	16,1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,03
pH	6,16
TDS (ppk)	0,01
PHOTO FIELD	
SATELLITARE	
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	HIELEROS
DATE	14/08/2021
HOUR	11:45
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	4790
LATITUDE	-1,495592
LONGITUDE	-78,80064283249591
CITY	Volcán Chimborazo
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en el Volcán Chimborazo a 50 metros de las minas de hielo
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	5,3
WATER TEMPERATURE (°)	8,0
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,01
pH	6,75
TDS (ppt)	0,01
PHOTO FIELD	
SATELLITARE	
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	SANCAPAMBA
DATE	14/08/2021
HOUR	13:10
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	3391
LATITUDE	-1,49561
LONGITUDE	-78,80065179761674
CITY	Sancapamba
SITE DESCRIPTION	Se encuentra en un árbol dentro de una casa
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	14,5
WATER TEMPERATURE (°)	13,1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,02
pH	9,17
TDS (ppt)	0,01

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	SANTA LUCIA DE CHUQUIPOGYO
DATE	14/08/2021
HOUR	15:50
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	3606
LATITUDE	-1,519227
LONGITUDE	-78,76030292634054
CITY	Santa Lucia de Chuquipogyo
SITE DESCRIPTION	Arriba de una construcción, en su terraza
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15,1
WATER TEMPERATURE (°)	17,7
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,02
pH	5,55
TDS (ppt)	0,01

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	PULINGUI
DATE	14/08/2021
HOUR	16:45
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	3303
LATITUDE	-1,56566
LONGITUDE	-78,75383139556426
CITY	Pulingui
SITE DESCRIPTION	Arriba de una construcción, en su terraza
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	13,0
WATER TEMPERATURE (°)	16,2
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,02
pH	5,25
TDS (ppt)	0,01

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	COM CHIMBORAZO LA Y
DATE	14/08/2021
HOUR	17:55
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	3427
LATITUDE	-1,577587
LONGITUDE	-78,79461187506033
CITY	Comunidad Chimborazo
SITE DESCRIPTION	Arriba de una construcción, en su terraza
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	15,5
WATER TEMPERATURE (°)	15,6
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,02
pH	5,36
TDS (ppt)	0,01

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	CENTRO DE SERVICIOS EL ARENAL
DATE	14/08/2021
HOUR	18:40
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	4368
LATITUDE	-1,497437
LONGITUDE	-78,87476270534218
CITY	Reserva de Producción Faunística Chimborazo
SITE DESCRIPTION	Arriba de una construcción, en su terraza
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	5,5
WATER TEMPERATURE (°)	7,5
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,02
pH	4,91
TDS (ppt)	0,01
PHOTO FIELD	
SATELLITARE	
	
NOTES:	

WATER COLLECTORS NAME	MINAS DE HIELO
DATE	14/08/2021
HOUR	11:20
WATER COLLECTORS FEATURES	
QUOTE (msnm)	4748
LATITUDE	-1,49607
LONGITUDE	-78,80021116545664
CITY	Volcán Chimborazo
SITE DESCRIPTION	Se encuentra ubicado en el Volcán Chimborazo
USE	Colector
PHISICAL-CHEMICAL FEATURES	
AIR TEMPERATURE (°C)	9,8
WATER TEMPERATURE (°)	7,1
ELECTRICAL CONDUCTIVITY (mS/cm)	0,04
pH	6,32
TDS (ppt)	0,03

PHOTO FIELD	SATELLITARE
	
NOTES:	

ANEXO B: DIAGRAMAS DE CAJA

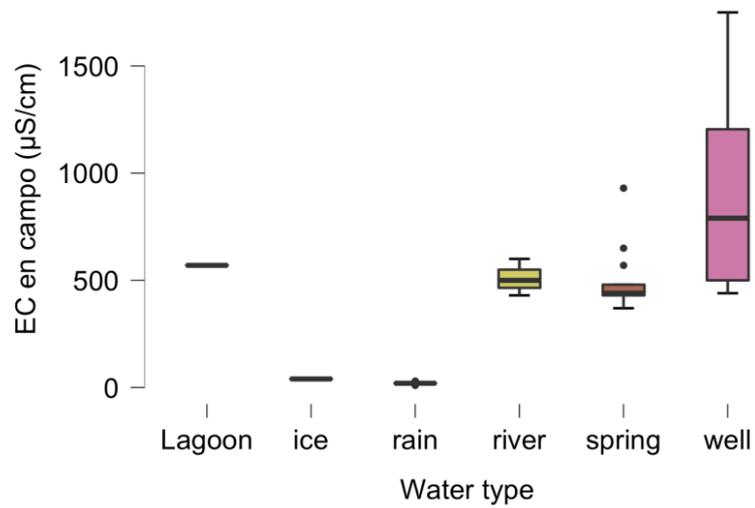


Diagrama de cajas de la conductividad eléctrica

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

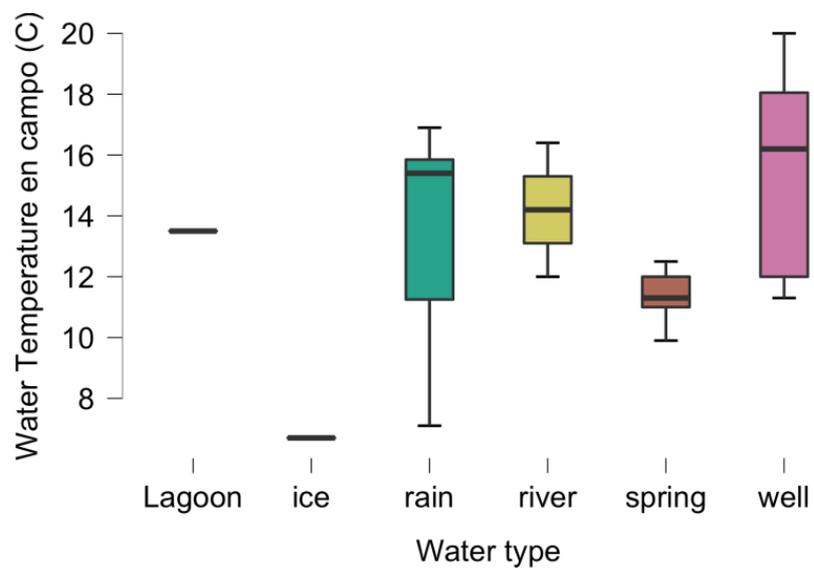


Diagrama de cajas de la Temperatura del agua en campo.

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

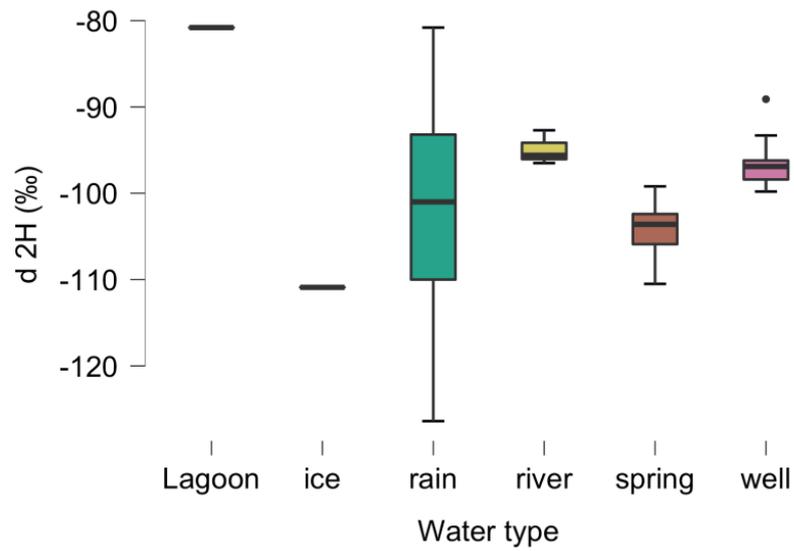


Diagrama de cajas del Deuterio

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

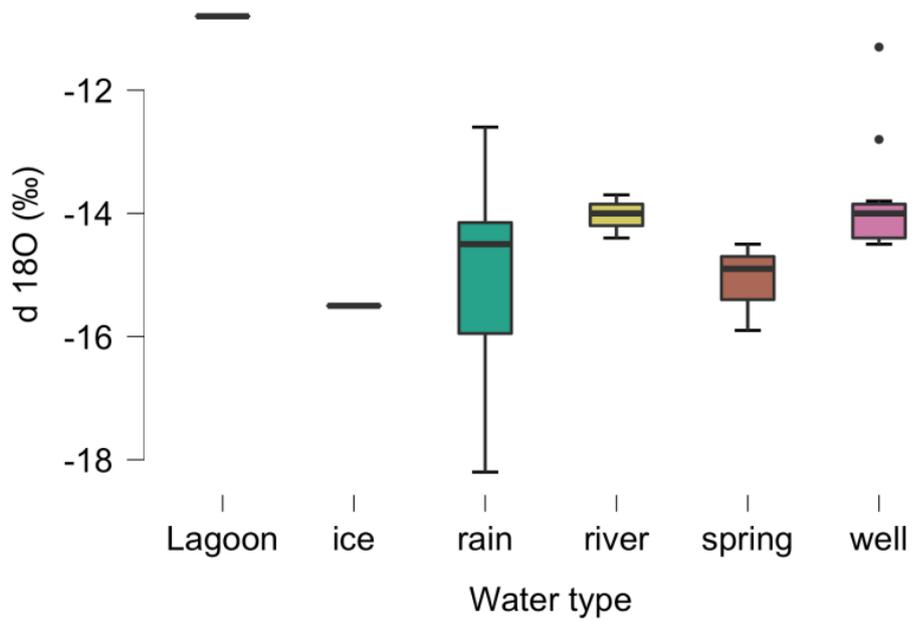


Diagrama de cajas del Oxígeno 18

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS Y LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE



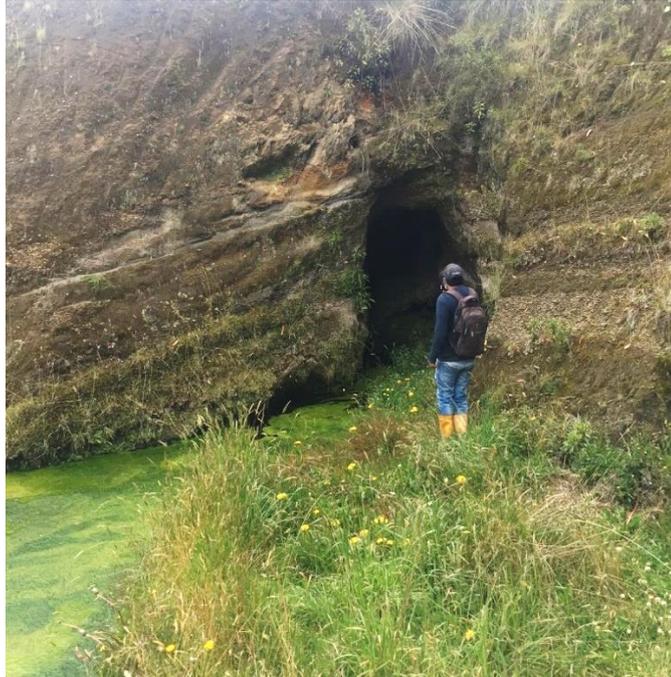
Identificación de un punto de río

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Identificación de un acuífero

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Identificación de una Vertiente

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Identificación de un pozo

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Identificación de una Laguna

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

ANEXO D: DETERMINACIÓN FÍSICO QUÍMICA IN SITU



Medición en campo de pH, CE y STD con el multiparámetro

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.

ANEXO E: COLOCACIÓN DE COLECTORES LLUVIA



Colector Lluvia Comunidad de Santa Lucía

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Colector Lluvia Comunidad de Sancapamba

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Colector Lluvia Comunidad de Pulingui

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Colector lluvia comunidad Chimborazo la Y

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Figura 1. Colector lluvia Sector de la Chorrera

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



Colector lluvia Centro de Servicios El Arenal

Realizado por: Figueroa, I; Hidalgo, L, 2021.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Isaac Fernando Figueroa Trujillo</i> <i>Luis Alexander Hidalgo Orozco</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION ECIBCE, I=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.04.12 09:41:11 -05'00'



0658-DBRA-UTP-2022