



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**“CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS FUENTES DE
AGUA DE TANGALÍ PARA SU USO POTENCIAL COMO
RECURSO NATURAL, CANTÓN OTAVALO”**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención
del título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables**

AUTORES:

Pablo Israel Andrade Arciniegas

Alexander Fabián Palma Rueda

DIRECTOR:

Juan Diego Varela M.Sc.

IBARRA – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**“CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS FUENTES DE
AGUA DE TANGALÍ PARA SU USO POTENCIAL COMO
RECURSO NATURAL, CANTÓN OTAVALO”**

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza
su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

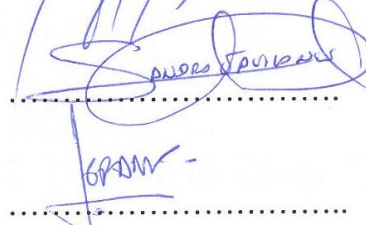
APROBADO:

MSc. Juan Diego Varela
DIRECTOR



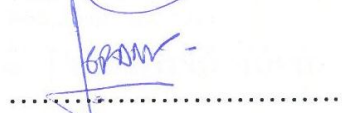
.....

MSc. Sandra Gavilanes
ASESOR



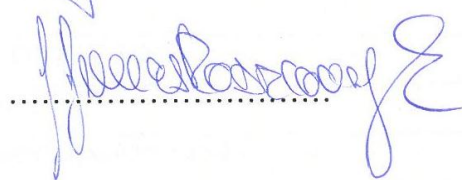
.....

Ing. Jorge Granja
ASESOR



.....

PhD. James Rodríguez
ASESOR



.....

**Ibarra – Ecuador
2017**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100363987-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Andrade Arciniegas Pablo Israel		
DIRECCIÓN:	Av. Enrique Arboleda y Ricardo Rúaes		
EMAIL:	pablo_i_666@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062280-304	TELÉFONO MÓVIL:	0992053102

DATOS DE CONTACTO 2			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040170764-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Palma Rueda Alexander Fabián		
DIRECCIÓN:	Calle 8 de diciembre y pasaje Timburay		
EMAIL:	alexpalma_05@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062973-131	TELÉFONO MÓVIL:	0984615919

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Caracterización geoquímica de las fuentes de agua de Tangalí para su uso potencial como recurso natural, cantón Otavalo”
AUTOR (ES):	Andrade Arciniegas Pablo Israel y Palma Rueda Alexander Fabián
FECHA:	01 de Agosto del 2017
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Juan Diego Varela M.Sc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, **PABLO ISRAEL ANDRADE ARCINIEGAS**, con cédula de ciudadanía Nro. **100363987-7** y **ALEXANDER FABIÁN PALMA RUEDA**, con cédula de ciudadanía Nro. **040170764-1**, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al primer día del mes de Agosto del 2017

LOS AUTORES



Pablo Israel Andrade Arciniegas

C.I. 100363987-7



Alexander Fabián Palma Rueda

C.I. 040170764-1

ACEPTACIÓN:



Ing. Betty Mireya Chávez Martínez

JEFE DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, **PABLO ISRAEL ANDRADE ARCINIEGAS**, con cédula de ciudadanía Nro. **100363987-7** y **ALEXANDER FABIÁN PALMA RUEDA**, con cédula de ciudadanía Nro. **040170764-1** manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores del trabajo de grado denominado: **“CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS FUENTES DE AGUA DE TANGALÍ PARA SU USO POTENCIAL COMO RECURSO NATURAL, CANTÓN OTAVALO”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



.....
Pablo Israel Andrade Arciniegas.
C.I. 100363987-7



.....
Alexander Fabián Palma Rueda
C.I. 040170764-1

Ibarra, Al primer día del mes de Agosto del 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 01 de Agosto del 2017

Pablo Israel Andrade Arciniegas y Alexander Fabián Palma Rueda

“Caracterización geoquímica de las fuentes de agua de Tangalí para su uso potencial como recurso natural, cantón Otavalo”, TRABAJO DE TITULACIÓN: Ingenieros en Recursos Naturales Renovables.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables Ibarra, 01 de agosto del 2017, 142 páginas.

DIRECTOR: Ing. Juan Diego Varela. MsC.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar las características geoquímicas de las fuentes de agua de Tangalí para su uso potencial como recurso natural. Entre los objetivos específicos se encuentra: Identificar las fuentes de agua de Tangalí y determinar sus caudales. Caracterizar la composición geoquímica del agua y gases emitidos de las fuentes de agua de Tangalí. Realizar la valoración de la utilidad de las fuentes de agua y proponer alternativas de aprovechamiento seguro como recurso natural en la comunidad de Tangalí

Fecha: 01 de Agosto del 2017

.....
Ing. Juan Diego Varela. MsC.

Director de Trabajo de Titulación

.....


Pablo Israel Andrade Arciniegas

C.I. 100363987-7

.....


Alexander Fabián Palma Rueda

C.I. 040170764-1



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el **Sr. PABLO ISRAEL ANDRADE ARCINIEGAS** y el **Sr. ALEXANDER FABIÁN PALMA RUEDA**, bajo mi supervisión en calidad de Director



.....

MSc Juan Diego Varela
DIRECTOR

Ibarra, al primer día del mes de Agosto del 2017

DECLARACIÓN

Nosotros, **PABLO ISRAEL ANDRADE ARCINIEGAS**, con cédula de ciudadanía Nro. **100363987-7** y **ALEXANDER FABIÁN PALMA RUEDA**, con cédula de ciudadanía Nro. **040170764-1** manifestamos que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y somos los titulares de los derechos patrimoniales; por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.



.....

Pablo Israel Andrade Arciniegas.
C.I. 100363987-7



.....

Alexander Fabián Palma Rueda
C.I. 040170764-1

Ibarra, al primer día del mes de Agosto del 2017

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen por regalarme el don de la vida y darme la oportunidad de tener una familia muy valiosa y que además bendicen mi vida protegiéndome durante todo mi camino y dándome las fuerzas necesarias para superar cualquier obstáculo que encuentre a lo largo de mi vida.

A Fernanda por sus palabras de confianza, por brindarme su amor infinito y su apoyo incondicional que han sido fundamental para el logro de mis objetivos.

A mi hija Amelie que ha llenado profundamente mi corazón de felicidad ya que ha sido mi motivación para seguir con mi carrera.

A mis padres Ana Lucía y Gabriel Victoriano que siempre me han apoyado en todo momento ya que además con los valores que me han inculcado he logrado ser una mejor persona.

A mi hermana Ana Victoria que sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, ya que veo en ella un ejemplo a seguir y por sus múltiples virtudes hacen que la admire cada día más.

A mis estimados docentes, porque gracias a ellos no me forme solo en lo profesional sino también en lo ético y moral.

Pablo Israel Andrade.

DEDICATORIA

Esta Tesis le dedico de manera muy especial a mi Dios y a la Virgen Santísima por darme la oportunidad de vivir y de regalarme a una familia muy maravillosa.

Con un inmenso cariño a mis padres Hugo Fabián y Cruz Elena que me dieron la vida y me han sabido guiar por un buen camino, inculcando valores y virtudes para formarme como un hombre de bien, además que con su esfuerzo, apoyo y sacrificio me han sabido orientar durante toda la etapa de mi formación profesional.

A mis hermanos Nathaly y Stiven que quiero ser un ejemplo de vida para ellos demostrándoles que con esfuerzo y dedicación se puede derribar obstáculos y de esta manera poder conseguir el éxito.

A Karen Mishell y a mi hijo Santiago Alexander que me deslumbran con su gran amor y con su apoyo incondicional, ellos han sido mi inspiración para poder finalizar con triunfo mi carrera.

A mi familia por ser un pilar fundamental de apoyo convirtiéndose en la guía y el camino ya que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento pude alcanzar todo lo propuesto. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Alexander Fabián Palma

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera,
por no permitirnos desmayar y bajar los brazos en ningún momento.

A la Universidad Técnica del Norte por darnos la oportunidad de formar
parte de este prestigioso centro de educación superior, a nuestros
maestros ya que ellos nos enseñaron a valorar los estudios y a superarnos
cada día más.

A nuestro director de tesis Ing. Juan Diego Varela, MsC. Por su esfuerzo y
dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y
motivación han logrado que podamos culminar con éxito nuestros estudios.

A nuestros asesores de tesis Ing. Sandra Gavilanes, PhD James Rodríguez,
Ing. Jorge Granja que han compartido con nosotros todos sus
conocimientos para poder llegar a la culminación de este trabajo.

Pablo Israel Andrade
Alexander Fabián Palma

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Preguntas de Investigación	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 GEOLOGÍA REGIONAL.....	7
2.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	8
2.4 GEOMORFOLOGÍA.....	9
2.5 FALLAS O FRACTURAS	9
2.6 HIDROLOGÍA	10
2.6.1 Aguas naturales.....	10
2.6.2 Composición de las aguas naturales.....	10
2.6.3 Normas de Calidad de las aguas de Baño	11
2.6.4 Ciclo Hidrológico.....	12
2.6.5 Constituyentes de las aguas subterráneas.....	13
2.6.6 Comportamiento de los iones principales	14
2.6.7 Relación de las aguas minerales y termales con el ciclo hidrológico	15
2.7 MEDIDORES DE CAUDAL	16
2.8 HIDROGEOLOGÍA	17
2.8.1 El agua subterránea en relación con el medio rocoso	17
2.8.2 Sistema Geotérmico-Hidrotermal	18
2.8.3 Origen de los Fluidos Geotérmicos.....	18
2.8.4 Aguas Minerales	19
2.8.5 Las aguas Termo minerales.....	20
2.8.6 Propiedades físico-químicas de las aguas minerales.....	21
2.8.7 Clasificación de las aguas Termo minerales	21
2.8.7.1 Según sus Usos	22
2.8.7.222 Según su origen en (Armijo y San Martín 1994)	22
2.8.7.3 Con relación a la temperatura	23

2.8.7.4 Según el pH (Karacolev, 1984) propuso la siguiente clasificación.....	23
2.8.7.5 Base a la composición química.....	23
2.8.7.6 Según Gingebach Composición Química	24
2.8.8 Interacción agua termo mineral-roca	25
2.9 HIDROGEOQUÍMICA	25
2.9.1 Representación gráfica de la composición química de las aguas minerales	25
2.9.2 Diagrama Triangular (Piper).....	26
2.9.3 Fundamentos de química del agua	27
2.9.3.1 Adquisición de la composición química del agua.....	27
2.10 GASES VOLCÁNICOS	29
2.10.1 Dióxido de carbono.....	30
2.10.1.1. Propiedades	30
2.10.1.2 Efectos de la exposición.....	31
2.10.232_Medición de Gases	32
2.10.2.1 Bomba Dräger accuro	32
2.10.3 Beneficios del CO ₂	33
2.10.3.1 Aprovechamiento Industrial.....	33
2.10.3.2 Aprovechamiento Medicinal.....	34
2.10.3.3 Baños de Cajón	35
2.10.4 Método de aprovechamiento seguro de las aguas termales.....	35
2.11 MARCO LEGAL.....	36
2.11.1 Plan Nacional del Buen Vivir	36
2.11.2 La Constitución de la República del Ecuador, dicta:	36
2.11.3 Ley de aguas 2014 en sus artículos establece:	38
2.11.4 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria	39
2.11.5 Criterios de calidad para fuentes de agua.....	40
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1 MATERIALES	43
3.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	44
3.2.1 Ubicación geográfica	44
3.2.2 Datos generales y descripción política administrativa	46
3.2.3 Aspectos Ambientales.....	46
3.2.3.1. Páramo	46
3.2.3.2 Bosque andino.....	47

3.2.3.3	Geología y minas	47
3.2.3.4	Áreas naturales protegidas	47
3.2.3.5	Climatología.....	48
3.2.3.6	Edafología	48
3.2.3.7	Hidrografía.....	48
3.2.4	Aspectos socio-económicos	49
3.3	DISEÑO METODOLÓGICO.....	50
3.3.1	Tipo de Investigación.....	50
3.3.2	Investigación Bibliográfica	50
3.3.3	Investigación de Campo.....	51
3.4	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.4.1.	Localización de las Fuentes de Agua	51
3.4.2.	Medición del caudal	52
3.4.3	Análisis físico-químico del agua.....	53
3.4.4	Elaboración del Diagrama de Piper	55
3.4.5	Identificación y medición de los gases.....	55
3.5	CONSIDERACIONES BIOÉTICAS	59
	4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1	LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES Y DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	60
4.2	CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DEL AGUA Y GASES EMITIDOS DE LAS FUENTES DE AGUA DE TANGALÍ.	61
4.2.1	Análisis físico-químicos del Río Blanco.....	65
4.2.2	Clasificación de las fuentes estudiadas	67
4.2.3	Características físicas y químicas de las fuentes de agua estudiadas	69
4.2.4	Diagrama de Piper.....	71
4.2.5	Medición de los Gases	72
4.2.6	Estimación del caudal de CO ₂ de la fuente Termal Principal	75
4.3	ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO SEGURO COMO RECURSO NATURAL..	77
4.3.1	Agua Termal Principal.....	77
4.3.1.1	Alternativas de aprovechamiento seguro del agua	79
4.3.2	Dióxido de Carbono (CO ₂)	79
4.3.3	Alternativas de uso seguro de los recursos agua y gas de Tangalí.....	79
4.4	DISCUSIÓN	85

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 89 Recomendaciones	89
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
7. ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Piper	26
Figura 2. Tipos de Aguas Subterráneas	27
Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de la comunidad de Tangalí	45
Figura 4. Medición de caudal mediante el método de vertedero triangular.	52
Figura 5. Medición de caudal mediante el método volumétrico.....	53
Figura 6. Toma de muestras de agua de la fuente principal.	54
Figura 7. Medición de parámetros físico-químicos	55
Figura 8. Medición de la concentración de los gases con la bomba draguer.....	56
Figura 9. Preparación del dispositivo de captura de gas.....	57
Figura 10. Medida del caudal del gas CO ₂	58
Figura 11. Modelo conceptual del sistema hidrotermal desarrollado en la región de estudio	69
Figura 12. Muestras de agua en el Diagrama de Piper	72
Figura 13. Esquema en planta de la fuente con su canal de drenaje y río	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Correspondiente al 29 de Julio del 1988, que establece las normas de calidad de las aguas de Baño.	11
Tabla 2. Clasificación de las fuentes según su temperatura.....	23
Tabla 3. Clasificación de las fuentes según el pH.....	23
Tabla 4. Efectos a la exposición respiratoria de dióxido de carbono.....	31
Tabla 5. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos	40
Tabla 6. Criterios de calidad para fuentes de agua	41
Tabla 7. Materiales de campo utilizados.....	43
Tabla 8. División política y datos generales de la comunidad.....	46
Tabla 9. Datos de coordenadas y resultados de los caudales	61
Tabla 10. Análisis de las propiedades físico químicas de las fuentes de agua termal principal	61
Tabla 11. Análisis de las propiedades físico químicas de la fuente Termal II.....	62
Tabla 12. Propiedades físico químicas de la fuente de agua Gütig	63
Tabla 13. Propiedades físico químicas de la fuente de agua Limpia	64
Tabla 14. Propiedades físico-químicas del Río antes de la fuente principal.....	65
Tabla 15 Propiedades físico químicas del río después de la fuente principal.....	66
Tabla 16. Análisis adicional de la fuente Termal Principal	67
Tabla 17. Clasificación de las fuentes de Tangalí.....	68
Tabla 18. Datos físicos y químicos de las diferentes fuentes estudiadas. La concentración de los cationes y aniones viene dada en mg/L.....	70
Tabla 19. Datos físicos y químicos de las diferentes fuentes estudiadas. La concentración de los cationes y aniones viene dada en meq/L y la de sólidos totales disueltos (STD) en mg/L	70
Tabla 20. Datos en porcentajes de concentración (%) de cationes y aniones.....	71
Tabla 21. Concentración de CO ₂ medio en las proximidades de las fuentes	73
Tabla 22. Medición del caudal de CO ₂ de la fuente de agua Termal Principal.....	76
Tabla 23. Análisis biológicos de la fuente principal.....	78
Tabla 24. Proyecto uso de los Recursos Naturales	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación de las fuentes de Agua de Tangalí y estimación de Caudales.	98
Anexo 2. Medición de los parámetros físico-químicos de las fuentes identificadas	99
Anexo 3. Medición de la concentración de gases y estimación de caudal de CO ₂	100
Anexo 4. Toma de muestras para análisis químico y biológico de las fuentes de agua	101
Anexo 5. Análisis de químicos de la fuente de agua Termal Principal	102
Anexo 6. Registros de Asistencia a la Socialización del Proyecto.....	118

TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS FUENTES DE AGUA DE TANGALÍ PARA SU USO POTENCIAL COMO RECURSO NATURAL, CANTÓN OTAVALO”

Autores: Pablo Andrade y Alexander Palma

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Juan Diego Varela MSc.

Año: 2017

RESUMEN

Las fuentes de agua que se estudiaron en el presente trabajo de investigación están localizadas al sur oeste de la provincia de Imbabura, comunidad de Tangalí en las proximidades del río Blanco. Administrativamente esta comunidad pertenece, a la parroquia San José de Quichinche en el cantón Otavalo provincia de Imbabura. La zona de estudio presenta múltiples fuentes de agua de las cuales se pueden distinguir, unas hipo termales con abundante emisión de gases y otras fuentes frías. En una de las fuentes estudiadas situada en la comunidad de Tangalí es caracterizada por una elevada emisión de gas, en ella se llevó a cabo la identificación del gas y el cálculo del caudal emitido, también se determinó que el dióxido de carbono (CO₂) al ser más pesado que el aire se acumula en las áreas bajas, alcanzando altas concentraciones perjudiciales para la salud que pueden terminar con la vida de personas y animales, además se realizó el análisis de las características físicas y geoquímicas del agua y gases lo que ayudó a caracterizar los fluidos que emergen de las diferentes fuentes y así optimizar su utilización. Estos datos, aportaron información para proponer alternativas de uso seguro de éstos recursos naturales buscando un equilibrio sostenible entre la comunidad y los recursos naturales existentes, de tal manera que beneficien a la comunidad.

Palabras clave: CO₂, fuentes, falla geológica, emisiones, fluidos, termo mineral.

ABSTRACT

The sources of water that were studied in the present research work are located to the south west of the province of Imbabura, community of Tangalí in the proximities of the Blanco river. Administratively this community belongs, to the parish San José de Quichinche in the canton Otavalo province of Imbabura. The study area has multiple sources of water that can be distinguished, hipo thermal with abundant emission of gases and other cold sources. In one of the studied sources located in the community of Tangalí is characterized by a high emission of gas, it was carried out the identification of the gas and the calculation of the emitted flow, also was determined that the carbon dioxide (CO₂) to Being heavier than air accumulates in low areas, reaching high concentrations detrimental to health that can end with the lives of people and animals, in addition the analysis of the physical and geochemical characteristics of water and gases was carried out which helped Characterize the fluids that emerge from the different sources and thus optimize their use. These data provided information to propose alternatives for the safe use of these natural resources, seeking a sustainable balance between the community and the existing natural resources, in such a way as to benefit the community

Key words: CO₂, sources, failure geological, emissions, fluids, mineral term.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La emisión de grandes cantidades de CO₂ asociado a fuentes de agua y gas en zonas topográficamente deprimidas es un riesgo para humanos y animales. Este fenómeno constituye un riesgo natural en zonas volcánicas y no volcánicas como se ha puesto en evidencia por eventos catastróficos ocurridos en diversas partes del mundo (Calcara & Quattrocchi , 1996; Giggenbach, 1990; Rogie, Kerrick, Chiodini, & Frond, 2000; Sigurdsson, y otros, 1987).

Dentro la comunidad de Tangalí existe un complejo de aguas termales donde se desarrollaba un turismo comunitario, además los comuneros de los alrededores consideran a la fuente como un sitio sagrado ya que se la utilizaba la fuente para realizar rituales ancestrales de sanación, la fuente está ubicada dentro del complejo a cinco minutos en vehículo desde la comunidad. En este lugar existen Emisiones de gas que aparecen asociadas a las fuentes de agua en Tangalí y que han ocasionado muertes de personas que visitaron el área. Como antecedentes El diario el Norte señala que el día martes 20 de Enero del 2015 seis personas fallecieron en la fuente de Tangalí, dos de ellas presuntamente curanderos, que habrían estado dirigiendo un ritual durante la noche. Señalando como causal de muerte lo siguiente: “Los cuerpos de las víctimas fueron retirados ayer de la morgue por sus familiares. De acuerdo con los exámenes necrológicos que les practicaron la causa del deceso habría sido un edema pulmonar agudo” (El Norte, 2015).

Éste suceso marcó a la comunidad de Tangalí negativamente en el desarrollo turístico, ya que para evitar que nuevos eventos de estas características ocurran y pongan en riesgo a las personas que visitan el lugar se suspendió todo tipo de actividad dentro del complejo mientras no se conozcan las razones y se diseñen acciones que permita no solo desarrollar esta actividad de manera segura sino también desde la perspectiva del desarrollo sustentable comunitario que ha traído como consecuencia un impacto sobre la comunidad local desde el punto de vista económico y sociocultural.

Para un mejor aprovechamiento de estas fuentes como un recurso natural por parte de la comunidad es necesario determinar las características geoquímicas de las aguas termales y gases emitidos, así como el volumen de fluidos emitidos y elaborar una propuesta para la gestión del recurso y maximizar su aprovechamiento.

1.2 Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la composición química de las fuentes de agua identificadas?
- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las fuentes de aguas de Tangalí y gases emitidos?
- ¿Qué cantidad de fluidos son emitidos a la superficie?
- ¿Cuál es la formación geológica de la zona de estudio?

1.3 Justificación

Comprender el funcionamiento de los sistemas geotérmicos-hidrotermales en zonas volcánicas es fundamental para aprovechar al máximo su potencial como un recurso natural y así elaborar un plan para la gestión del mismo y maximizar su uso (Inguaggiato S. , Hidalgo, Beate, & Bourquin, 2010). Para la utilización de las fuentes de aguas termales es indispensable conocer las características geoquímicas de los fluidos emitidos, con el fin de determinar

especies perjudiciales para la salud, como pueden ser elevadas concentraciones de arsénico en el agua y en el caso de fuentes con elevadas emisiones de gases, detectar gases como CO₂ o CO (Toutain, y otros, 1992).

Existen algunos ejemplos en los que en fuentes con importantes emisiones de CO₂ se han realizado perforaciones para su captación y utilizarlo con fines industriales para la elaboración de aguas con gas o hielo seco (Rogie, Kerrick, Chiodini, & Frond, 2000).

Con este trabajo se busca beneficiar a la comunidad mediante un turismo comunitario sustentable y que además genere un mejoramiento en la calidad de vida de las personas que la integran sin generar impactos que alteren el orden y equilibrio de los ecosistemas naturales, enmarcando al proyecto dentro las estrategias planteadas en el Plan Nacional del Buen Vivir del 2013 – 2017 (SENPLADES, 2014).

De igual manera, de una forma global los beneficios que genera esta investigación están vinculados al objetivo 15 que menciona “Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica” (SENPLADES, 2014). Esta investigación también se enmarca en la parte legal dentro de la Constitución del Estado, donde se garantizan modelos de desarrollo sustentable, cuyas políticas serán ejecutadas obligatoriamente por los distintos niveles de gobierno (Constitución de la República del Ecuador, 2008). En donde es imprescindible planificar físicamente el espacio turístico mediante el reconocimiento de los valores ambientales, culturales y del paisaje preexistente.

La realización de este trabajo cuenta con apoyo económico por parte de la empresa Unión Andina de Cementos (UNACEM) que se encuentra ubicada a pocos kilómetros de la comunidad de Tangalí cumpliendo con la responsabilidad social correspondiente; además

cuenta con el apoyo de la Universidad Técnica del Norte (UTN) que contribuye con el material y personal técnico para el cumplimiento de cada una de las actividades propuestas. El desarrollo de este proyecto se encuentra enmarcado dentro de un proyecto macro que involucra a las dos instituciones mencionadas anteriormente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar las características geoquímicas de las fuentes de agua de Tangalí para su uso potencial como recurso natural.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las fuentes de agua de Tangalí y determinar sus caudales.
2. Caracterizar la composición geoquímica del agua y gases emitidos de las fuentes de agua de Tangalí.
3. Realizar la valoración de la utilidad de las fuentes de agua y proponer alternativas de aprovechamiento seguro como recurso natural en la comunidad de Tangalí

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

Durante las dos últimas décadas, el estudio de los patrones de flujo de salida de CO₂ del suelo se ha convertido en una herramienta ideal para la vigilancia de la actividad volcánica. Varios autores han demostrado que el monitoreo continuo de flujo de salida de CO₂ proporciona información importante para la vigilancia volcánica y el seguimiento sismo-tectónico (Hernández, y otros, 2006; Padrón, y otros, 2008).

Tirza Contreras de la Universidad de Costa Rica en el 2011, en su estudio “Propiedades hidrogeoquímicas e isotópicas del agua subterránea en la parte media de la cuenca del río Tulián, puerto cortés, honduras” identificó las propiedades hidroquímicas e isotópicas del agua subterránea recolectada en 11 manantiales. A partir de los valores de los isótopos estables, deuterio y oxígeno 18, se deduce que el origen del agua subterránea es meteórico. (Contreras, 2011).

De los estudios realizados en Ecuador se destaca la tesis de grado “Caracterización geotérmica y consideraciones ambientales de los baños termales de San Vicente, provincia del Guayas”. Este trabajo presenta un modelo estructural de la fuente de las aguas termales de San Vicente, determinando que dicha área se encuentra ubicada sobre una zona de ante arco muy fracturada con predominio de materiales sedimentarios principalmente del Grupo Azúcar y que presenta evidencias de deslizamientos intraformacionales locales (Gonzales, 2003).

Otro estudio desarrollado por Quinche y Velastegui en el 2014 denominado “Comparación genética entre las aguas termales de Baños de Cuenca y Baños de agua Santa” en el cual el autor compara genéticamente las aguas termales de Baños de Cuenca (Azuay) y Baños de Agua

Santa (Tungurahua), de acuerdo a parámetros hidrogeológicos, geomorfológicos, geológicos e hidrogeoquímicos, con el fin de determinar su origen; en donde se concluye que en Baños de Agua Santa las manifestaciones termales de tipo sulfatadas están asociadas al volcanismo activo del Tungurahua, mientras que para Baños de Cuenca estas vertientes cloruradas se asocian a una fuente geotérmica profunda (Quinche & Velastegui, Comparación genética entre las aguas termales de baños de Cuenca y baños de Agua Santa, 2014).

La presencia de fuentes calientes es un fenómeno común en regiones volcánicas reflejo de la dinámica de los sistemas geotérmicos, como consecuencia de la existencia de cuerpos calientes intruidos en zonas someras de la litosfera (Sigurdsson, 2000). Con el fin de conocer el funcionamiento de estos sistemas geotérmicos se realizan detallados análisis de las características físicas y geoquímicas de los fluidos que forman parte de ellos, como por ejemplo del agua que pueda aflorar en fuentes y de los gases emitidos (Baubron, Allard, & Toutain, 1990). Estas investigaciones permiten localizar estructuras tectónicas favorables para el ascenso de los gases o determinar su origen. Éste puede ser variado, en zonas volcánicas existen diversos procesos generadores de CO₂ en el subsuelo como son: la desgasificación de magmas o degradación de materia orgánica por procesos termales. También existen otros procesos que pueden no estar directamente relacionados con una actividad volcánica como: metamorfismo de rocas carbonatadas marinas, desgasificación de acuíferos de aguas ricas en CO₂ o presencia de fallas profundas por las que asciende CO₂ desde el manto (Rogie, Kerrick, Chiodini, & Frond, 2000).

En relación al CO₂, existen muchos estudios que registran la emisión de grandes cantidades de este gas a través de suelo (difusión) y en fuentes de aguas calientes o frías en zonas volcánicas durante periodos sin actividad o baja actividad (Baubron, Allard, & Toutain, 1990).

Hasta la actualidad en la zona de estudio no se han llevado a cabo estudios detallados sobre el origen y génesis del agua y gases que son emitidos en estas fuentes. Los únicos trabajos realizados hasta la fecha son de la Universidad Politécnica Nacional de Quito, en los que la toma de medidas de los gases de una de las fuentes determinó que el componente principal es CO₂.

2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

La Geología del cantón Otavalo está determinada por el aporte de todos los centros de emisión volcánica de la provincia de Imbabura. Son seis los centros volcánicos de emisión Pleistocénica, los mismos que han dado lugar a potentes depósitos de flujos piroclásticos y avalanchas de escombros, los cuales han modelado geomorfológicamente la zona de estudio. El primer aporte volcánico corresponde a los volcánicos Cotacachi, el segundo y tercer aporte corresponde al aporte de los productos eruptivos de tobas dacíticas del Imbabura y del Cubilche el cuarto aporte se relaciona directamente con los remanentes volcanoclásticos andesíticos del complejo volcánico Cusin; el quinto aporte quizá el aporte más representativo y el mayor en extensión se refiere a los productos depositados del complejo Mojanda para finalizar más hacia el occidente, se tiene el aporte del remanente volcánico Cushnirrumi con productos riodacíticos. (PDOT-Otavalo, 2015).

Es un depósito de composición andesítica de toba, ceniza y arena volcánica, generalmente de un espesor uniforme. En la base de estos depósitos se encuentran piroclastos de piedra pómez en capas de 2 a 4 m de espesor. La toba es de grano fino a medio, de color amarillento y contiene vidrio volcánico, cristales de minerales volcánicos y escasos fragmentos líticos; cubriendo a estos depósitos se encuentra la ceniza de coloración variable de gris a amarillenta. En ciertos lugares el espesor sobrepasa los 80 m. (Saavedra, 2017). Todo el conjunto de rocas piroclásticas son producto de erupciones volcánicas explosivas del complejo Cuicocha-

Cotacachi; estos flujos piroclásticos y depósitos de piroclastos, están constituidos de cenizas, arenas volcánicas y lapillis, depositadas en ambientes fluvio-lacustres y eólicos y expuestas a meteorización en sus niveles superiores (Saavedra, 2017).

2.3 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local está compuesta principalmente por el complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha representados por tobas dacíticas Cuicocha además el complejo volcánico del Cotacachi (Pleistoceno) está compuesto especialmente por flujos de lava y en mayor cantidad de fragmentos piroclásticos, todos originados en las erupciones del volcán. Las lavas son de color gris-rojizas, compactas de composición andesítica, grano medio con textura hipocristalina; presentan fenocristales de plagioclasas, piroxenos o anfíboles, envueltos en una matriz de vidrio volcánico y plagioclasas. Como fragmentos piroclásticos podemos citar algunos bloques de roca (andesita), pómez, lapilli, etc. Su potencia se estima que sobrepasa los 2000 m (Saavedra, 2017).

Por su parte la cangahua (cuaternario) está cubriendo extensas áreas del valle Interandino, aflora en mayor potencia al S y SW del cráter del Cuicocha., de finales del Plioceno y cuyo aporte llega desde el occidente del cantón Otavalo, cubriendo las parroquias de Selva Alegre y Quichinche además otro aporte geológico importante es el complejo volcánico Cushnirrumi que se compone con productos riódacíticos (PDOT-Otavalo, 2015).

Las fuentes de agua que se estudiarán en este proyecto se sitúan al Norte de la Comunidad de Tangalí en el fondo de una quebrada de dirección aproximada O-E por la que discurre el río Blanco. Geológicamente el lugar de estudio se encuentra en el contacto entre dos unidades geológicas de edad Cuaternario denominadas: Cuicocha, la del norte y más moderna, y Cushnirrumi, la situada al sur. Estas unidades están formadas por materiales volcánicos

piroclásticos andesíticos y dacíticos que descansan de forma discordante sobre materiales cretácicos de composición basáltica y andesítica de origen marino (Velásquez, 2013).

2.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología del cantón Otavalo se caracteriza por presentar relieves desde planos a colinados y desde escarpados a montañosos. Los accidentes geográficos más importantes son seis edificios volcánicos del Pleistoceno: Imbabura, Cubilche, Cusin, Cotacachi, Mojanda y Cushnirrumi y las lagunas de San Pablo y Mojanda. Los ríos Tejar y Machángara, fluyen de manera continua durante todo el año, hacia el centro de la cabecera cantonal, mientras que en la zona de Intag, hacia el Occidente del cantón, se encuentra el río Intag y los tributarios y afluentes de su microcuenca. Pequeñas elevaciones se disponen dentro del territorio tales como: Cotama, Agato, Pucará, La Compañía, que rodean la ciudad de Otavalo distribuidas desde la parte Norte hacia el Este de la ciudad (PDOT-Otavalo, 2015).

2.5 FALLAS O FRACTURAS

Las fallas o fracturas son fisuras en las rocas resultado de esfuerzos en donde se ha producido movimientos en las mismas, es decir que existe una falta de continuidad debido a una rotura de una superficie continua. Los movimientos se generan a lo largo del plano de la falla: las rocas se deslizan a ambos lados unas junto a otras sin producir separación, esto quiere decir que no dejan espacios entre las rocas a los dos lados de la superficie de la fractura. Cuando existe separación de los dos lados de la fractura se conocen como grietas y en estas se rellenan por depósitos de precipitación química, se conocen como filones si son grande y venas si son pequeñas. La estructura de una falla puede ser una superficie plana o alabeada o también puede ser una estructura tabular, esto quiere decir que puede ser un volumen de roca, en este casos se conoce como zona de falla. Las rocas en la zona de falla comúnmente se encuentran trituradas

y por lo general se las conoce como roca de falla. Las rocas situadas a ambos lados de la superficie de falla se las conoce como bloques o labios de falla (Powel, 1991).

2.6 HIDROLOGÍA

2.6.1 Aguas naturales

El agua es uno de los compuestos químicos más importantes para los seres vivos. En el aspecto cuantitativo el agua cubre aproximadamente el 72% de la superficie terrestre y que la materia incluye en su composición altos porcentajes de ésta sustancia y desde el punto de vista cualitativo el agua es importante en casi todas las funciones de nutrición y excreción para todas las formas de vida ya que requieren entradas importantes para todas sus funciones vitales (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2008).

Las propiedades más conocidas del agua químicamente pura son: incolora, inodora e insípida, el agua es conocida por su fórmula química la cual representa una molécula formada por dos elementos químicos dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno unidos por un enlace químico covalente polar. El movimiento continuo de agua entre la tierra y la atmosfera es conocido como ciclo hidrológico (FEA & CEMDA, 2006).

2.6.2 Composición de las aguas naturales

Los gases más abundantes son los provenientes de la disolución de gases atmosféricos (CO₂, N₂ y O₂ principalmente), los producidos por la actividad de los seres vivos (CO₂ y O₂) y los originados por la descomposición aerobia o anaerobia, de los mismos (CO₂, CH₄, H₂S, NH₃) (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2008).

2.6.3 Normas de Calidad de las aguas de Baño

Algunos autores definen la calidad de las aguas de acuerdo a su uso. En la tabla 1 se indica las normas de calidad de las aguas de baño (uso recreativo) indicadas por el autor (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2008).

Tabla 1. Correspondiente al 29 de Julio del 1988, que establece las normas de calidad de las aguas de Baño.

Parámetros microbiológicos	Unidad	Valores guía	Valores límite imperativos	Frecuencia de muestreo
Coliformes totales	Numero/100 m/l	500	10000	Bimensual (1)
Coliformes fecales	Numero/100 m/l	100	2000	Bimensual (1)
Estreptococos fecales	Numero/100 m/l	100	-	(2)
Salmonellas	Numero/1 L	-	0	(2)
Esterovirus	PFU/10ml	-	0	(2)
Parámetros físico-químicos				
pH		-	6-9 (E)	(2)
Color		-	Ningun cambio anormal (E)	Bimensual (1)
		-	-	(2)
Aceites minerales	mg/L	-	Sin película superficial y ausencia de olor	Bimensual (1)
	mg/L	≤ 0,3	-	(2)
Sustancias tenso activas	mg/L	-	Sin espuma persistente	Bimensual (1)
	mg/L	≤ 0,3	-	(2)

Fenoles	mg/L C ₆ H ₅ OH	-	Sin olor especifico	Bimensual (1)
	mg/L C ₆ H ₅ OH	≤ 0,005	≤ 0,05	(2)
Transparencia	M (disco secchi)	2	1 (E)	Bimensual
Oxígeno disuelto	% de saturación	80	-	(2)
Residuos aquitrانados y materias flotantes		120	-	Bimensual (1)
Amoniaco	mg/l NH ₄ ⁺	Ausencia	-	(3)
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l N	-	-	(3)
Plaguicidas	mg/l	-	-	(2)
Metales pesados (As, Cd, Cr (VI), Pb, Hg)	mg/l	-	-	(2)
Cianuros	mg/l CN ⁻	-	-	(2)
Nitratos y fosfatos	mg/l	-	-	(3)

Fuente: Orozco, 2008

2.6.4 Ciclo Hidrológico

El ciclo del agua consiste en un proceso continuo que inicia con la evaporación del agua de los océanos, se mueve hacia los continentes como humedad del aire y genera la precipitación, ésta a su vez cae en forma de lluvia hacia las tierras firmes y se distribuye por distintos caminos, parte del agua es retenida en el suelo y regresa a la atmosfera por medio de la evaporación o también puede pasar a la atmosfera en forma de vapor por medio de la respiración de las plantas (transpiración) y la combinación de éstos dos fenómenos mencionados es llamado

evapotranspiración. Otra fracción se convierte en escorrentía superficial que nutre los ríos, como proceso final el agua se infiltra en el suelo llamado también (escorrentía subterránea) esta fracción puede pasar de nuevo a los ríos o a profundidades mayores como hacia las aguas subterráneas. Las aguas superficiales y subterráneas se mueven hacia zonas de más baja altitud y finalmente descargan al mar desde donde, una porción puede volver a la atmósfera (Fagundo & González, 2005).

2.6.5 Constituyentes de las aguas subterráneas

Las sustancias disueltas en las aguas de tipo subterráneo se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) Constituyentes principales con concentraciones comprendidas entre 1 y 1000 ppm y son:

- Grupo de cationes: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ,
- Grupo de los aniones: Cl^- , $(\text{SO}_4)^{2-}$, $(\text{HCO}_3)^-$, pero también se puede incluir en este grupo al sílice.

b) Constituyentes secundarios con concentraciones entre 0.01 y 10 ppm; y son:

- Grupo de los cationes: $\text{Fe}^{2+,3+}$, Sr^{2+} y K^+ ,
- Grupo de los aniones: $(\text{CO}_3)^{2-}$, $(\text{NO}_3)^-$ y F^- .

c) Constituyentes menores con concentraciones entre 0.0001 y 0.1 ppm:

- Sb, Al, As, Ba, Br, Cd, Cr, Co, Cu, Ge, I, Pb, Li, Mn, Mo, Ni, P, Rb, Se, Ti, U, V, Zn (estos elementos se presentan ocasionalmente).

d) Constituyentes traza con concentraciones $<0.001\text{ppm}$. Entre estos están:

- Be, Bi, Ce, Cs, Sn, Ga, Au, In, La, Nb (raramente se presentan).

2.6.6 Comportamiento de los iones principales

- a) Los iones HCO_3^- , Ca^{2+} y Mg^{2+} están asociados a los procesos de disolución de las rocas carbonatadas y se rigen por el sistema de equilibrios químicos de los carbonatos (Garrels & Christ, 1965).
- b) El ion Cl^- está asociado, fundamentalmente a las precipitaciones y su contenido depende de la altura y la distancia del punto muestreado al mar; así como del tipo de evento lluvioso. En los pozos ubicados en las llanuras litorales, un alto contenido de Cl^- puede estar asociados a la intrusión salina o a los aportes de fuentes contaminantes (Bakalowicz , 1979).
- c) Debido a que el ion Cl^- y los iones asociados al ciclo del nitrógeno son aportados desde el exterior del sistema, su evolución temporal en las fuentes permite obtener información sobre las modalidades de infiltración del agua en el mismo y la existencia o no de elementos que favorezcan la homogeneización del quimismo del agua que entra al sistema. Además su correlación con otros elementos puede ofrecer información sobre el origen del mismo, así como establecer o delimitar zonas de alimentación del sistema (Morales, 1991).
- d) El contenido del ion SO_4^{2-} en las aguas también pudiera ser aportado por la actividad agrícola, y en ocasiones por la propia industria. En la zona del suelo, las aguas pueden adquirir considerables contenidos de este ion por disolución de sales solubles como yeso o anhidrita. La oxidación de las piritas, comúnmente asociadas a los carbonatos, también puede enriquecer el contenido de SO_4^{2-} en el agua.

- e) El contenido de NO_3^- en las aguas depende, fundamentalmente de la actividad antrópica. El SiO_2 , por su parte está asociado a la presencia de silicio, más abundante en las regiones no carbonatadas.
- f) El ion Na^+ puede tener un mismo origen que el Cl^- , aunque debido a la capacidad de intercambio iónico de las arcillas, estas pueden provocar diferencias significativas en las aguas respecto a su contenido.
- g) El ion K^+ puede sufrir grandes variaciones como resultado de las labores agrícolas a partir de los fertilizantes y de la capacidad de las raíces de las plantas de absorber este ion.

2.6.7 Relación de las aguas minerales y termales con el ciclo hidrológico

En general, se considera agua mineral la que posee estable su temperatura, caudal y composición química y biológica y agua termal la que posee una temperatura superior en varios grados a la temperatura del suelo o del aire. Por lo general son aguas subterráneas del drenaje profundo, que pueden ser de tipo meteórico (asociadas al ciclo hidrológico), proceder de cuencas artesianas que han permanecido durante muchos años al margen del ciclo hidrológico, o de origen volcánico (aguas juveniles), que al emerger por manantiales se incorporan por primera vez al ciclo hidrológico (Fagundo & González, 2005).

La temperatura de las fuentes termales, en ocasiones cercanas a $100\text{ }^\circ\text{C}$, puede deberse a la actividad volcánica o a movimientos intensos de la corteza terrestre (por ejemplo en zonas de fallas y subsidencia de placas). En general, las regiones que presentan estas fuentes, poseen un gradiente geotérmico superior a la media que es del orden de 3°C por cada 100 m de profundidad, debe señalarse, que más del 95 % de las aguas minerales son de origen meteórico y por tanto, están relacionadas con el ciclo hidrológico. Estas aguas proceden de acuíferos

profundos, que yacen generalmente en condiciones artesianas y su ascenso a la superficie se origina a través de fallas o contactos litológicos (Fagundo & González, 2005).

2.7 MEDIDORES DE CAUDAL

La medida de caudales es la determinación de la cantidad de volumen de agua que circula mediante conducción en un determinado lapso de tiempo. Los instrumentos que se utilizan para la medición de un caudal se denominan caudalímetros o medidores de caudal, estableciendo una unidad particular de los contadores, los cuales poseen dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción (Cadena, 2012).

a) Método Volumétrico

Este método es el más sencillo y es utilizado para la medición de pequeños caudales de agua como los existentes en los surcos o en acequias pequeñas. Este método consiste en determinar el tiempo que tarde en llenarse un recipiente e volumen conocido, este proceso debe repetirse 2 o 3 veces y se promedia, con el objetivo de obtener un resultado con mayor exactitud (Cadena, 2012).

La fórmula para el cálculo de este método es:

$$Q = V / t.$$

Dónde: **V** = Volumen del recipiente en litros.

t = Tiempo, en segundos.

b) Método de Vertedero Triangular

La principal ventaja de este método es que permite medir caudales pequeños si la velocidad de llegada es progresiva. Para la instalación del vertedero es necesario evitar las infiltraciones para lo cual debe quedar bien encajado en las paredes laterales y en el fondo de la acequia y al mismo tiempo debe quedar elevado sobre la solera para poder trabajar con descarga libre. Los vertederos triangulares más utilizados son los de 90° y los de 60°. (Cadena, 2012).

Para los vertederos triangulares de 90° la fórmula general es:

$$Q = 1.38 H^{5/2}$$

Para los vertederos triangulares de 60° la fórmula general es:

$$Q = 0.80 H^{5/2}$$

Dónde: **C** = Coeficiente que varía según el ángulo de la escotadura.

$5/2$ = Valor de la tangente del ángulo medio que forma la escotadura.

H = Carga real o altura de elevación de la superficie libre sobre la cresta.

2.8 HIDROGEOLOGÍA

2.8.1 El agua subterránea en relación con el medio rocoso

La ocurrencia de las aguas subterráneas está asociada a las formaciones geológicas más o menos permeables conocidas como acuífero, y su movimiento depende de las propiedades físicas de las rocas que lo componen. Este movimiento puede expresarse en términos de retención y rendimiento de agua, algunos materiales como la arcilla, constituyen formaciones impermeables que pueden contener agua, pero son incapaces de transmitir cantidades

significativas de la misma. Existen otras formaciones prácticamente impermeables que no contienen ni transmiten agua (Fagundo & González, 2005).

2.8.2 Sistema Geotérmico-Hidrotermal

El sistema geotérmico-hidrotermal es un sistema de circulación de agua subterránea que consta básicamente de tres elementos: un área de recarga, otra de descarga y una fuente de calor. Se lo denomina sistema hidrotermal magmático cuando el magma suministra la fuente de calor y sustancias volátiles (Delmelle & Stix, 2000). Lo que distingue a los sistemas geotermiales-hidrotermiales a otros sistemas de aguas subterráneas es la profundidad a la que circula el agua. Estos se originan cuando las aguas meteóricas se filtran hasta alcanzar grandes profundidades en el subsuelo. Durante su viaje por el interior de la tierra estas son calentadas debido al calor emitido del interior de la Tierra o por la presencia de cuerpos calientes próximos a la superficie. Estas aguas durante su movimiento cambian progresivamente su química haciéndose más rica en Cl, F, Br, B, SO₄, HCO₃, sílice y metales solubles por reacción con las rocas de caja. Estos fluidos ascienden a la superficie a través de debilidades en la corteza normalmente representadas por fallas, aprovechando la mayor permeabilidad que presentan las rocas de falla (Goff , Fraser, Janik, Cathy, 2000).

2.8.3 Origen de los Fluidos Geotérmicos

Las aguas termales pueden formarse a partir de cuatro tipos de agua que son: aguas meteóricas, aguas magmáticas, aguas de formación y aguas fósiles (Fagundo & González, 2005).

i. Aguas meteóricas

En zonas de recarga de un sistema geotérmico, éstas aguas se infiltran hacia la sub superficie por medio de la gravedad, elevando su temperatura a medida que alcanza

mayor profundidad, después de ser calentadas emergen y circulan por los acuíferos subterráneos hasta llegar a la superficie a través de fisuras y fracturas abiertas existentes en rocas. Éste es el origen más frecuente de las aguas termales en un sistema geotérmico (Píngua, 2008).

i. Aguas magmáticas

Éstas aguas podrían generarse durante la cristalización de magmas que liberan volátiles que salen a la superficie en forma de fumarolas compuestas esencialmente de vapor de agua con elementos como: flúor, cloro, carbono, fósforo y boro (Píngua, 2008).

ii. Aguas de formación

Se las conoce también como aguas juveniles o endógenas las cuales se forman de la consolidación de lavas y de vapor de agua de origen volcánico, la composición de estas aguas en sales y la temperatura son relativamente constantes y de carácter hipertermal (Píngua, 2008).

iii. Aguas fósiles

Se forman de reacciones químicas de carácter intenso en el seno de la corteza que libera agua y de procesos de oclusión de aguas debido a la depositación de sedimentos sobre los fondos marinos, estas aguas son particularmente ricas en cloruro de sodio, bromo y yodo (Píngua, 2008).

2.8.4 Aguas Minerales

Las aguas minerales constituyen un recurso natural que yace en estratos acuíferos subterráneos. Se diferencian claramente de las aguas de consumo por su grado de mineralización, la presencia de determinados componentes y por tener estable la composición química, temperatura, el caudal y la microflora saprofitica, además varios autores clasifican a las aguas minerales en cinco diferentes tipos tales como: mineral natural, mineral medicinal

(mineromedicinal), mineral termal (termomineral), mineral industrial y mineral envasada (Armijo & San Martín , 1994).

2.8.5 Las aguas Termo minerales

Una de las expresiones en superficie de la existencia de sistemas geotérmicos en el subsuelo de una región es por ejemplo la presencia de fuentes de aguas termales o hidrotermales. Las aguas termales han constituido desde épocas muy antiguas un recurso utilizado con fines medicinales. Su composición química es muy variada y depende de: las rocas presentes en el yacimiento geotérmico, del tiempo de interacción con ellas y la temperatura. Se pueden encontrar aguas de muy diferente composición, desde soluciones muy diluidas hasta salmueras con conductividades eléctricas muy superiores al agua del mar (Baeza, López, & Ramirez, 2001). Los niveles de sílice y el contenido de oligoelementos As, B, Br y Li son relativamente altos en comparación con la mayoría de otras aguas subterráneas y su pH generalmente se encuentra entre 6 y 9. La concentración de algunos de los iones presentes en el agua es función de la temperatura. Si se parte del supuesto que la concentración de iones se encuentran en equilibrio químico con las rocas del yacimiento y que no han reaccionado con la roca caja durante su ascenso a superficie. La concentración de sales que aparece en la fuente puede ser utilizada como geotermómetro y constituir un indicador de la temperatura a la que se encuentra el yacimiento geotérmico. La química de los geotermómetros puede ser principalmente de dos tipos: el primero se basa en concentraciones absolutas de un constituyente en la solución y el segundo sobre las relaciones de dos o más componentes en solución (Goff , Fraser, Janik, Cathy, 2000).

El agua que aflora en las fuentes termales puede presentar diversos orígenes, como son: 1) agua fósil o connata, esta es agua atrapada en las rocas y sedimentos cuando estos se formaron

en un medio subacuoso, 2) agua procedente de la deshidratación de las rocas durante el metamorfismo o 3) aguas magmáticas las cuales, estas proceden de la desgasificación de magmas emplazados en las zonas someras de la litósfera. Sin embargo los estudios isotópicos del agua realizados en numerosos trabajos muestran que el origen de las aguas en fuentes termales normalmente tienen un origen meteórico (Goff , Fraser, Janik, Cathy, 2000). Es decir son aguas de lluvias filtradas en el suelo que penetran hasta grandes profundidades en la litosfera donde después al ser calentadas por el calor geotérmico salen a superficie.

2.8.6 Propiedades físico-químicas de las aguas minerales

Los criterios físico-químicas de la clasificación de las aguas naturales en general, se basan en el contenido de los iones más abundantes. En la literatura aparecen numerosas clasificaciones que responden a diferentes objetivos. Para la clasificación de las aguas minerales el método de clasificación más utilizado es el de Kurlov, el cual toma en consideración los aniones y cationes que exceden el 20 % meq/l. (Garcia, 1988).

- i. Con relación con los aniones: a) bicarbonatadas, b) sulfatadas, c) cloruradas, d) bicarbonatadas sulfatadas, e) bicarbonatadas cloruradas, f) sulfatadas cloruradas y g) sulfatadas cloruradas bicarbonatadas.
- ii. Con relación con los cationes: a) cálcicas, b) magnésicas, c) sódicas, d) cálcicas magnésicas, e) cálcicas sódicas, f) magnésicas sódicas y g) cálcicas magnésicas sódicas.

2.8.7 Clasificación de las aguas Termo minerales

Diferentes autores han clasificado a las aguas termo minerales por diversos criterios como: uso, origen, temperatura, pH, caudal, composición química, actividad terapéutica, entre otras denominaciones (Armijo & San Martín , 1994).

2.8.7.1 Según sus Usos

Las aguas termales pueden emplearse en

a) Uso no energético

- Uso balneológico y terapéutico
- Agua de bebida
- Suministro doméstico

b) Uso industrial

- Uso energético
- Calefacción
- Uso agrícola

Usos Múltiples

2.8.7.2 Según su origen en (Armijo y San Martín 1994)

- Aguas marinas: son las aguas del océano que han ingresado a las rocas y sedimentos en tiempos recientes y están en contacto directo con aquel.
- Agua meteóricas: son aguas subterráneas que formado parte del ciclo hidrológico.
- Agua congénita: son aquellas que se han encontrado fuera del contacto de la atmosfera durante millones de años.
- Agua metamórfica: La que ha estado en contacto con rocas durante su metamorfismo.
- Agua magmática: es la que se encuentra originada en el interior del magma de poca profundidad.
- Agua plutónica: La que se ha originado en el interior del magma a grandes profundidades.

2.8.7.3 Con relación a la temperatura

Según su temperatura se han establecido varias clasificaciones de las aguas termales, pero la universal y más aceptada es la señalada por (Castany, 1971).

Tabla 2. Clasificación de las fuentes según su temperatura

Clasificación	Rango de Temperatura (T°)
Frías	menos de 20°C
Hipotermiales	entre 20 y 35°C
Mesotermiales	entre 35 y 50°C
Hipertermiales	entre 50 y 100°C

Fuente: Castany, 1971

2.8.7.4 Según el pH (Karacolev, 1984) propuso la siguiente clasificación

Tabla 3. Clasificación de las fuentes según el pH

Clasificación	Rango de pH
Aguas con fuerte reacción acida	<3,5
Aguas con moderada reacción acida	3,5 a 5,5
Aguas con ligera reacción acida	5,5 a 6,8
Aguas con reacción neutra	6,8 a 7,2
Aguas con reacción alcalina	7,2 a 8,5
Aguas con reacción alcalina moderada	8,5 a 9,5
Aguas con fuerte reacción alcalina	>9,5

Fuente: Karacolev, 1984

2.8.7.5 Base a la composición química

Las aguas termales pueden clasificarse en los siguientes grupos (Castany, 1971):

- **Aguas sulfatadas:** se caracterizan por un elevado contenido de iones sulfatos (SO₄), pero también ricas generalmente en cationes Na y K.

- **Aguas Cloruradas:** son las aguas comúnmente llamadas saladas, dichas sales son principalmente cloruros (Cl).
- **Aguas bicarbonatadas:** estas aguas son ricas en CO₂ libre y habitualmente pobre en SO₄. Este tipo de aguas son frecuentes en las regiones de volcanismo terciario y cuaternario.
- **Aguas Ferruginosas:** Tienen alto contenido en hierro (más de 10 mg/l de Fe), fruto de la circulación de las aguas a través de rocas ricas en este mineral.
- **Aguas Radiactivas:** Son poco frecuentes. Proceden de zonas muy profundas en contacto con materiales geológicos muy antiguos, generalmente intrusivos. Elementos como litio, cobalto, níquel y radio aparecen en cantidades muy pequeñas.
- **Aguas sulfuradas:** Se caracterizan esencialmente por la presencia de compuestos sulfurados y de H₂S libre o combinado, su composición química total difiere poco de los demás tipos. Su temperatura es elevada y destaca que la concentración en sales es mediana e incluso débil.
- **Aguas carbogaseosas:** se caracterizan por contener más de 250 mg/L de ácido carbónico (Quinche y Velastegui, 2014).

2.8.7.6 Según Gingebach Composición Química

- Ácidos cloruro-sulfato de alta acidez probablemente resultante de la absorción de gases magmáticos en las aguas subterráneas siguen por cerca de la disolución química de la roca compactada.

Estos reflejan condiciones dentro de la profundidad, primaria zona de neutralización.

- Aguas de manantiales asociadas a abundantes descargas de CO₂ (Manantiales de soda) y que puedan ser representativos de las aguas con altas reactividades de CO₂ en la periferia del sistema hidrotermal.

Descargas procedentes de pozos geotérmicos profundos y de muelles de cloruro neutro. Es probable que estas aguas representen fluidos bien equilibrados del flujo ascendente principales zonas (Giggenbach W. , 1987)

2.8.8 Interacción agua termo mineral-roca

Las aguas termo minerales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde intervienen factores de tipo químico-físico, geológico, hidrogeológico, geomorfológico, pedológico, climático, antrópico y otros (Fagundo J. , 1990 b).

2.9 HIDROGEOQUÍMICA

2.9.1 Representación gráfica de la composición química de las aguas minerales

La representación gráfica de los datos hidroquímicos constituye una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades de un agua, así como para hacer comparaciones. También permite ver con facilidad el comportamiento y evolución de un agua en un territorio determinado y a través del tiempo (Fagunfo, Rodriguez, & Vega , 1995)

Para la representación gráfica de los análisis de las aguas mineromedicinales son muchos los métodos propuestos, pero ninguno alcanza el ideal de expresar de manera clara y rotunda la mineralización total y la concentración porcentual en miliequivalentes de los diferentes iones, parámetros indispensables para clasificar un agua (Armijo & San Martín , 1994)

Entre los métodos gráficos más utilizados se destacan los siguientes: diagrama de barra, diagrama circular, diagrama de Stiff, diagrama triangular, diagrama vertical.

2.9.2 Diagrama Triangular (Piper)

Este procedimiento gráfico es una herramienta efectiva en la segregación analítica de datos para un estudio crítico con respecto a los orígenes de los constituyentes disueltos en aguas, las modificaciones en el carácter de un agua con el paso a través de un área y problemas geoquímicos relacionados. Este procedimiento está basado en el diagrama múltiple triangular mostrado en la Figura 1, cuya forma fue gradual e independientemente desarrollada durante muchos años, ya que consta de dos diagramas triangulares y uno rómbico central. Usualmente en un triángulo equilátero se representa las concentraciones de los cationes. Ca^{2+} , Mg^{2+} , y Na^+ (en ocasiones $\text{Na}^+ + \text{K}^+$) y en el otro las de los aniones (HCO_3^-), $(\text{SO}_4)^{2-}$, y Cl^- o $(\text{NO}_3)^-$, asimismo cada uno de los vértices representa el 100% de meq/L de un ion. Un punto interior del triángulo indica el % presente de cada ion respecto al total de los tres (Quinche y Velastegui, 2014).

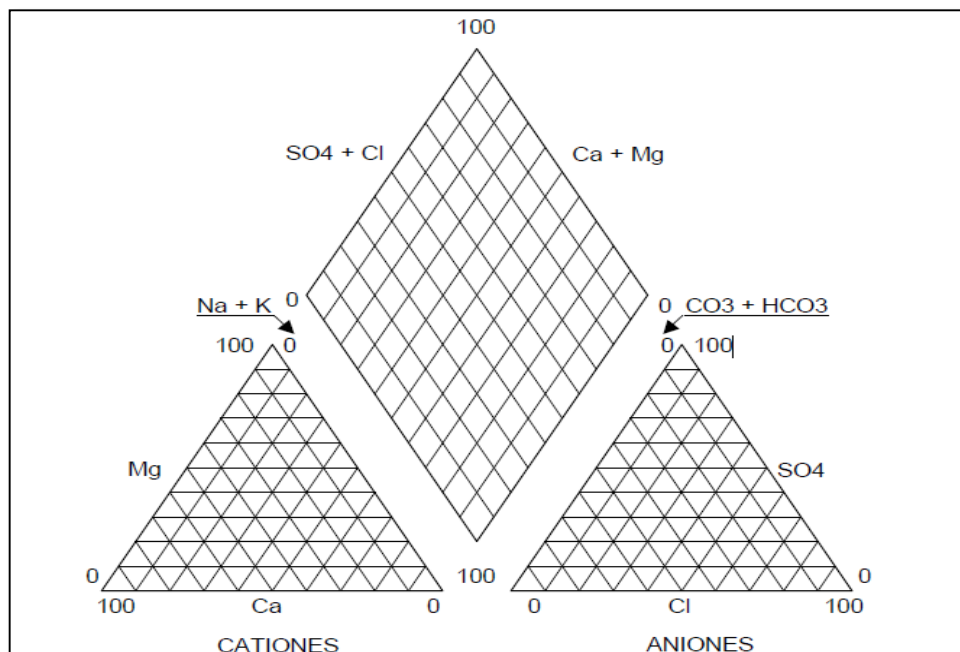


Figura 1. Diagrama de Piper

Fuente: Fagundo y González, 2005

En los diagramas de Piper, las aguas de características químicas similares quedan agrupadas en sectores, pudiéndose establecer la siguiente clasificación:

Tipos de Aguas Subterráneas en función del Diagrama de Piper

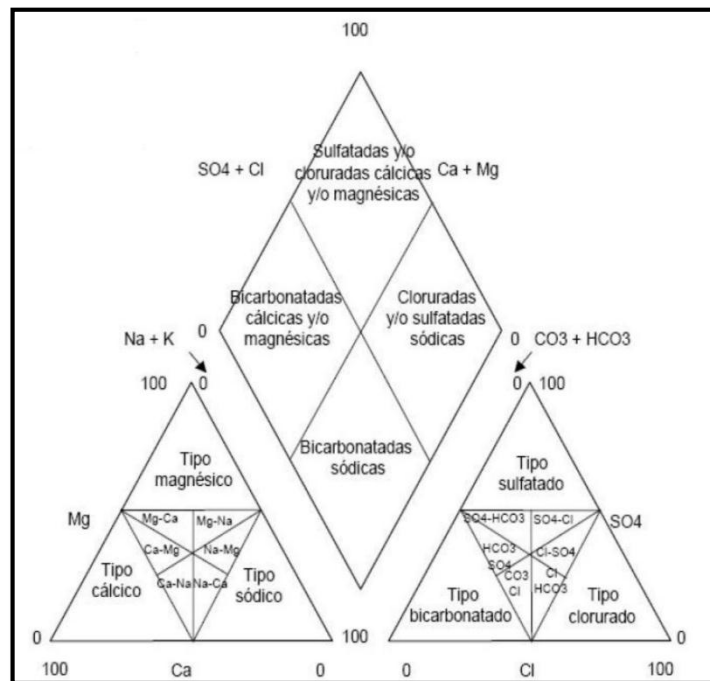


Figura 2. Tipos de Aguas Subterráneas

Fuente: Fagundo y González, 2005

2.9.3 Fundamentos de química del agua

2.9.3.1 Adquisición de la composición química del agua

Las aguas naturales adquieren su composición química mediante un proceso complejo, donde intervienen factores geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos, antrópicos, químico-físicos y otros (Fagundo J., 1990 a) El papel que juegan los diferentes factores (geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, etc.), en el modo en que las

aguas adquieren su calidad hidroquímica, podrán ser ampliados en otros textos especializados (Fagundo & González, 2005).

Los factores geológicos se relacionan con la litología (composición de los minerales de las rocas), el estado de yalencia de las secuencias estratigráficas, la tectónica, el agrietamiento, la textura y porosidad de las rocas, etc. La litología determina, por lo general, las facies hidroquímicas dominantes en una región determinada, es decir, el tipo de agua. Así por ejemplo, en los terrenos kársticos carbonatados las aguas suelen ser del tipo bicarbonatada cálcica. Los aspectos vinculados al agrietamiento y porosidad de las rocas influyen de manera determinante en el estado de división de las partículas, mientras más pequeñas sean éstas, poseerán mayor superficie y se facilitará la disolución del mineral. Las aguas que drenan a través de rocas calcáreas, muy trituradas por los procesos tectónicos, adquieren un contenido mayor de calcita disuelta (dureza) que aquéllas que drenan a través de calizas más compactas.

Los factores hidrogeológicos están relacionados con la permeabilidad del acuífero, el tipo de flujo, su velocidad, así como la zona por donde se mueve el agua. Todos estos aspectos inciden en el tiempo de contacto entre el agua y el mineral, por ejemplo, si el flujo tiene lugar en condiciones difusas a través de las rocas, el tiempo de interacción del agua con los minerales es más lento y, por tanto, la cantidad de minerales disueltos es mayor que si las condiciones de flujo son de tipo turbulento a través de grietas más o menos amplias.

El contenido de CO₂, la dureza y otras propiedades físico-químicas de las aguas minerales difieren de acuerdo con la forma en que se mueve el agua y la zona hidrogeológica que ocupa.

En la zona de alimentación del acuífero (visto el movimiento en sentido horizontal) o en la zona de aireación (visto en sentido vertical), el contenido de CO₂ de las aguas es relativamente

elevado, puesto que en estos lugares tienen lugar los intensos procesos de descomposición bacteriana de la materia orgánica. El pH en esta zona suele no ser elevado y la dureza pequeña.

En la zona de conducción del acuífero el nivel de CO₂ suele ser menor, porque una parte del gas es consumido, como consecuencia de la interacción del agua con los minerales del medio rocoso. El agua en esta zona adquiere una mayor mineralización y un pH más elevado. Esta evolución se hace más evidente si, por ejemplo, se hace un muestreo de un perfil de pozos desde la zona de alimentación hasta la de emisión del acuífero. A medida que el agua se aleja de la zona de alimentación decrece el CO₂ y aumentan el pH, así como el contenido de calcita disuelta (Fagundo & González, 2005).

En la zona saturada, las aguas adquieren una mayor mineralización. Sin embargo, como resultado de los procesos de mezcla de aguas, éstas pueden hacerse agresivas nuevamente y continuar disolviendo minerales.

En la zona de circulación profunda, las aguas se caracterizan por presentar elevados contenidos de CaCO₃, CaSO₄ y NaCl disueltos. En ocasiones aún poseen cantidades elevadas de CO₂ y H₂S, y en los manantiales por donde emergen precipita el exceso de calcita y yeso. Además poseen, por lo general, una temperatura más elevada y estable que las de tipos meteóricas, la circulación es más lenta y su caudal menor, el tiempo de interacción con los minerales es mayor (Fagundo & González, 2005).

2.10 GASES VOLCÁNICOS

La desgasificación del magma se puede producir de dos formas diferentes: activa o pasiva. La primera es la que se produce durante un episodio eruptivo cuando los gases disueltos en el magma son exueltos rápidamente como consecuencia de la descompresión que sufre el magma en su viaje a superficie. En la pasiva los gases son liberados tranquilamente del magma durante

los episodios de no actividad del volcán. Durante la desgasificación pasiva los gases pueden salir a superficie de dos formas diferentes una es a través de salidas puntuales como son las fumarolas o surgencias de agua ya sean calientes o frías, la otra es una desgasificación difusa que tiene lugar a través de la porosidad de las rocas y depósitos del subsuelo (Delmelle & Stix, 2000). De las emisiones puntuales las fumarolas se encuentran en las proximidades de la salida de los conductos de alimentación del volcán, mientras que las fuentes de aguas calientes o frías se localizan normalmente en los flancos del volcán. En estas fuentes el gas emitido más abundante es el CO₂ (Delmelle & Stix, 2000). La química de los gases emitidos está controlada principalmente por estos procesos: descomposición térmica de los componentes volátiles, reacciones entre los compuestos gaseosos, reacciones de los fluidos con la roca caja y mediante aportes de agua meteórica saturada en gases (Goff , Fraser, Janik, Cathy, 2000).

2.10.1 Dióxido de carbono

2.10.1.1. Propiedades

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Es no inflamable y químicamente no reactivo (Sax & Lewis, 1989). El CO₂ es 1.5 veces más pesado que el aire (su densidad es de 1.80 g L⁻¹ a 25°C y 1 atm (Lide, 2003). Y si se emite despaciosamente, corre hacia abajo y puede acumularse en elevaciones bajas. Las concentraciones de CO₂ en penachos volcánicos diluidos pueden variar desde 1 ppm hasta cientos de ppm por encima del antecedente troposférico de ~ 350ppm y el gas tiene una persistencia en la atmósfera baja de aproximadamente 4 años (Brimblecombe, 1996).

Debido a los altos niveles de CO requeridos para causar daño, las concentraciones de CO₂ se expresan frecuentemente, en contraste con otros gases, como un porcentaje del gas en el aire por volumen (1% = 10,000 ppmv), además existe otro grupo de gases, aquellos cuyo efecto lo

ejercen desplazando al oxígeno del aire inspirado: dióxido de carbono, nitrógeno. El dióxido de carbono (CO₂) es más pesado que el aire y puede acumularse en las áreas bajas alcanzando eventualmente altas concentraciones que pueden terminar con la vida de personas y animales. Adicionalmente el CO₂ puede acumularse en las aguas de los lagos cratéricos hasta alcanzar grandes concentraciones y ser expulsado violentamente a la atmósfera. Las aguas naturales contienen cantidades significativas de CO₂ disuelto como resultado tanto de la disolución del dióxido de carbono atmosférico como la descomposición anaeróbica de la materia orgánica y su variación con la temperatura (Brimblecombe, 1996).

2.10.1.2 Efectos de la exposición

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas tóxico en altas concentraciones, así como también asfixiante (debido a la reducción de oxígeno). Solamente en altas concentraciones produce irritación en los ojos, nariz y garganta. Los umbrales de concentración para efectos a la salud se detallan en la tabla siguiente (Baxter , Faive-Pierret, & Le Guern , 2014).

Tabla 4. Efectos a la exposición respiratoria de dióxido de carbono

Concentración (%)	Efectos observables
	Imperceptible en reposo, pero en actividad marcada falta de aliento.
2 - 3	Respiración se hace notoriamente más profunda y más frecuente durante el reposo
3 - 5	Aceleramiento del ritmo respiratorio. Repetida exposición provoca dolor de cabeza.
5 - 8	Respiración se hace extremadamente dificultosa dolores de cabeza, transpiración y pulso irregular.
8 - 10	Dolor de cabeza, vértigo, vómitos, pérdida de conciencia y posible muerte si el paciente no recibe oxígeno inmediatamente
10 - 15	Agotamiento respiratorio avanza rápidamente con pérdida de conciencia en 10 – 15 minutos

15 - 25	Concentración letal, la exposición por encima de este nivel es intolerable
>25	Convulsiones y rápida pérdida de conciencia luego de unas pocas aspiraciones. Si se mantiene el nivel, deviene la muerte.

2.10.2 Medición de Gases

Para la medición de gases se utiliza el método con los tubos dräger y la bomba manual dräger accuro. Los tubos dräger son recipientes de vidrio que contiene una mezcla química que reacciona con la sustancia medida y cambia de color. Los extremos del tubo están fundidos. Así, se tiene un dispositivo inerte para el sistema reactor. La mayoría de los tubos Dräger tienen una escala graduada y la longitud de la coloración donde ocurre el cambio de color es una indicación de la concentración de la sustancia analizada (Hispania, 2006). La escala impresa permite obtener una lectura directa de la concentración. De este modo, el usuario no tiene que hacer una calibración. Por supuesto, la longitud de la coloración que muestra el cambio de color no corresponde a la concentración como una medida directa, pero es, estrictamente hablando, una medida de la reacción del contaminante del aire con la preparación contenida en el tubo Dräger (Hispania, 2006).

2.10.2.1 Bomba Dräger accuro

En las bombas para detección de gases Accuro, primero se comprime completamente el cuerpo de la bomba (fuelle). Con esto sale el aire contenido en la cámara de la bomba por la válvula de salida. Una vez soltado el fuelle el proceso de succión se desarrolla automáticamente. Durante la fase de apertura del fuelle la válvula de salida está cerrada, de tal manera que la prueba de gas fluya a la cámara de la bomba a través del tubo Dräger insertado en la misma. Después de la apertura completa del cuerpo de la bomba a su posición original,

el proceso de succión está finalizado. El final de la embolada, es visible en la bomba Accuro mediante un indicador de final de embolada activado por presión, que se encuentra en la cabeza de la bomba.

Ésta bomba pueden activarse fácilmente con una mano y succionan por embolada 100 mL de aire, además un mecanismo de tijera incorporado en el fuelle de la bomba garantiza una compresión uniforme de la bomba, la embolada completa está controlada por un contador de emboladas integrado en la cabeza de la bomba (Hispania, 2006).

2.10.3 Beneficios del CO₂

El CO₂ se lo puede aprovechar de diferentes maneras entre las más rentables y de mayor beneficio para la comunidad son:

2.10.3.1 Aprovechamiento Industrial

El CO₂ puede ser captado directamente de la fuente y almacenado para luego venderlo a distintas industrias debido a su uso como materia prima en la producción de fármacos, producción de bebidas gaseosas, conservación de alimentos (leche vegetales), fabricación de cementos, además se emplea en la fabricación de extintores ya que no es combustible, no reacciona químicamente con otras sustancias, no conduce electricidad y no deja ningún tipo de residuo; además se lo puede utilizar de forma directa en hospitales como estimulante de respiración o dilatación quirúrgica (Vega, 2013). En invernaderos favoreciendo los procesos fotosintéticos aumentando el crecimiento y mejorando la salud de las plantas y en cultivos actuando como insecticida natural (Guri, 2002).

2.10.3.2 Aprovechamiento Medicinal

Para este proceso el CO₂ debe ser captado de la fuente e inyectado en un cajón o una bolsa donde la cabeza del paciente quede libre de manera que el gas actúe sobre el cuerpo.

El baño de dióxido de carbono ensanchará sus arterias, lo cual da como resultado un mejor flujo de oxígeno a través de sus vasos sanguíneos, así aumentando su circulación de la sangre. El oxígeno alcanzará su cerebro mucho más rápidamente por consiguiente aliviando sus dolencias principales.

Pero el dióxido de carbono no es sólo de ayuda a tratar dolores de cabeza. Sus efectos beneficiosos de salud han sido descubiertos muchos siglos atrás y son hasta el día de hoy ampliamente usados en Balnearios de Aguas Termales Europeos. De hecho, el baño carbónico o el baño de dióxido de carbono, está entre los tratamientos de la estación balnearia más populares (Murillo, 2006).

Puede ser administrado ya sea como un baño María seco o líquido. Durante el baño seco del CO₂ usted será colocado en un bolso lleno del cuerpo, al dejar encendida su ropa comfortable. El bolso será cerrado apretadamente y sólo su cabeza se notará.

Luego el gas del CO₂ será inducido en el bolso, instantáneamente usted notará calor agradable pasando a través de su cuerpo el gas alcanzará sus poros de piel y entrará su corriente de sangre.

Su circulación de la sangre aumentará, mientras su cuerpo está en una posición completamente calma. Por esto es que este tratamiento es también especialmente recomendable para las personas de edad.

El mismo proceso de tratamiento se aplica al baño maría líquido de dióxido de carbono; sólo con la excepción que usted relajará en agua caliente del CO₂ con una temperatura de aproximadamente 33 centígrado (ca. 90 el Fahrenheit) y el gas del CO₂ alcanzará su corriente de sangre a través de su piel directamente del agua. El ritual de baño no debería tomar más

tiempo que 20 minutos y usualmente debería ser perseguido por una sesión de relajación de 30 minutos en una silla del salón, así es que su organismo puede descansar un poco.

El factor decisivo para el mejor efecto terapéutico es la concentración del gas, la temperatura de agua y el tiempo total de baño. El nivel de concentración del gas más óptimo - se considera - es en medio 1000 y 1400 mg por el litro. Usted puede encontrar estaciones balnearias del gas del CO₂ todo a todo lo largo de Europa cada uno con su propio nivel único del CO₂, pero el muy famoso y más gas del CO₂ concentrado es encontrado en Marianske Lazne, la República Checa. Es recomendable para La presión alta, la arteriosclerosis, los desórdenes circulatorios, las migrañas, la fatiga crónica, el pie de diabéticos, toda determina el tipo sanguíneo de problemas de piel, especialmente pobremente sanando heridas y eczema, celulitis, tiroides disfuncional, después de los ataques al corazón, la enfermedad del miocardio

2.10.3.3 Baños de Cajón

Los baños de cajón son una terapia de salud alternativa llamada termoterapia, impulsada por el chileno Manuel Lezaeta Acharán, quien afirma que limpian la sangre. Estos baños se los realiza en un cajón elaborado de pino, cada sesión demora entre 40 minutos y una hora. Durante el baño de cajón, a la persona la hidratan con aguas aromáticas (Murillo, 2006).

2.10.4 Método de aprovechamiento seguro de las aguas termales

Para incrementar las concentraciones de oxígeno disuelto en la fuente termal principal; es la implantación del proceso de aireación por gravedad o más conocido como el método de cascada o catarata. Éste método consiste en utilizar la energía liberada, cuando el agua pierde altitud al aumentar el área superficial aire-agua aumentando la concentración de oxígeno del agua. El método de aireación por gravedad es muy utilizado por su fácil diseño y bajo costo, además favoreciendo la disminución de microorganismos (Merino & Sal, 2007).

2.11 MARCO LEGAL

2.11.1 Plan Nacional del Buen Vivir

El actual proyecto plantea una transformación del modelo extrativista, dependiente desordenado a nivel territorial, a un modelo de aprovechamiento de manera sostenible.

Los ejes fundamentales de trabajo para ser potenciados son los siguientes:

- a) Considerar el patrimonio natural para un manejo efectivo y coherente de los espacios naturales, valorando su biodiversidad para prevenir los niveles de contaminación tanto en espacios terrestres y acuáticos para de esta manera proveer el saneamiento básico de toda la población.
- b) Incorporar una visión de aprovechamiento económico y a su vez de corresponsabilidad con los efectos ambientales.
- c) Considerar al agua como un derecho y patrimonio nacional, por lo que resulta una obligación para el estado y la población, mantener el ciclo vital del agua, la calidad y la cantidad de la misma, por lo que se debe aprovecharla con responsabilidad y calidad ambiental.
- d) Impulsar al turismo de naturaleza comunitario, como una actividad alterna para la población, aprovechando el valor paisajístico de la zona que genere oportunidades educativas o de investigación, fuentes de empleo como una alternativa de vida. (SENPLADES, 2014).

2.11.2 La Constitución de la República del Ecuador, dicta:

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos

vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda (Capítulo VII, Derechos de la naturaleza, CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR).

Art 276.- Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural. (TÍTULO VI RÉGIMEN DE DESARROLLO, CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR).

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución. Biodiversidad y recursos naturales, (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua, Biodiversidad y recursos naturales, (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.11.3 Ley de aguas 2014 en sus artículos establece:

En la Sección Segunda De los Usos del Agua

Artículo 92.- Prácticas culturales y sagradas.

La Autoridad Única del Agua garantizará la integridad y permanencia de los lugares en que tradicionalmente las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades practican ritos, valores culturales y sagrados del agua.

La Autoridad Única del Agua conjuntamente con las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades realizarán y mantendrán debidamente actualizado un Inventario Nacional participativo e integral de los lugares sagrados y rituales del agua.

En la Sección Sexta Aprovechamiento Turístico y Termal

Artículo 115.- Aprovechamiento turístico del agua.

El agua utilizada en actividades turísticas recreacionales permanentes, deberá contar con la autorización de aprovechamiento productivo otorgado por la Autoridad Única del Agua, de conformidad con los requisitos, condiciones y procedimientos establecidos en esta Ley y su Reglamento. Al efecto, la Autoridad Única del Agua coordinará con la Autoridad Nacional de Turismo.

Artículo 116.- Aguas termales.

Las aguas termales podrán ser aprovechadas productivamente por personas naturales, jurídicas, públicas, privadas, mixtas o de la economía popular y solidaria; comunas,

comunidades, pueblos y nacionalidades. Las solicitudes que presenten las entidades comunitarias o de la economía popular y solidaria, titulares de derechos colectivos, para aprovechamiento del agua en sus territorios o tierras comunitarias, tendrán derecho preferente en el otorgamiento de nuevas autorizaciones. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental (Ley de Aguas, 2014).

2.11.4 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

Libro VI; Anexo 1 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales
y
- b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario se presentan a continuación (TULAS, Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. , 2010). (Ver tabla 5):

Tabla 5. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml	mg/l	200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml	mg/l	1000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% de concentración
Materia flotante	Visible		De saturación y no menor a 6 mg/l Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH		6,5-8,5
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concetracion de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)
Organoclorados (totales).	Concetracion de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Gracias y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0
Relación hidrógeno fósforo orgánico			15:1

Fuente: Texto unificado de legislación ambiental secundaria

2.11.5 Criterios de calidad para fuentes de agua

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenido de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

- i. Bebida y preparación de alimentos para consumo humano

- ii. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales y colectivas, tales como: higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilio.

Esta norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la Tabla 6 (TULAS, 2015).

Al contar con una normativa con criterios de calidad para fuentes de aguas naturales que son utilizadas para consumo humano y uso doméstico, se considera ésta información como base importante de referencia para aguas de fuentes naturales que pueden ser utilizadas para uso recreativo previo tratamiento.

Tabla 6. Criterios de calidad para fuentes de agua

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,2
Amonio	NH ⁴⁺	mg/l	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Coliformes totales	NMP	NMP/100 ml	20000
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,003
Cianuro	CN ²⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Color	Color real	Unidades de platino-cobalto	75,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo hexovalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0

Bifenilos policlorados	Concentración de PCBs totales	ug/l	0,0005
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	Ph	Unidade de Ph	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁿ²	mg/l	250,0
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	mg/l	0,5
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán utilizarse éstas aguas siempre y cuando tengan un previo tratamiento de oxigenación y desinfección.

Fuente: Texto unificado de legislación ambiental secundaria

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se detallan los materiales y equipos que fueron utilizados durante el proceso de esta investigación, así como también se detallan los procedimientos técnicos aplicados para el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

3.1 MATERIALES

Tabla 7. Materiales de campo utilizados

MATERIALES DE CAMPO			
MATERIALES DE CAMPO		MATERIALES DE OFICINA	SOFTWARES
GPS	Cinta métrica	Computadora	Microsoft Office 2013
Cámara digital	Pala	Impresora	ArcGis10.3
Piscina hinchable	Libreta de campo	Copias	Triplot 4.1.2
Medidor de gases (Bomba dräger accuro)	Kit de muestreo	Flash memory	Adobe Ilustrador CS5
Testo 480	Botas de caucho	Impresiones	Adobe Photoshop CS5
Medidor multiparámetro	Cinta métrica	Ortofotos	
Medidor de pH	Nivel		
Cronómetro	Recipientes plásticos para muestras de agua		
Placa metálica	Cooler para transporte de muestras		
Tubos PVC			

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1 Ubicación geográfica

La comunidad de Tangalí se encuentra localizada en el norte del Ecuador en la provincia de Imbabura dentro del cantón Otavalo en la parroquia de San José de Quichinche. Esta se localiza a 12 Km de la localidad de Otavalo en las inmediaciones de la vía que conecta esta población con Selva Alegre (Fig. 3)

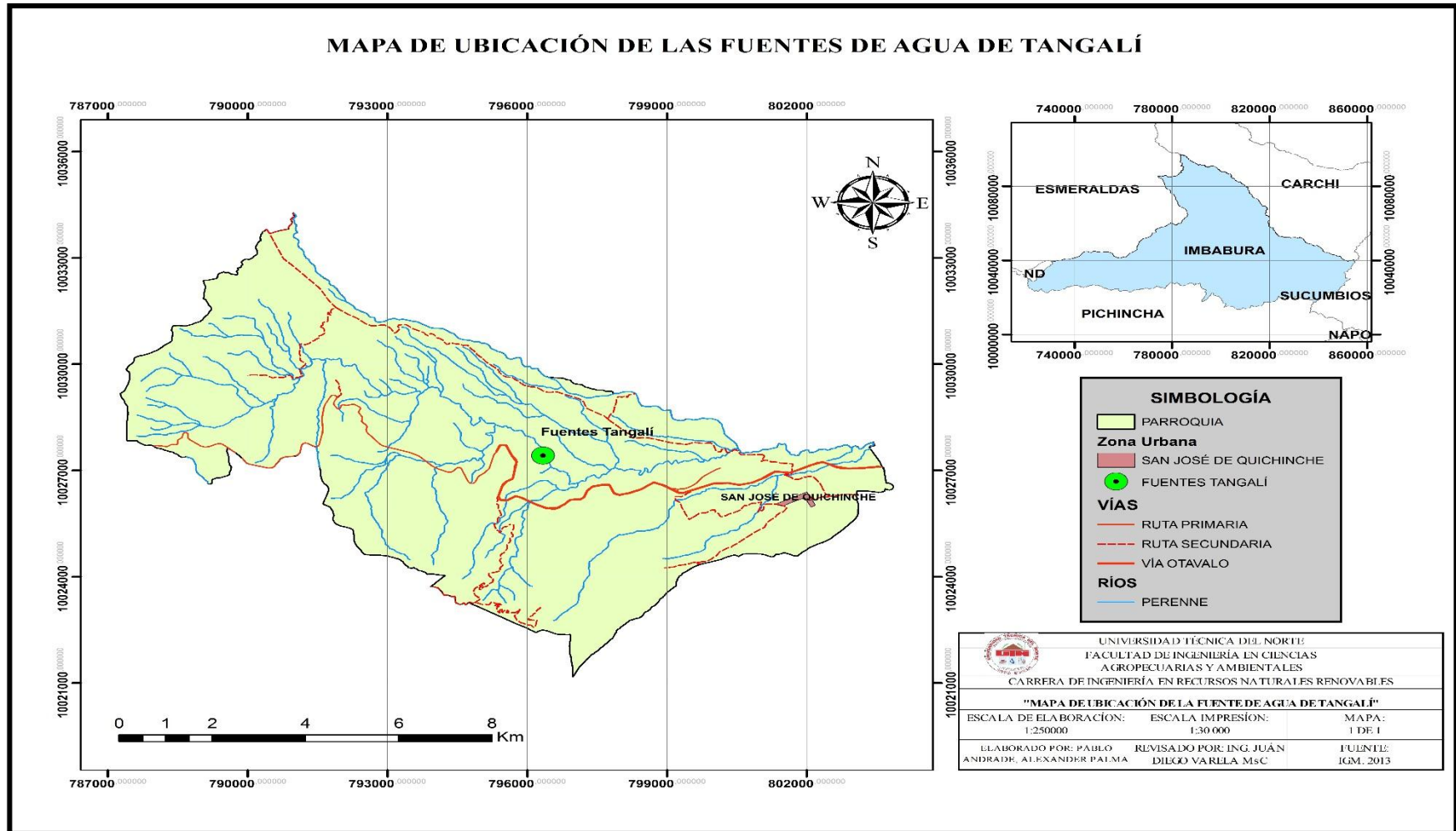


Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de la comunidad de Tangalí

Elaboración: Elaboración propia

3.2.2 Datos generales y descripción política administrativa

La comunidad de Tangalí es una comunidad formada por 500 habitantes aproximadamente. Los datos de la división política y otros datos generales de la comunidad son recogidos en la tabla 1. Esta cuenta con algunos atractivos turísticos como son las fuentes de agua estudiadas en este trabajo. Este complejo ocupa una extensión de seis hectáreas y media y una gruta formada a lo largo de un tramo de la quebrada escavada por el río Blanco en la que aparecen diferentes tipos de espeleotemas (Otero, 2013).

Tabla 8. División política y datos generales de la comunidad

LIMITES	Norte: Parroquia San Juan de Ilumán
	Sur: Cantón Otavalo
	Este: Cantón Ibarra
	Oeste: Parroquias San Juan de Ilumán y Otavalo
ALTITUD	2725 msnm
TEMPERATURA	12 °C.
POBLACION	501 habitantes
PARROQUIA	San José de Quichinche
COMUNIDAD	Tangalí

Fuente: (GAD-P San José de Quichinche, 2015)

3.2.3 Aspectos Ambientales

3.2.3.1. Páramo

Según el plan de ordenamiento territorial de Quichinche del año 2008, en Quichinche el ecosistema de páramo que es de 600ha.

Aproximadamente, se encuentra en la zona más alta y más fría. Está entre los 3.500 y los 4.500 m de altura sobre el nivel del mar.

3.2.3.2 Bosque andino

Mediante Acuerdo Ministerial No. 0004 del 28 de agosto de 1979, publicado en el Registro Oficial No. 17 del 4 de septiembre de 1979, para la conservación de este ecosistema se ha establecido a través del Instituto Ecuatoriano Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre, la declaratoria de Bosque Protector Taminanga.

Los habitantes de la comunidad manifiestan que lo más común en el paisaje son los bosques de eucalipto y pinos, especies introducidas que han sido plantadas de manera particular por los hacendados y que en algunos casos son árboles centenarios.

3.2.3.3 Geología y minas

Las concesiones otorgadas por la Agencia de Control Minero (ARCOM) son: concesión Cumbas Código 400980, y Río Blanco Código 400199.

Según el Estudio de Impacto Ambiental, Lafarge S.A. realizado en el año 2007, la planta de producción de cemento, para su proceso de elaboración del cemento requiere el uso de la puzolana de la concesión minera Cumbas, código 400980 (Flores, 2015).

De la línea base, levantada en la Unidad de Calidad Ambiental 2010 del Ministerio del Ambiente; se registra la concesión de minería artesanal Río Blanco cuyo código es N°100419; para el aprovechamiento del material de puzolana que se lo comercializa a la empresa Lafarge S.A. (Flores, 2015).

3.2.3.4 Áreas naturales protegidas

El área que se encuentra bajo condición de protección es de aproximadamente unas 1980 hectáreas que corresponde a 0,15% de la superficie total del territorio de la parroquia de Quichinche.

De acuerdo con el Sistema Nacional de áreas Protegidas (SNAP), se encuentran 2 bosques protectores protegidos por el Estado que son Bosque protector el Quinde y el Bosque protector Taminanga con 500 y 1800 Ha respectivamente. El área protegida privada se encuentra el Bosque protector cerro Blanco con 400 Ha de extensión (Flores, 2015).

3.2.3.5 Climatología

El clima de la comunidad de Tangalí es templado-seco. Los meses de lluvia se extienden entre octubre a mayo y los meses más secos de junio a septiembre. Presenta una temperatura media anual que oscila entre 12 y 15 grados centígrados (Otero, 2013).

3.2.3.6 Edafología

En general los suelos de la zona varían de arcillosos a arenosos, en su mayoría son fértiles y provienen de sedimentos aluviales con pH neutros a ligeramente ácidos, pero hay que considerar que son susceptibles a la erosión no solo por sus características físicas sino también por la presencia de numerosos sistemas de micro cuencas que forman la cuenca del río Blanco, lo que les convierten en suelos frágiles, por su topografía (Flores, 2015).

3.2.3.7 Hidrografía

Las aguas del río Tangalí llegan a formar el río Intag, rodeado en su mayoría por montañas con pendientes fuertes y abruptas. Observamos cultivos de maíz, fréjol, cebada, arveja, papas, entre otros productos. Las riberas del río se encuentran cubiertas por escasa vegetación, en sus márgenes hallamos cultivos y pastizales, existen diferentes vados que los habitantes ocupan para su recreación (Flores, 2015).

Según (Flores, 2015). Las principales fuentes que le abastecen de agua a la parroquia son:

- Complejo Tangalí

- Río Blanco
- Quebrada Manzano Guico
- Quebrada San Antonio
- Quebrada Pacaicucho
- Quebrada Pologuolo
- Quebrada Santo Domingo

3.2.4 Aspectos socio-económicos

Actualmente la población de la comunidad de Tangalí cuenta aproximadamente con 85 familias conformadas de 3 a 4 integrantes por familia. El 96,6% de la población total son Kichwa y un 4,4% son mestizos. En cuanto a la educación la comunidad de Tangalí solo cuenta con un centro educativo pese a que la actividad fundamental de la parroquia es agrícola no cuenta con un centro educativo de formación técnica agropecuaria, y muchos de los estudiantes son enviados a colegios aledaños a la comunidad es decir a la ciudad de Otavalo debido a que la parroquia solo cuenta con dos centros educativos. En cuanto a la salud en la comunidad existe con un sub centro de salud que cuenta con un médico no permanente un odontólogo ocasional (dos veces por semana) una enfermera y un auxiliar permanente. En lo económico la agricultura es la principal actividad de la comunidad de Tangalí con cultivos y producción de maíz asociados con frejol y habas así como también cultivos de arveja, trigo, cebada y papas; algunos con rentabilidad económica y otros solo para consumo interno de la familia. Además ciertos habitantes de Tangalí se dedican a la mano de obra no calificada como: albañiles, jornaleros y las mujeres como servicio doméstico en Otavalo o Quito. Cabe recalcar que la comunidad y la parroquia de Quichinche no tienen el suficiente apoyo gubernamental en el potencial agrícola y ganadero de la zona ya que son en su mayor porcentaje netamente agrícolas

y ganaderos y no cuentan con agua de riego para implementar alternativas en la rama agrícola, sin embargo es una zona rica en recursos hídricos (Flores, 2015).

3.3 DISEÑO METODOLÓGICO

El presente estudio es un trabajo que pretende conocer las características geoquímicas y geológicas del yacimiento geotérmico al que están asociadas estas fuentes de aguas, uno de los métodos principales utilizados fue el Inductivo debido a que se basa en un proceso analítico-sintético en el cual se parte de un estudio particular para llegar a un principio general, utilizando técnicas de observación, comparación y experimentación que serán utilizadas a lo largo de la investigación (Leiva, 2010)

3.3.1 Tipo de Investigación

El presente estudio se fundamentó principalmente en dos tipos de investigación que son: investigación bibliográfica e investigación de campo, para de esta manera dar cumplimiento a los objetivos planteados en ésta investigación (Flores, 2015)

3.3.2 Investigación Bibliográfica

Para la recopilación de información se procedió a investigar fuentes bibliográficas de libros, artículos científicos, papers, tesis de grado, páginas web, artículos de revista, entre otros; con la finalidad de fundamentar la parte teórica del presente proyecto. Además se recopiló información de fuentes gubernamentales como los planes de desarrollo de ordenamiento territorial (PDOTs) del cantón Otavalo y más específicamente de la parroquia San José de Quichinche y de ésta manera fundamentar componentes sociales, económicos, ambientales, culturales, políticos y turísticos de Tangalí

3.3.3 Investigación de Campo

Para el levantamiento de información de campo se planificó varias visitas al área de estudio en las cuales se obtuvo información relevante como la caracterización de los recursos naturales especialmente de del uso actual de las fuentes termales y sus características. También se obtuvo información adicional directamente de los pobladores por medio de entrevistas.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto se lo ha dividido en tres fases que se describen a continuación:

Primera Fase: Identificación de las fuentes de agua de Tangalí y determinación sus caudales

3.4.1. Localización de las Fuentes de Agua

Mediante el método descriptivo se procedió a recabar información lo más relevante posible de la comunidad de Tangalí, consistió en analizar orto fotos de escala 50 cm el pixel y su edición se realizó mediante el programa ArcGis 10.3 obtenidas mediante una base de datos del Instituto Geográfico Militar (IGM). Una vez analizadas las orto fotos se identificó la fuente principal de agua termal, con ésta información se realizó la primera visita a la comunidad de Tangalí en el mes de Junio en la cual mediante una socialización con la comunidad involucrada se dio a conocer el proyecto, los habitantes mostraron interés en el proyecto y dieron a conocer información de la fuente principal y de los problemas que ha causado en la salud de personas que visitan este lugar, por lo que se revisó información en diferentes sitios web como artículos y videos sobre la gran problemática en la que se vio afectada la comunidad.

3.4.2. Medición del caudal

Se utilizó dos métodos, para la fuente principal se utilizó un método indirecto del vertedero triangular de (Weirs) descrito por (Cadena, 2012), debido a que presenta un caudal significativo para la microcuenca del río Blanco, este método se realizó colocando una placa metálica con un vértice triangular de 90° en forma de “V” en el caudal del remanente de la fuente principal evitando todo tipo de infiltraciones como se muestra en la figura 4, además se colocó un tubo PVC con medida para verificar que el nivel de agua sea constante para el cálculo del caudal estimado se realizó en base a la fórmula de (King).

$$Q= F * H^{5/2} * 1000$$

$$F= 1,38 \text{ (constante)}$$

$$H= 0,15 \text{ m}$$



Figura 4. Medición de caudal mediante el método de vertedero triangular.

Para las fuentes termal 2, güitig y cristalina se utilizó un método indirecto del vertedero volumétrico que se aplica preferiblemente en caudales reducidos y no muy significativos como lo fue en éstas fuentes que consiste en conducir el caudal mediante un tubo hacia un recipiente con medida y tomar el tiempo que se demora en llenar el mismo, para ello se realizó dos a tres

repeticiones para obtener un valor promedio (fig.5), para el cálculo se realizó la siguiente formula (Cadena, 2012).

$$Q= V/t$$

V= volumen del recipiente en litros

t= tiempo en segundos



Figura 5. Medición de caudal mediante el método volumétrico

Segunda Fase: Caracterización de la composición geoquímica del agua y gases emitidos de las fuentes de agua de Tangalí.

3.4.3 Análisis físico-químico del agua

Para el análisis físico-químico de todas éstas fuentes se tomaron muestras de agua entre los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017 utilizando recipientes esterilizados de polietileno. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio para determinar la concentración de los principales cationes (Li, Na, K, Ca y Mg) mediante el método de laboratorio de absorción atómica utilizando el espectrofotómetro Varian Spectra Aa240 y los aniones (HCO_3 , SO_4 , F y

Cl) fueron determinados mediante un cromatógrafo iónico marca Metro-hm IC 881, ésta técnica es utilizada para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra (Rocha, 2000). En el campo se determinó el pH, conductividad y temperatura con los medidores Cobra4 Mobile-link de Phywe (multiparámetro).

Se realizó una toma de muestras de agua adicional para la fuente principal exclusivamente, de la misma manera se utilizó recipientes esterilizados de polietileno, las muestras fueron empaquetadas con papel aluminio las mismas que fueron colocadas en un cooler con hielo donde se envió a analizar parámetros como: fenoles, fósforo total, materia flotante, nitrógeno total, sustancias activas al azul de metileno, sustancias solubles en hexano y análisis microbiológicos de coliformes totales y fecales (fig. 6); para pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura se tomó los datos mediante el multiparámetro (fig.7).



Figura 6. Toma de muestras de agua de la fuente principal.



Figura 7. Medición de parámetros físico-químicos

3.4.4 Elaboración del Diagrama de Piper

Para la representación gráfica de los datos de aniones y cationes de las diferentes fuentes estudiadas.

Para la realización del diagrama de Piper se registró los datos de los aniones (HCO_3^-), (SO_4^{2-}), y Cl^- o (NO_3^-), y cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , y Na^+ (en ocasiones $\text{Na}^+ + \text{K}^+$) principales. Los datos se representan en porcentajes y se subió estos datos al software Triplot versión 4.1.2 donde se representó los datos gráficamente utilizando esta metodología.

3.4.5 Identificación y medición de los gases

El estudio de los gases fue llevado a cabo en la fuente principal que presenta las mayores tasas de emisión. Para la identificación del gas emitido se utilizó una bomba manual Dräger accuro y los tubos calibrados de CO_2 , CO y SO_2 . Éste método consiste en presionar la bomba e insertar un tubo dräger nuevo sin abrir, después de soltar la bomba el fuelle (cuerpo de la bomba) no debe variar durante un minuto, luego presionar la bomba completamente y después

de apretar la bomba, el fuelle debe abrirse de golpe y el proceso de succión de gases se desarrolla automáticamente y mediante un reactivo que se encuentra en los tubos dräger éstos deben presentar coloración violeta si se detecta algún tipo de gas en este caso CO_2 (Hispania, 2006).

Se realizó varias medidas con los tubos calibrados de CO_2 , CO y SO_2 descartando los gases de CO y SO_2 debido a que no presento coloración alguna en los tubos dräger y obteniendo datos solo de CO_2 (Hispania, 2006).

Se registró los datos en distintos puntos de la zona de influencia que en este caso fueron 7 puntos los establecidos: el punto 1 (P1) se registró donde existe mayor concentración de CO_2 en la fuente principal el P2 se tomó a la salida de la fuente principal el P3 en el caudal de salida de la fuente principal así como el P4 que fue registrado a lo largo del canal de la fuente hacia el rio Blanco, el P5 se tomó en la unión del caudal que se desprende la fuente principal con el río; el P6 se tomó antes de las fuentes y el P7 se tomó después de las fuentes aproximadamente a unos 500m de distancia. Todas las medidas de concentración de CO_2 fueron tomadas a una distancia de 50 cm con el tubo dräger con rango de medida del 1 a 20 vol. % (Hispania, 2006) (Fig. 8).



Figura 8. Medición de la concentración de los gases con la bomba draguer

El volumen de gas fue determinado mediante el método propuesto por (Rogie, Kerrick, Chiodini, & Frond, 2000). Consiste en un dispositivo de captura del gas para lo cual se utilizó una piscina hinchable dispuesta hacia abajo. En la parte superior de la piscina se instaló un tubo rígido de 16 cm de diámetro con un codo para mantener a este en posición horizontal. En la salida del tubo se acoplaron reducciones de diferente diámetro hasta conseguir que la parte superior de la piscina no se hinchara. En éste caso utilizamos una reducción de 16 a 12 cm. Con ello se evita un exceso de presión dentro de la piscina y así reducir al máximo la pérdida de gas por la parte inferior de la misma (Fig. 9).



Figura 9. Preparación del dispositivo de captura de gas.

Para la medida de la velocidad del gas dentro del tubo se utilizó el instrumento multiparámetro Testo 480, al que se le adaptó la sonda de bulbo caliente que permite medir tanto la temperatura como la velocidad de los gases. Esta sonda fue introducida dentro del tubo a través de un agujero para medir la velocidad en diferentes puntos de una misma sección, después se obtuvo una velocidad media con todos los puntos medidos; la salida de gas se concentra en tres puntos de emisión, en los que se midió en cada uno de ellos el caudal de gas

(Fig.10). Una vez obtenido la velocidad del gas dentro del tubo conectado al dispositivo de captura se calculó el caudal de gas (ϕ_{CO_2} en mol/tiempo) utilizando la siguiente ecuación: (Rogie, Kerrick, Chiodini, & Frond, 2000).

$$\phi_{CO_2} = A \cdot V \cdot C \cdot P \cdot (R \cdot T)^{-1}$$

Donde:

A = Área de la sección del tubo donde se realizó la medida con la sonda (16 cm de diámetro)

V = velocidad del gas (m/s)

C = concentración del gas dentro del dispositivo de captura (100%)

P = presión en el punto de medida (atm)

R = constante universal de los gases (0.082057 L·atm·mol⁻¹·K⁻¹)

T = temperatura en el punto de medida (~3°C) °K

Para realizar el cálculo del caudal se hizo una aproximación al considerar que la concentración de CO₂ dentro del dispositivo de captura era del 100%. La temperatura media del gas en la fuente es de 26 °C.



Figura 10. Medida del caudal del gas CO₂

Tercera Fase: Realización de la valoración de la utilidad de las fuentes y proponer alternativas de aprovechamiento seguro como recurso natural en la comunidad de Tangalí.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en las fases previas de la investigación se realizó una valoración de la fuente principal (Termal Principal) con la finalidad de determinar su uso potencial, generando beneficios hacia la comunidad en la parte socio-cultural, ambiental y económica.

Para la valoración de las fuentes se procedió a levantar información de cada una de las fuentes en campo con el fin de conocer cuál es el uso actual que se está dando a éstas fuentes.

Según los criterios de calidad de aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario y en función de los resultados de los análisis de cada una de las fuentes se propusieron alternativas de uso seguro que estarán enfocadas en el aprovechamiento del recurso agua y gas.

3.5 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS

La investigación va dirigida principalmente para la comunidad de Tangalí quien cuenta en su territorio con fuentes de agua naturales las cuales podrían ser aprovechadas generando beneficios para sus pobladores, cumpliendo con principios y valores éticos justos y responsables en todas las etapas de la investigación. Todos los procesos estarán debidamente comunicados a los actores vinculados en el proyecto, como a los propietarios del terreno del área de estudio y la junta parroquial. El presente proyecto tomó todas las medidas de precaución mediante acciones para prevenir cualquier eventualidad tanto en el aspecto tanto social como ecológico durante el proceso investigativo.

CAPITULO V

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES Y DETERMINACIÓN DE CAUDALES

En esta zona aparecen dos fuentes de aguas termales (Termal principal y Termal 2) y dos de agua fría (Güitig y cristalina); la Termal principal presenta una elevada emisión de dióxido de carbono que produce un fuerte burbujeo en el agua y la fuente de agua fría (Güitig) también se caracteriza por una ligera salida de gas, aunque en menor cantidad.

Se georreferenció y se estimó los caudales de cada una de las fuentes de agua. Para el cálculo de los caudales se aplicaron los métodos de vertedero triangular y vertedero volumétrico. En la fuente principal se utilizó el método de vertedero triangular debido a que presenta un caudal significativo para la microcuenca del río Blanco, y para las fuentes termal 2, Güitig y cristalina se utilizó el método de vertedero volumétrico ya que el caudal de estas fuentes es reducido y no es muy significativo.

En la fuente Termal Principal se calculó el caudal de agua mediante el método del vertedero triangular dando como resultado aproximado 12L/s, mientras que para la fuente termal 2, güitig y cristalina se calculó el caudal mediante el método de aforo volumétrico y sus caudales no superan el 1 L/s.

Los valores de los caudales y datos de las coordenadas de las fuentes identificadas se detallan en la tabla 9.

Tabla 9. Datos de coordenadas y resultados de los caudales

Localización	Fuentes	Coordenadas	Caudales
Comunidad Tangalí	Termal principal	796351	12 L/s
		10027402	
Comunidad Tangalí	Termal 2	796327	0,59 L/s
		10027492	
Comunidad Tangalí	Güitig	796344	0,06 L/s
		10027419	
Comunidad Tangalí	Cristalina	796266	0,65 L/S
		10027434	

Fuente: Elaboración propia

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DEL AGUA Y GASES EMITIDOS DE LAS FUENTES DE AGUA DE TANGALÍ.

En las tablas 10 a 13 se muestran los resultados de las propiedades físico-químicas, de las fuentes de agua estudiadas.

Tabla 10. Análisis de las propiedades físico químicas de las fuentes de agua termal principal

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	6,45
Conductividad	Us/cm	2860
Temperatura	°C	24,55
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	7,83
* Calcio	mg/L	208,20
Hierro	mg/L	0,88
* Litio	mg/L	0,29
* Magnesio	mg/L	316,08
* Potasio	mg/L	15,06

* Sodio	mg/L	221,00
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	0,094
Plomo	mg/L	0,0095
* Silicio	mg/L	64,52
Zinc	mg/L	<0,05
* Mercurio	mg/L	0,0041
Dureza total	mg/L	>1000
Sólidos totales disueltos	mg/L	1300
Nitrógeno amoniacal	mg/L	1,64
* Alcalinidad	mg/L	1690
* Bicarbonatos	mg/L	1685
* Carbonatos	mg/L	<10
Cloruros	mg/L	18
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

Tabla 11. Análisis de las propiedades físico químicas de la fuente Termal II

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	6,45
Conductividad	Us/cm	2625
Temperatura	°C	23,01
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	10,86
* Calcio	mg/L	216,60
Hierro	mg/L	2,41
* Litio	mg/L	0,30
* Magnesio	mg/L	297,76
* Potasio	mg/L	16,59
* Sodio	mg/L	238,20
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	0,051
Plomo	mg/L	0,0097
* Silicio	mg/L	57,68
Zinc	mg/L	<0,05
* Mercurio	mg/L	0,0091
Dureza total	mg/L	>1000
Sólidos totales disueltos	mg/L	1398

Nitrógeno amoniacal	mg/L	1,5
* Alcalinidad	mg/L	2380
* Bicarbonatos	mg/L	2375
* Carbonatos	mg/L	<10
Cloruros	mg/L	84
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

Tabla 12. Propiedades físico químicas de la fuente de agua Güitig

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	5,7
Conductividad	Us/cm	194
Temperatura	°C	18,94
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	<0,05
* Calcio	mg/L	14,05
Hierro	mg/L	5,34
* Litio	mg/L	<0,05
* Magnesio	mg/L	9,74
* Potasio	mg/L	2,47
* Sodio	mg/L	12,98
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	0,023
Plomo	mg/L	0,0061
* Silicio	mg/L	42,66
Zinc	mg/L	<0,05
* Mercurio	mg/L	<0,001
Dureza total	mg/L	74
Sólidos totales disueltos	mg/L	84
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0,1
* Alcalinidad	mg/L	87
* Bicarbonatos	mg/L	82
* Carbonatos	mg/L	<10
Cloruros	mg/L	<10
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

Tabla 13. Propiedades físico químicas de la fuente de agua Limpia

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	7,36
Conductividad	Us/cm	132
Temperatura	°C	15,03
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	0,15
* Calcio	mg/L	27,14
Hierro	mg/L	6,76
* Litio	mg/L	<0,05
* Magnesio	mg/L	22,78
* Potasio	mg/L	1,64
* Sodio	mg/L	35,74
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	0,029
Plomo	mg/L	0,0064
* Silicio	mg/L	38,28
Zinc	mg/L	0,062
* Mercurio	mg/L	0,0065
Dureza total	mg/L	120
Sólidos totales disueltos	mg/L	126
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,25
* Alcalinidad	mg/L	154
* Bicarbonatos	mg/L	154
* Carbonatos	mg/L	<10
Cloruros	mg/L	78
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

Las propiedades físico-químicas de las fuentes de agua estudiadas y anteriormente mencionadas, reflejan resultados acorde a lo que la normativa nacional vigente lo exige; por ejemplo en lo referente al pH del agua se encuentra en un valor que oscila entre el 5,7 y 7,36; valores que definen la acidez o basicidad de las fuentes de agua. Los valores de las fuentes más extremas se debe a la composición de las mismas; agua de Gütig y agua limpia respectivamente.

4.2.1 Análisis físico-químicos del Río Blanco

En las tablas 14 y 15 se muestran los valores referentes a los análisis de las propiedades físico-químicas del río, antes y después de la fuente principal de Tangalí. Sus valores reflejan datos acorde a los valores permisibles de la normativa ambiental vigente.

Tabla 14. Propiedades físico-químicas del Rio antes de la fuente principal

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	7,63
Conductividad	Us/cm	479
Temperatura	°C	12,48
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	0,70
* Calcio	mg/L	30,18
Hierro	mg/L	2,56
* Litio	mg/L	<0,05
* Magnesio	mg/L	29,98
* Potasio	mg/L	4,30
* Sodio	mg/L	23,64
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	<0,01
Plomo	mg/L	<0,005
* Silicio	mg/L	1,05
Zinc	mg/L	<0,05
* Mercurio	mg/L	0,0048
Dureza total	mg/L	260
Sólidos totales disueltos	mg/L	254
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,17
* Alcalinidad	mg/L	264
* Bicarbonatos	mg/L	154
* Carbonatos	mg/L	110
Cloruros	mg/L	80
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

Tabla 15 Propiedades físico químicas del río después de la fuente principal

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
pH	-	7,15
Conductividad	Us/cm	604
Temperatura	°C	14,75
Arsénico	mg/L	<0,01
Boro	mg/L	1,37
* Calcio	mg/L	34,94
Hierro	mg/L	3,85
* Litio	mg/L	<0,05
* Magnesio	mg/L	32,12
* Potasio	mg/L	5,14
* Sodio	mg/L	29,74
Cadmio	mg/L	<0,0008
Níquel	mg/L	0,021
Plomo	mg/L	0,0052
* Silicio	mg/L	24,66
Zinc	mg/L	<0,05
* Mercurio	mg/L	<0,001
Dureza total	mg/L	300
Sólidos totales disueltos	mg/L	306
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,21
* Alcalinidad	mg/L	300
* Bicarbonatos	mg/L	160
* Carbonatos	mg/L	140
Cloruros	mg/L	83
Fluoruros	mg/L	<0,3
Nitratos	mg/L	<2,3
Sulfatos	mg/L	<8

Fuente: CESTTA (2017)

En la Tabla 16 se registran los valores de los análisis adicionales que se realizaron en la fuente termal principal, en la cual no se encontró materia flotante y el valor referente al Oxígeno Disuelto es menor a los parámetros detallados dentro de la normativa ambiental vigente que es mayor a 80 ya que hay mayor cantidad de CO₂.

Tabla 16. Análisis adicional de la fuente Termal Principal

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS
Fenoles	mg/L	<0,013
Fósforo Total	mg/L	1,4
Materia Flotante	mg/L	AUSENCIA
Nitrógeno Total	mg/L	1
Oxígeno Disuelto	%	17
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes Aniónicos)	mg/L	<0,014
Sustancias Solubles en Hexano (Aceites y Grasos)	mg/L	<0,8
Recuento Coliformes Totales	mg/L	1500
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	mg/L	800

Fuente: OSP (2017)

4.2.2 Clasificación de las fuentes estudiadas

Se clasificó a las diferentes fuentes según algunos parámetros consultados las cuales se evidencia que las cuatro fuentes de agua coinciden la misma clasificación que son de origen meteórico con ligera reacción acida debido a su pH, y se las denomina aguas bicarbonatadas de calcio y magnesio según la composición química, en la tabla 15 se evidencia el resumen de la clasificación.

De acuerdo a los análisis físicos y químicos realizados a las diferentes fuentes de agua y de la literatura analizada, se reflejan valores que determinan su clasificación; por ejemplo: la temperatura tomada en las fuentes de agua permiten calificarlas como hipo termal y fría; de la misma manera mediante los valores de potencial hidrógeno se puede determinar la acidez o basicidad con la que reaccionan las diferentes fuentes de agua (ver tabla 17)

Tabla 17. Clasificación de las fuentes de Tangalí

Fuentes	Usos	Temperatura	Origen	pH	Según Gingebach	Composición Química
Termal Principal	Uso no energético (balneológico y terapéutico)	Hipo termal	Meteórica	Aguas con ligera reacción acida	Aguas bicarbonatadas (de soda) de Ca y Mg	Aguas bicarbonatadas de calcio y magnesio
Termal II	Uso no energético (balneológico y terapéutico)	Hipo termal	Meteórica	Aguas con ligera reacción acida	Aguas bicarbonatadas (de soda) de Ca y Mg	Aguas bicarbonatadas de calcio y magnesio
Gütig	Uso industrial(agrícola)	Fría	Meteórica	Aguas con ligera reacción acida	Aguas bicarbonatadas (de soda) de Ca y Mg	Aguas bicarbonatadas de calcio y magnesio
Cristalina	Uso industrial(agrícola)	Fría	Meteórica	Agua con reacción alcalina	-----	Aguas bicarbonatadas de calcio y magnesio

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Características físicas y químicas de las fuentes de agua estudiadas

Los mayores valores de sólidos totales disueltos (STD) presentan temperaturas entre 22 y 25 °C, pH de la fuente Termal principal y Termal II es de 6,45 y su conductividad varía entre 2779 a 2868 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las otras fuentes con menores concentraciones de STD presentan menores temperaturas entre 15 a 19 °C, pH entre 5,7 a 7,36 y conductividades mucho menores que las fuentes calientes. El pH bajo del agua de la fuente de Güitig se debe posiblemente a la presencia de CO_2 disuelto, ya que está presenta una ligera emisión de gas. (Tabla 16).

La mayor concentración de STD de las aguas calientes sugiere que estas han sufrido un mayor grado de interacción agua – roca y abrían tenido una circulación más profunda estando más influenciadas por el sistema hidrotermal de la región; como se muestra en la Figura 4.

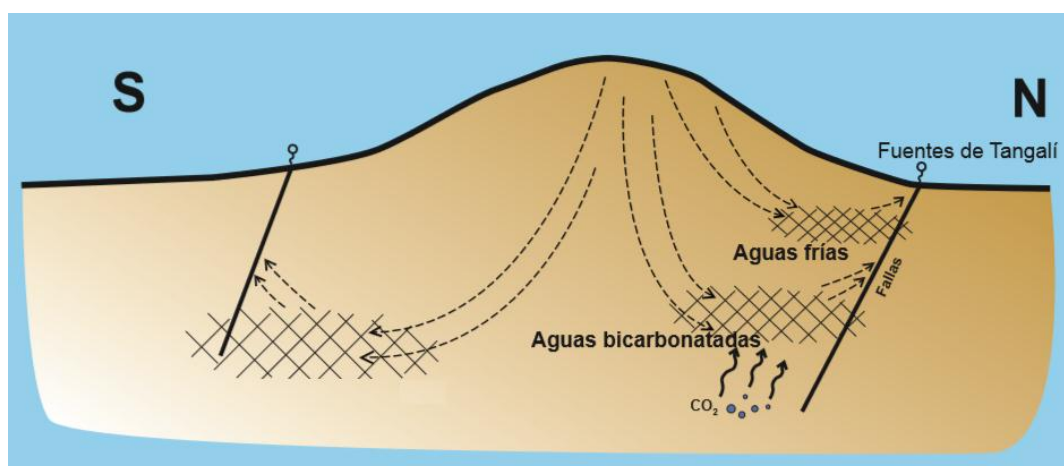


Figura 11. Modelo conceptual del sistema hidrotermal desarrollado en la región de estudio

En las tablas 18, 19 y 20 se indican datos físicos y químicos de las fuentes expresados en mg/L , meq/L y % de concentración respectivamente debido a que son necesarios para los cálculos para el diagrama de Piper.

Tabla 18. Datos físicos y químicos de las diferentes fuentes estudiadas. La concentración de los cationes y aniones viene dada en mg/L

Nombre	Temperatura	pH	Conductividad	Li	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO ₄	HCO ₃ ⁻	STD
	T (°C)	-	(μS/cm)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Termal Principal	24,6	6,45	2868	0,29	221	15,06	316,08	208,2	0,3	18	8	1685	1300
Termal 2	22,95	6,45	2779	0,3	238,2	16,59	297,76	216,6	0,3	84	8	2375	1398
Güütig	19,05	5,7	218	0,05	12,98	2,47	9,74	14,05	0,3	10	8	82	126
Cristalina	15,02	7,36	133,5	0,05	35,74	1,64	22,78	27,14	0,3	78	8	154	84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Datos físicos y químicos de las diferentes fuentes estudiadas. La concentración de los cationes y aniones viene dada en meq/L y la de sólidos totales disueltos (STD) en mg/L

Nombre	Temperatura	pH	Conductividad	Li	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO ₄	HCO ₃ ⁻	STD
	T (°C)		(μS/cm)	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	mg/L
Termal Principal	24,6	6,45	2868	0,04	9,61	0,39	26,01	10,41	0,02	0,51	0,17	27,62	1300
Termal 2	22,95	6,45	2779	0,04	10,36	0,43	24,51	10,8	0,02	2,37	0,19	38,93	1398
Güütig	19,05	5,7	218	0,01	1,55	0,04	1,87	1,36	0,02	2,2	0,17	2,52	126
Cristalina	15,02	7,36	133,5	0,01	0,56	0,06	0,8	0,7	0,02	0,28	0,17	1,34	84

Fuente: Elaboración propia

De cada fuente de agua estudiada se obtuvo cálculos de aniones y cationes principales expresados en % para la representación del diagrama de Piper, donde se puede observar que en todas las fuentes existe mayor porcentaje de Mg en cuanto a cationes y un mayor porcentaje de HCO₃⁻ en relación a aniones. (Tabla 18).

Tabla 20. Datos en porcentajes de concentración (%) de cationes y aniones

Porcentajes de Concentración %						
Nombre	Cationes			Aniones		
	Ca++	Mg++	Na+K+	HCO3-	SO4-	CL-
Termal Principal	22,43	56,03	21,54	97,59	0,6	1,8
Termal 2	23,41	53,13	23,455	93,82	0,458	5,712
Güitig	28,22	38,8	32,98	51,533	3,476	44,989
Cristalina	33,018	37,735	29,245	74,86	9,497	15,642

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Diagrama de Piper

Las muestras Termal principal y Termal 2 que son las aguas calientes de esta zona con fuerte salida de gas y situadas en el vértice del HCO_3 presentan las características propias de las aguas de soda descritas por Giggenbach (1988).

Las muestras de Tangalí corresponden aguas bicarbonatadas con Ca-Mg. En la figura 5 se han representado las muestras de agua en el diagrama de Piper.

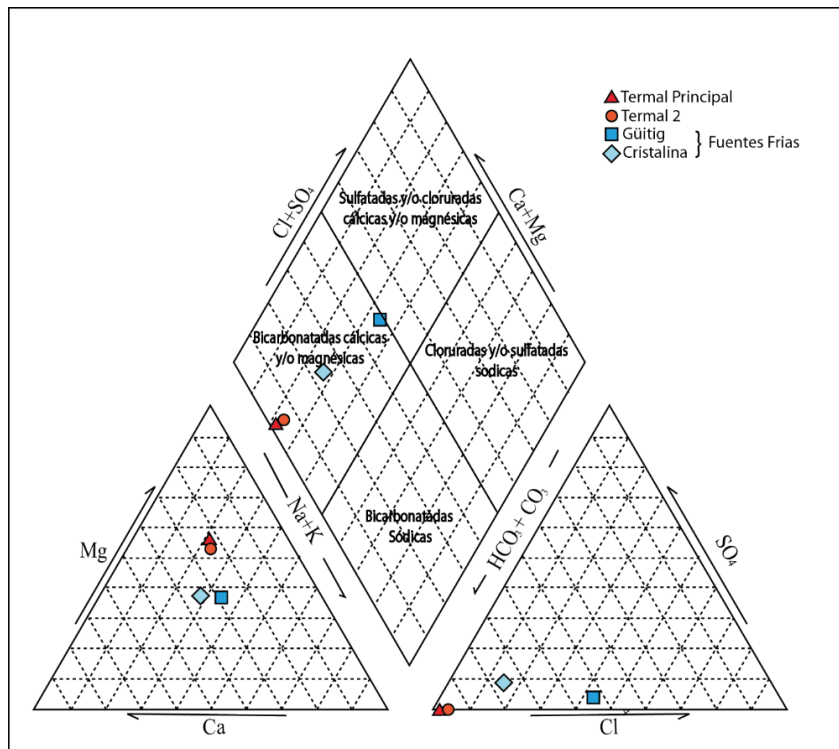


Figura 12. Muestras de agua en el Diagrama de Piper

4.2.5 Medición de los Gases

En la fuente Termal Principal se determinó que el gas emitido es CO_2 descartando la emisión de CO o SO_2 . La salida de agua de la fuente Principal ha sido agrandada por la gente de la zona para ser utilizada con fines terapéuticos y ceremoniales excavando los sedimentos aluviales para formar una piscina. En ella la salida de gas se concentra en tres puntos de emisión, en los que se midió en cada uno de ellos el caudal de gas mediante el método descrito en el capítulo de metodología, además se tomó medidas en dos puntos importantes del río uno antes de donde se registraron las fuentes y el otro al finalizar las fuentes y se registró que en el primer punto no se registraron % de gas CO_2 en el punto tomado al finalizar las fuentes si registro un % mínimo de CO_2 . (Tabla 21). En la figura. 13 se puede evidenciar esquemáticamente la toma de muestras de gas en distintos puntos de muestreo.

Tabla 21. Concentración de CO₂ medio en las proximidades de las fuentes

Punto	Localización	% de CO₂
1	Termal principal	>20%
2	Salida de la Termal Principal	> 20%
3	Caudal de salida de la Termal Principal	>20%
4	Canal de la Termal principal	18,6%
5	Fin del canal de la Termal principal (unión con el Río Blanco)	7,8 %
6	Río antes de las fuentes	No contiene CO ₂
7	Río después de las fuentes	3%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se observa que en la fuente Termal principal el CO₂ sobrepasa el 20% de concentración siendo un alto riesgo para la salud pudiendo causar la muerte. Es recomendable catalogar a la fuente Termal Principal como una zona de alto riesgo. Además se evidencia que a medida que se aleja de la salida del gas de la fuente principal, las concentraciones de CO₂ van disminuyendo notablemente a través del transporte del agua y gas hacia el río como se puede apreciar en la figura 13.

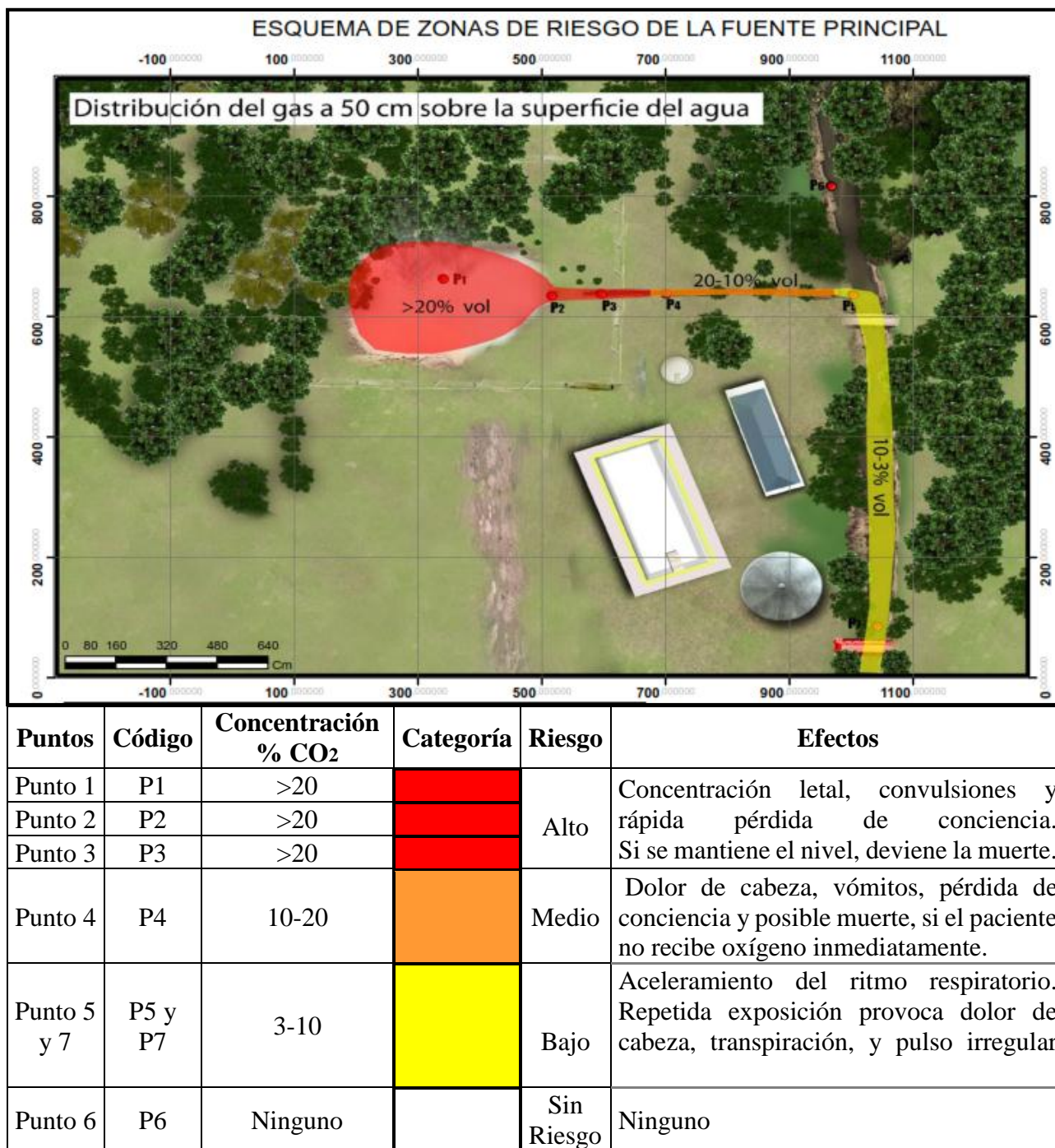


Figura 133. Esquema en planta de la fuente con su canal de drenaje y río

4.2.6 Estimación del caudal de CO₂ de la fuente Termal Principal

En la Tabla 22 se detallan los valores medidos tres puntos de salida de la fuente Termal Principal como: Temperatura, presión absoluta y velocidad de flujo mismos que fueron utilizados para el cálculo del caudal de CO₂, para la estimación del caudal se tomó dos veces las medidas de cada una de las salidas del gas presente en la fuente para obtener una medición lo más homogénea posible del caudal, como resultado de las medidas de CO₂ se tiene que la fuente en los puntos de medida emite aproximadamente 5,3 T/día de CO₂ y al año se emite 1970,6 T/año de CO₂.

Tabla 22. Medición del caudal de CO2 de la fuente de agua Termal Principal

Salidas	Temperatura (°C)	Temperatura a -3°C	Temperatura (K)	Presión absoluta	Presión absoluta (atm)	Velocidades (m/s)						Velocidad promedio (m/s)	mol/s	g/día	t/día	Total	t/año	
						Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6							
Salida 1	26,5	23,5	296,5	745,7	0,981184211	0,59	0,69	0,7	0,75	0,72	0,81	0,71	0,575704241	2188597,24	2,188			
Salida 2	28,3	25,3	298,3	745,5	0,980921053	0,56	0,63	0,67	0,75	0,74	0,75	0,6833333333	0,550590401	2093124,47	2,093			
Salida 3	28	25	298	745,3	0,980657895	0,24	0,31	0,38	0,36	0,35	0,38	0,3366666667	0,27146673	1032007,92	1,032	5,313	1939,511	
Salida 1	24,3	21,3	294,3	743,1	0,977763158	0,7	0,7	0,65	0,65	1,05	0,83	0,7633333333	0,621402308	2362323,01	2,362			
Salida 2	24,8	21,8	294,8	743,1	0,977763158	0,73	0,71	0,63	0,7	0,7	0,6	0,6783333333	0,551270275	2095709,08	2,095			
Salida 3	25,8	22,8	295,8	743	0,977631579	0,31	0,33	0,33	0,35	0,33	0,35	0,3333333333	0,26994235	1026212,84	1,026	5,484	2001,749	
	26,283															Promedio	5,398	1970,630

4.3 VALORACIÓN DE LA UTILIDAD DE LAS FUENTES

La valoración de la utilidad de las fuentes se obtuvo a partir de la observación y verificación en la comunidad, sobre el uso actual que se le da a cada una de las fuentes de agua identificadas contrastada con la literatura analizada.

Los habitantes de la comunidad de Tangalí utilizan la fuente Termal Principal, con fines de uso recreacional, medicinal, ancestral y turístico; mientras que la fuente termal 2 no tienen ningún uso actual en beneficio de la comunidad, las dos fuentes restantes (güitig y cristalina) son utilizadas para consumo. De ésta manera se descartan las tres fuentes y solo se tomó en cuenta la Termal principal para el estudio realizado ya que además ésta fuente presenta un caudal muy significativo en relación a las demás fuentes identificadas.

4.3 ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO SEGURO COMO RECURSO NATURAL

4.3.1 Agua Termal Principal

En la tabla 23 se muestra una comparación entre los valores analizados y los datos descritos dentro de los criterios de calidad de agua con fines recreativos de contacto primario dentro de la normativa ambiental vigente (TULAS, Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. , 2010).

Tabla 23. Análisis biológicos de la fuente principal

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	Parámetros analizados	Cumplimiento (Si/No)
Coliformes fecales	mg/l	200	800	No
Coliformes totales	mg/l	1000	1500	No
Compuestos fenólicos	mg/l	0,002	<0,013	Si
Oxígeno disuelto	mg/l	No menor al 80% de concentración De saturación y no menor a 6 mg/l Ausencia	17%	No
Materia flotante			Ausencia	Si
Potencial de hidrógeno		6,5-8,5	6,45	Si
Metales y otras sustancias tóxicas	mg/l	cero	cero	Si
Organofosforados y carbonatos (totales)	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)	<10	Si
Organoclorados (totales).	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)	18	No
Residuos de petróleo		Ausencia	Ausencia	Si
Tensoactivos	mg/l	0,5	<0,014	Si
Gracias y aceites	mg/l	0,3	<0,8	Si
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi		Mínimo 2,0	Turbia	No
Relación hidrógeno fósforo orgánico		15:1	-	-

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de los análisis de la fuente principal, la fuente no es apta para uso recreacional de contacto directo debido al incumplimiento de la norma impuesta por el TULAS ya que parámetros como el oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales no se encuentran dentro de ésta norma.

4.3.1.1 Alternativas de aprovechamiento seguro del agua

Para un aprovechamiento seguro no debe existir un contacto directo con la fuente debido a la concentración de CO₂ que ésta emite. El agua de esta fuente debe ser transportada mediante tubería a una distancia prudente de la vertiente. Además, la concentración de oxígeno disuelto de la fuente es muy baja al límite mínimo otorgado por la norma ambiental, por lo que se han analizado varios métodos de oxigenación artificial.

4.3.2 Dióxido de Carbono (CO₂)

Las concentraciones de CO₂ dentro de la fuente principal son muy elevadas incluso podrían remplazar al oxígeno causando asfixia inmediata y en pocos minutos la muerte de personas y animales que tienen contacto con la fuente.

Debido a estas altas concentraciones de CO₂ es conveniente proponer las siguientes alternativas para un aprovechamiento seguro de éste recurso.

4.3.3 Alternativas de uso seguro de los recursos agua y gas de Tangalí

TEMA: Evaluación del potencial de aprovechamiento del recurso agua y gas de la fuente termal de Tangalí

INTRODUCCIÓN

La sierra ecuatoriana debido a su actividad volcánica reciente es provechosa en cuanto a la presencia de fuentes de aguas termales, muchas de las cuales son aprovechadas con fines turísticos, medicinales e industriales. Se han realizado diversos estudios acerca de las características geoquímicas de las aguas termales en el Ecuador (BEATE 2010). Según este estudio las aguas que afloran en las fuentes termales tiene un origen meteórico y muestran una

gran interacción agua-roca mismos que utilizan las fallas de la corteza para aflorar a la superficie. (Chiodini, Frondini, & Ponziani, 1995)

Existen estudios en los que en zonas con importantes emisiones de CO₂ donde se han realizado perforaciones para su captación y posterior utilización del recurso con fines medicinales e industriales como por ejemplo en la elaboración de aguas con gas, hielo seco entre otras alternativas (Inguaggiato S. , Hidalgo, Beate, & Bourquin, 2010).

El presente proyecto está enfocado en el cumplimiento del objetivo tres del trabajo de titulación “Caracterización geoquímica de las fuentes de agua de Tangalí para su uso potencial como recurso natural, cantón Otavalo”. El proyecto contribuye al desarrollo sostenible de la comunidad de Tangalí principalmente en aspectos socioeconómicos, culturales y ambientales por medio de alternativas de aprovechamiento seguro de los recursos agua y gas.

Debido a que la comunidad de Tangalí cuenta con un gran potencial que no es aprovechado en su totalidad se plantea diferentes alternativas de aprovechamiento de los recursos existentes en ésta comunidad. Para el aprovechamiento de la fuente termal se plantea la reactivación del complejo de turismo comunitario el cual debe cumplir con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente, esto con la finalidad de brindar seguridad a las personas que hagan uso de éste recurso.

En diferentes partes del mundo se aprovecha el CO₂ con distintos fines. En el Ecuador existen industrias reconocidas que utilizan este gas como materia prima para la elaboración de diferentes productos como: bebidas gaseosas, elaboración de hielo seco, conservación de alimentos, entre otros usos industriales. Además, el CO₂ se lo emplea también en el aspecto medicinal para el alivio y prevención de distintas enfermedades principalmente cardiovasculares. La comercialización del CO₂ generaría ingresos económicos muy

representativos para la comunidad sin generar impactos ambientales negativos buscando un equilibrio entre los aspectos sociales, económicos y ambientales.

En cuanto al entorno natural del complejo turístico local es importante implementar una zona de seguridad con cercas vivas utilizando especies nativas-ornamentales las cuales absorban mayores cantidades de CO₂ en la fuente principal con los propósitos de reducir las emisiones de CO₂ emitidas a la atmosfera, generando un impacto visual positivo y mayor seguridad hacia los turistas que visitan el complejo.

Tabla 24. Proyecto uso de los Recursos Naturales

NOMBRE DEL PROYECTO	OBJETIVOS	ACTIVIDADES	USOS	BENEFICIOS	BENEFICIARIOS	RESPONSABLE
<p>EVALUACION DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DEL RECURSO AGUA Y GAS DE LA FUENTE TERMAL DE TANGALÍ</p>	<p>Evaluar la captación y almacenamiento del gas CO₂ para su uso comunitario y/o comercialización.</p>	<p>Realizar una valoración económica, técnica y de mercado. Gestionar un financiamiento con autoridades provinciales, cantones, parroquiales y/o empresas privadas.</p> <p>Realizar la evaluación del impacto ambiental. Determinar el responsable de la concesión de la explotación del recurso.</p> <p>Realizar un diseño de las instalaciones para la explotación del CO₂ con fines medicinales dentro de la comunidad y/o comercialización en diferentes campos industriales.</p>	<p>Industrial Medicinal</p>	<p>Industrial: Producción de fármacos, Carbonatación de bebidas gaseosas, Conservación de alimentos (leche vegetales), Fabricación de cementos, Fabricación de extintores, Utilización de forma directa en hospitales como estimulante de respiración o dilatación quirúrgica Medicinal: El baño de dióxido de carbono ensanchará sus arterias, lo cual da como resultado un mejor flujo de oxígeno a través de</p>	<p>Comunidad de Tangalí</p> <p>Consumidores del recurso como turistas.</p> <p>Industrias que utilizan el CO₂ como materia prima</p> <p>Consumidores del producto final industrializado</p>	<p>Comunidad de Tangalí</p> <p>Gobierno Provincial de Imbabura</p> <p>GAD cantonal de Otavalo</p>

				sus vasos sanguíneos, así aumentando su circulación de la sangre. El oxígeno alcanzará su cerebro mucho más rápidamente por consiguiente aliviando sus dolencias principales.		
	Optimizar el aprovechamiento del agua para su uso con fines recreativos y/o medicinales	<p>Verificar el cumplimiento de la normativa legal para aguas de uso recreacional de contacto primario.</p> <p>Transportar el agua mediante tubería de la fuente hacia la piscina. Implementar un método de oxigenación del agua.</p> <p>Evaluar económicamente si es rentable implementar instalaciones para calentar el agua</p>	<p>Uso recreacional</p> <p>Uso medicinal</p> <p>Uso ancestral</p>	<p>Medicinal:</p> <p>Los baños de aguas termales aumentan la circulación de la sangre, son recomendables para personas de edad avanzada ya que reduce la presión alta, arteriosclerosis, desordenes circulatorios, migraña, estrés. Entre otros.</p>	Habitantes de la comunidad de Tangalí Turistas que visitan este lugar.	Comunidad de Tangalí Gobierno Provincial de Imbabura GAD cantonal de Otavalo. Ministerio de Turismo
	Realizar un diseño para el	Diseñar un cerramiento en la fuente utilizando	Uso recreativo	Seguridad	Comunidad de Tangalí	Comunidad de Tangalí

<p> acondicionamiento de las instalaciones para el uso turístico seguro</p>	<p> plantas nativas que capten gran cantidad de CO₂. Implementar el mapa de seguridad. Implementación de señalética de seguridad. Capacitar a la comunidad acerca de los riesgos del CO₂</p>		<p> Evita riesgos en la salud de los visitantes Educación Genera conciencia de los riesgos que causa las emisiones de CO₂ Turístico Mejora la calidad de vida de manera directa de los pobladores de la comunidad de Tangalí.</p>	<p> Habitantes de comunidades cercanas Turistas que aprovechan éste recurso</p>	<p> Gobierno Provincial de Imbabura GAD cantonal de Otavalo. Ministerio de Turismo</p>
---	---	--	--	---	--

Fuente: Elaboración Propia

4.4 DISCUSIÓN

Las fuentes encontradas se localizan asociadas a las fallas geológicas o bien en zonas próximas donde la roca está fracturada. Estas fallas constituyeron zonas permeables para la circulación y ascenso a superficie del agua y gases hidrotermales (Chiodini *et al*, 1995; Jolie *et al.*, 2016). Las aguas que afloran en las fuentes termales y frías en esta región tienen un origen exclusivamente meteórico procedente de la recarga hídrica en la parte alta de los relieves (Inguaggiato S. , Hidalgo, Beate, & Bourquin, 2010). En relación al CO₂ existen diversos procesos generadores de este en el subsuelo como desgasificación de magma, degradación de materia orgánica por procesos termales, hidrolisis o descarbonatación de calizas o metamorfismo de rocas carbonatadas marina (Rogie y Kerrick, 2000). Inguaggiato *et al.* (2010) demuestran que el CO₂ emitido en esta región de vulcanismo activo Cuaternario tiene un origen principalmente profundo magmático.

Las fuentes Termal Principal y Termal 2 constituyen fuentes de soda ricas en bicarbonatos de Ca y Mg y con elevadas emisiones de CO₂. Aguas con estas características son propias de zonas periféricas de los sistemas hidrotermales (Giggenbach, 1988). Las bajas temperaturas y los bajos valores de Sólidos Totales Disueltos (STD) de las aguas frías indicarían que éstas hacen una circulación somera dentro del subsuelo con una baja interacción agua-roca. Estas fuentes también aparecen asociadas a la zona de falla y una de ellas (Gütig) presenta CO₂ disuelto dándole un pH bajo. Por lo que parte del gas que ascendería por la falla entraría a los acuíferos someros que alimentan estas fuentes.

Los mayores valores de sólidos totales disueltos (STD) presentan temperaturas entre 22 y 25 °C, por las que se clasificó como aguas hipo termales (Castany, 1971). Los valores de pH de la Termal principal y la fuente termal II es de 6,45 clasificadas como aguas con ligeras

reacciones ácidas (Karacolev, 1984). Además, su conductividad varía entre 2779 a 2868 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las otras fuentes con menores concentraciones de STD presentan menores temperaturas entre 15 a 19 °C, clasificadas como aguas frías (Castany, 1971). El pH de la fuente de agua Güitig se encuentra en 5,7 y se la clasificó como agua con ligera reacción ácida mientras que la fuente de agua cristalina su pH está en 7,36 a la cuales se las clasificó como agua con reacción alcalina (Karacolev, 1984). Además, sus conductividades son mucho menores que las fuentes calientes. El pH bajo del agua de la fuente de Güitig se debe posiblemente a la presencia de CO_2 disuelto, ya que está presenta una ligera emisión de gas.

El caudal mínimo de gas emitido por la fuente de la termal principal es de 5,3 t/día es un valor relativamente alto si se compara con otras zonas con actividad hidrotermal y volcánica. Rogie y Kerrick (2000) que también midieron el flujo de gas en diferentes salidas puntuales en el centro de Italia, calcularon caudales entre 8 a 280 t/día. En zonas hidrotermales con emisiones de gas por desgasificación difusa se han calculado caudales de 410 t/día en un área de 1 km^2 en Hot Spring Basin en Yellowstone (Werner *et al.*, 2008) o en la caldera de Cuicocha, próxima a nuestra zona de estudio, se estima una emisión de 106 t/día en un área de 13,3 km^2 (Padrón *et al.*, 2008). Para el cálculo del caudal se realizó medidas aleatorias durante el día debido a las variaciones de temperatura en el ambiente pero no se tomó medidas por la noche debido a la peligrosidad de asfixia que pueden aumentar.

Las fuentes de agua estudiadas se ubican al Norte de la Comunidad de Tangalí en el fondo de una quebrada por la que discurre el río Blanco. Geológicamente el lugar de estudio se encuentra en el contacto entre dos unidades geológicas de edad Cuaternario denominadas: Cuicocha, la del norte y más moderna, y Cushnirumi, la situada al sur. Estas unidades están formadas por materiales volcánicos piroclásticos andesíticos y dacíticos que descansan de

forma discordante sobre materiales cretácicos de composición basáltica y andesítica de origen marino (Velásquez, 2013).

En la fuente de agua Termal principal existe mayor desprendimiento de CO₂ debido a que el gas es menos soluble en temperaturas altas de esta manera se avapora con mayor facilidad hacia la atmosfera, además, que al ser el CO₂ más denso que el aire éste se concentra en las partes bajas de zonas topográficamente deprimidas desplazando al oxígeno del aire inspirado convirtiéndose en un peligro para las personas y animales.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las fuentes del complejo hidrotermal presente en el sector de Tangalí se encuentran en rangos de temperatura entre 15 a 24 °C, considerando como fuentes hipo-termales y fuentes frías con caudales que oscilan de 0,15 a 12 L/s aproximadamente. Se analizaron parámetros físico-químicos para determinar su composición y de los análisis realizados se determina que estas fuentes pueden ser utilizadas como recurso natural para uso recreativo, medicinal e industrial previo tratamiento de aireación, oxigenación y desinfección.
- Dentro del complejo hidrotermal se han identificado cuatro fuentes las mismas que se las ha codificado como Fuente Termal Principal con un caudal medio de 12 L/s, Fuente Termal II con un caudal de 0,59 L/s, Fuente Güitig con un caudal de 0,06 L/s y la Fuente Cristalina con un caudal de 0,65 L/s; éstas fuentes drenan hacia el río Blanco aportando un caudal aproximado de 13,3 L/s.
- La composición geoquímica están constituidos por parámetros como pH, conductividad, temperatura B, As, Ca, Fe, Li, Mg, K, Na, Cd, Ni, Pb, Si, Zn, Hg, dureza total, solidos totales disueltos, nitrógeno amoniacal, alcalinidad, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, fluoruros, nitratos y sulfatos; dentro de los gases existe presencia de emanación de gas CO₂ en la fuente Termal Principal con un caudal aproximado de 5,3 t/día y un caudal de 1970 t/año, correspondiente a los puntos de salida.
- La utilidad de las fuentes de agua del sector de Tangalí y en especial de la fuente Termal Principal se centraron en el aprovechamiento de uso recreativo. Sin embargo estas pueden ser utilizadas con otros propósitos tanto en medicina ancestral e industrial, es necesario tomar medidas de seguridad dependiendo del aprovechamiento propuesto.

- La fuente de agua Termal Principal por su alto contenido y emanaciones de CO₂ no puede ser utilizada con fines recreativos de manera directa, debido a que no cumple con los parámetros establecidos descritos en la normativa vigente, siendo indispensable un previo tratamiento.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda monitorear periódicamente la composición química y caudales de las fuentes de aguas termales para prever la variabilidad y cantidad de sus componentes además es importante contar con el equipo de seguridad necesario para realizar estudios en fuentes termales con emisiones de CO₂, considerándose mediciones en horas críticas de mayor concentración del gas.
- No es recomendable ingresar en fuentes naturales directamente, especialmente si se observa burbujeo de gases y si la fuente está en una zona poco ventilada cuya composición química precisa se desconoce, se sugiere implementar una zona de seguridad en la fuente Termal Principal con un cerramiento de cercas vivas con plantas nativas del sector. Además, se recomienda colocar señalización, horarios de atención, condiciones de ingreso de turistas al complejo hidrotermal.
- Evaluar el potencial de recursos correspondientes a la utilización del gas dióxido de carbono (CO₂) que presenta el complejo hidrotermal, a fin de determinar su viabilidad para su industrialización.
- Ante la presencia de CO₂ en las fuentes de agua de Tangalí es importante realizar mediciones para conocer la cantidad de CO₂ en el agua (CO₂ disuelto en el agua) y el CO₂ emanado de toda la fuente y la presencia de otros gases en caso de existir.

- Comprometer a la Academia con las comunidades en la realización e implementación de sus diferentes proyectos de tesis con el objetivo de aprovechar el gran potencial natural que cuenta la comunidad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijo, M., & San Martín, J. (1994). *Clasificación de las aguas mineromedicinales*. Madrid, España: Computense.
- Baeza, J., López, J., & Ramirez, A. (2001). *Las Aguas Minerales en España*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Bakalowicz, M. (1979). *Contribution de la Géochimie des eaux à la connaissance des aquifères karstiques et de la karstification*. Tesis doctoral : Paris-Francia.
- Baubron, J., Allard, P., & Toutain, J. (01 de Marzo de 1990). Diffuse volcanic emissions of carbon dioxide from Vulcano Island, Italy. *Nature. Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 344, 51-53.
- Baxter, P., Faive-Pierret, R., & Le Guern, F. (2014). *International Volcanic Health Hazard Network*. Amsterdam: Sabroux.
- Brimblecombe, P. (1996). *Air composition and Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cadena, V. (2012). *Hablemos de Riego*. Ibarra, Ecuador: Creadores Gráficos.
- Calcara, M., & Quattrocchi, F. (1996). Ammonia content fluctuations in Groundwater of the Colli Albani Volcano, Italy. *Eos, Trans AGU, Fall Meet. Suppl*, 46.
- Cariaga, M., & Hernández, A. (2011). Importancia de las zonas termales ubicadas en las regiones de O'Higgins y el Maule, Chile. *Revista Interamericana De Ambiente Y Turismo*, 89.
- Castany, G. (1971). *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Barcelona, España: Omega.

- Cevallos, M. P. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Jose de Quichinche*. Otavalo.
- Chiodini, G., Frondini, F., & Ponziani, F. (1995). Deep structures and carbon dioxide degassing in central Italy. *Geothermics*, 24(1), 81-94.
- Collard, N., Taran, Y., Peiffer, L., Campion, R., & Jácome, M. (2014). Solute fluxes and geothermal potential of Tacaná volcano-hydrothermal systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 288.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Quito, Ecuador: Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008.
- Contreras, T. (2011). *Propiedades hidrogeoquímicas e isotópicas del agua subterránea en la parte media de la cuenca del río Tulián, Puerto Cortés, Honduras*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Delmelle, P., & Stix, J. (2000). Volcanic Gases. En H. Sigurdsson, *Encyclopedia of volcanoes*. (pág. 828). New York: Haraldur Sigurdsson.
- El Norte. (21 de Enero de 2015). Seis fallecidos en Imbabura por inhalación de gases tóxicos. *El Norte*, págs. 16-17.
- Fagundo, J. (1990 a). *Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. Efecto de los factores geológicos, hidrogeológicos y ambientales*. Granda: Hidrogeología.
- Fagundo, J. (1990 b). *Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. estudio mediante simulacion química del efecto de la litología*. Granada: Volunrada Hodraúica.
- Fagundo, J., & González, P. (2005). *Hidrogeoquímica*. La Habana-Cuba.
- Fagunfo, J., Rodriguez, J., & Vega, J. (1995). *Cntribuvion al onocimiento hidrodénámico de los sistemas cárnicos del Pan de Guajaibón y la meseta del Guaso a partir de los*

- datos hidroquímicos durante las crecidas. En: El Karst y los Acuíferos Kársticos. Ejemplos y métodos de estudio . Granada: Universidad de Granada.*
- FEA, F., & CEMDA, C. (2006). El Agua en Mexico: Lo que todos y todas debemos saber. *Scientific Research*, 1-96.
- Flores, C. A. (2015). *Análisis de oferta y demanda turística de la comunidad de Tangalí, parroquia San José de Quichinche, del cantón Otavalo; Provincia de Imbabura*. Tesis de Grado. Universidad Técnica del Norte: Ibarra, Ecuador.
- GAD-P San José de Quichinche. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San José de Quichinche*. Otavalo.
- García, J. (1988). *El control de la contaminación de las aguas: Monitoreo y estudios intensivos*. (Tesis doctoral): Universidad de Ciencias Técnicas. La Habana, Cuba.
- Garrels, R., & Christy, C. (1965). *Solutions, Minerals and Equilibria* . Nueva York: Harper and Row .
- Genovés, I., & Senent, M. (1996). *Génesis geológica e hidrológica de la surgencia de aguas termales en los baños de Fortuna*. Murcia, España.
- Giggenbach, W. (14 de Diciembre de 1987). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. (Copyright, Ed.) *Chemistry Division, DSIR, Petone, 52*, 2749-2765.
- Giggenbach, W. F. (1990). Water and gas chemistry of Lake Nyos and its bearing on the eruptive process, *J Volcanol . Geotherm Res*, 337-362.
- Goff, Fraser, Janik, Cathy. (2000). Geothermal Systems. En H. Sigurdsson, *Encyclopedia of Volcanoes* (pág. 842). New York: Haraldur Sigurdsson.
- Gonzales, M. (2003). *Caracterización geotérmica y consideraciones ambientales de los baños termales de San Vicente, provincia del Guayas*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Politécnica del Litoral.

- Guri, S. (2002). *Efectos de la fertirrigación carbónica y de la oxigenación del medio*.
Universidad de Lleida: Tesis Doctoral. Lérida, España.
- Hernández, P., Notsu, K., Okada, H., Mori, T., Sato, M., Barahona, F., & Pérez, N. (2006).
Diffuse emission of CO₂ from Showa-Shinzan, Hokkaido, Japan: a sign of volcanic
dome degassing. *Geophys*, 163.
- Hispania, S. D. (2006). *Manual de tubos Dräger / CMS: Análisis de suelos, agua y aire, así
como análisis de los gases industriales* (14 ed.). Madrid-España: Lubeck.
- Hochstein, M., & Browne, P. (2000). Surface Manifestations of Geothermal Systems With
Volcanic Heat Sources. En H. Sigurdsson, *Encyclopedia of Volcanoes* (pág. 860).
New York: Haraldur Sigurdsson.
- Inguaggiato, S., Hidalgo, S., Beate, B., & Bourquin, J. (2010). Geochemical and isotopic
characterization of volcanic and geothermal fluids discharged from the Ecuadorian
volcanic arc. *Geofluids*, 10, 525-541.
- Inguaggiato, S., Hidalgo, S., Beate, S., & Bourquin, J. (2010). Geochemical and isotopic
characterization of volcanic and geothermal fluids discharged from the Ecuadorian
volcanic arc. *Geofluids*, 10.
- INHAMI. (2013). *Estudios e Investigaciones Meteorológicas*. Quito, Ecuador.
- Jolie, E., Klinkmueller, M., Moeck, I., & Bruhn, D. (2016). Linking gas fluxes at Earth's
surface with fracture zones in an active geothermal field. *Geology*.
- Karacolev, D. (1984). *Fundamentos de la Balneoterapia*. Sofía: Medicina y cultura física.
- Leiva, F. (2010). *Nociones de Metodología de Investigación Científica* (Quinta ed.). Quito,
Ecuador: DIMAXI.
- Ley de Aguas. (2004). *De las aguas minerales, termales y medicinales*. Quito.
- Ley de Aguas. (2014). *Ley Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua*.
Quito-Ecuador: Registro Oficial N° 305.

- Lide, D. (2003). *Handbook of Chemistry and Physics* (84 TH ed.). (Chief, Ed.) Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Merino, O., & Sal, F. (2007). *Sistemas de recirculación y tratamiento de agua*. Santa Ana: CENADAC.
- Morales, I. (1991). *Estudio hidrogeológico de la zona Norte de Viacaya*. (Tesis doctoral): Universidad de Paris Vasco. Matanzas Cuba.
- Murillo, S. (8 de Julio de 2006). Los baños de cajón, una opción de cuidado. *El Universo*.
- Orozco, C., Pérez, A., González, N., Rodríguez, F., & Alfayate, M. (2008). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química* (1era ed.). Madrid-España: Paraninfo,S.A.
- Otero, E. (2013). *Plande desarrollo local para la parroquia San José de Quichinche del cantón Otavalo, provincia de Imbabura (Tesis de pregrado)*. Ibarra,Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Padrón, E., Hernández , P., Toulkeridis, T., Pérez, N., Marrero, R., Melián, G., . . . Notsu, K. (2008). Diffuse CO2 emission rate from Pululahua and the lake-filled Cuicocha calderas, Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 163-169.
- PDOT-Otavalo. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Otavalo*. Otavalo-Ecuador.
- Pingua, J. (2008). *Infraestructura Hidrotermal*. Madrid-España: Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- Powel, D. (1991). *Interpretation of Geological Structures Trough Maps.(An introductory practical manual)*. Minnesota, Estados Unidos: Longman Scientific & Technical.
- Quinche, E., & Velastegui, S. (2014). *Comparación genética entre las aguas termales de baños de Cuenca y baños de Agua Santa*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

- Quinche, E., & Velastegui, S. (2014). *Comparación Genética entre las aguas termales de baños de Cuenca y Baños de Agua Santa*. Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador: Quito Ecuador.
- Rocha, E. (2000). *Principios Básicos de espectroscopía*. Mexico, Mexico: UACH.
- Rogie, J., Kerrick, D., Chiodini, G., & Frond. (2000). Flux measurements of nonvolcanic CO₂ emission from some vents in central Italy. *Journal of Geophysical Research*, 105.
- Saavedra, F. (2017). *Informe semestral de producción minera Conseción Minera CUMBAS*. Otavalo_Ecuador.
- Sax, N., & Lewis, R. (1989). *Dangerous properties of Industrial Materials*, (7ma edición ed.). New York: Van Nostrand Reinhold.
- SENPLADES. (2014). *Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. Evaluación al Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito Ecuador.
- Sigurdsson, H., Devine, F. M., Tchoua, T. S., Presser, M. K., Prigle, & Evans, B. M. (1987). Origin of the lethal gas burst from Lake Monoun, Cameroon. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 31,1-16.
- Stucker, V. K., Ronde, d. E., Scott, B. J., & Wils. (2016). Subaerial and sublacustrine hydrothermal activity at Lake Rotomahana. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 314: 156-168.
- Tassi, F., Vaselli, O., Capaccioni, B., Duarte, E., Fernandez, E., Minissale, A., & Magro, G. (2005). The hydrothermal-volcanic system of Rincon de la Vieja volcano (Costa Rica): A combined (inorganic and organic) geochemical approach to understanding the origin of the fluid discharges and its possible application to volcanic surveillance. *Journal Volcanology and Geothermal Research*, 148(3-4), 315-333.

- Tóth, J. (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero*, 111, 9-25.
- Toutain, J. P., Baubron, J. C., Le Broned, J., Allard, P., Briole, P., Marty, B., . . . Luongo, G. (1992). Continuous monitoring of distal gas emanations at Vulcano, southern Italy. *Volcano*, 54.
- TULAS. (2010). *Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. . Quito-Ecuador: Presidencia de la República.
- TULAS. (2015). *Acuerdo Ministerial N° 028. Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria* . Quito-Ecuador: Registro oficial N° 270.
- Vega, L. (2013). *Usos del CO2: UN camino hacia la sostenibilidad* (1° Edición ed.). Madrid: Gráficas Aries, S.A.
- Velásquez, C. (2013). *Hoja geológica de Otavalo, 1:50.000. Mapa y memoria técnica*. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.

7. ANEXOS

Anexo 1. Identificación de las fuentes de Agua de Tangalí y estimación de Caudales.



Fotografía 1. Identificación de la fuente principal



Fotografía 2. Identificación de la fuente Güitig.



Fotografía 3. Identificación de la fuente Termal III



Fotografía 4. Identificación de la fuente de agua cristalina



Fotografía 5. Instalación para medida de caudal (Método vertedero triangular)



Fotografía 6. Medida de caudal de la fuente principal mediante el método de vertedero principal

Anexo 2. Medición de los parámetros físico-químicos de las fuentes identificadas



Fotografía 7.Kit de medición multiparametros



Fotografía 8.Preparación del kit de medición multiparametros



Fotografía 9.Medición de parámetros físico químicos de la fuente



Fotografía 10.Medición de parámetros físico químicos de la fuente



Fotografía 11.Medición de parámetros físico químicos de la fuente



Fotografía 12.Medición del pH de cada una de las fuentes identificadas

Anexo 3. Medición de la concentración de gases y estimación de caudal de CO₂



Fotografía 13: Medición de la concentración del gas dentro de la fuente



Fotografía 14: Medición de la concentración del gas fuera de la fuente



Fotografía 15: Preparación del dispositivo de captura de CO₂



Fotografía 16: Medición del caudal de CO₂



Fotografía 13: Instalación del dispositivo para captura de gas



Fotografía 18: Toma de datos de velocidad, presión y temperatura, mediante el Testo 480

Anexo 4. Toma de muestras para análisis químico y biológico de las fuentes de agua



Fotografía 19. Toma de muestras de agua de la Fuente Termal Principal.



Fotografía 20. Toma de muestras de agua de la Fuente Termal II.



Fotografía 21. Toma de muestras de agua de la Fuente de agua Cristalina.



Fotografía 22. Etiquetado de muestras de agua de las Fuentes de agua identificadas.



Fotografía 23. Almacenamiento de muestras agua para traslado al laboratorio.



Fotografía 24. Almacenamiento de muestras agua para traslado al laboratorio.

Anexo 5. Análisis físico-químicos de la fuente de agua Termal Principal

 <p>CESTTA SGC</p>	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1404
 ST: 670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS
 Nombre Peticionario: CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL
 Atn. Ing. Silvana Báez
 Dirección: Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
 Quito - Pichincha

FECHA: 05 de Enero del 2017
 NUMERO DE MUESTRAS: 1
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/12/09 - 15:00
 FECHA DE MUESTREO: 2016/12/08 - 10:55
 FECHA DE ANÁLISIS: 2016/12/09 - 2017/01/05
 TIPO DE MUESTRA: Agua fresca
 CÓDIGO CESTTA: LAB-A 1211-16
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: FF-2C
 PUNTO DE MUESTREO: NA
 ANALISIS SOLICITADO: Microbiológico
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: German, Pablo
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221B/ 9221C	NMP/100 mL	28000	±19%	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	<1,8	±48%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


 Dr. Mauricio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO





CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No: 1404
ST: 670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL
Atn. Ing. Silvana Báez
Dirección: Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA: 05 de Enero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/12/09 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/12/08 - 09:55
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/12/09 - 2017/01/05
TIPO DE MUESTRA: Agua fresca
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 1210-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: FF-1C
PUNTO DE MUESTREO: NA
ANÁLISIS SOLICITADO: Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: German, Pablo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

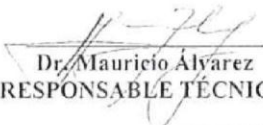
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/229 Standard Methods No. 9221B/ 9221C	NMP/100 mL	11000	±19%	-
Coliformes Fecales	PEE/CESTTA/230 Standard Methods No. 9221E/ 9221C	NMP/100 mL	<1,8	±48%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No:

1404

ST:

670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:

CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL

Atn.

Ing. Silvana Báez

Dirección:

Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA:

05 de Enero del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2016/12/09 - 15:00

FECHA DE MUESTREO:

2016/12/08 - 11:00

FECHA DE ANÁLISIS:

2016/12/09 - 2017/01/05

TIPO DE MUESTRA:

Agua de río

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A 1209-16

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

RIO-2

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

German, Pablo

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	1,37	±10%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	34,94	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	3,85	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	32,12	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	5,14	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	29,74	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,021	±27%	-



CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO

Panamericana Sur Km. 1 1/2. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

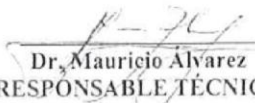
Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,0052	±22%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	24,66	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	<0,001	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	300	±10%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	306	±11%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	0,21	±28%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	300	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	160	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	140	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	83	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No:

1404

ST:

670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:

CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL

Atn.

Ing. Silvana Báez

Dirección:

Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA:

05 de Enero del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2016/12/09 - 15:00

FECHA DE MUESTREO:

2016/12/08 - 10:35

FECHA DE ANÁLISIS:

2016/12/09 - 2017/01/05

TIPO DE MUESTRA:

Agua de río

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A 1208-16

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

RIO-1

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

German, Pablo

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,70	±10%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	30,18	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	2,56	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	29,98	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	4,30	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	23,64	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±29%	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,005	±22%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	1,05	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	0,0048	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	260	±10%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	254	±11%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	0.17	±28%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	264	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	154	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	110	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	80	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F-D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No: 1404
ST: 670-16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL
Atn. Ing. Silvana Báez
Dirección: Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA: 05 de Enero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/12/09 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/12/08 - 10:50
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/12/09 - 2017/01/05
TIPO DE MUESTRA: Agua fresca
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 1207-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: FF-2
PUNTO DE MUESTREO: NA
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: German, Pablo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,15	±13%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	27,14	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	6,76	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	22,78	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	1,64	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	35,74	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,029	±26%	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,0064	±20%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	38,28	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,062	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	0,0065	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	120	±10%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	126	±17%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	0,25	±28%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	154	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	154	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	<10	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	78	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 1404
ST: 670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL
Atn. Ing. Silvana Báez
Dirección: Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA: 05 de Enero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/12/09 - 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/12/08 - 09:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/12/09 - 2017/01/05
TIPO DE MUESTRA: Agua fresca
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 1206-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: FF-1
PUNTO DE MUESTREO: NA
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: German, Pablo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±24%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	14,05	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	5,34	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	9,74	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	2,47	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	12,98	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Niquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,023	±26%	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,0061	±21%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	42,66	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	<0,001	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	74	±17%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	84	±21%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	<0,1	±28%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	87	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	82	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	<10	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	<10	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Mauricio Alvarez
Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No:

ST:

Nombre Peticionario:

Atn.

Dirección:

1404

670 - 16 ANÁLISIS DE AGUAS

CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL

Ing. Silvana Báez

Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas

Quito - Pichincha

FECHA:

05 de Enero del 2017

NUMERO DE MUESTRAS:

1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:

2016/12/09 - 15:00

FECHA DE MUESTREO:

2016/12/08 - 10:27

FECHA DE ANÁLISIS:

2016/12/09 - 2017/01/05

TIPO DE MUESTRA:

Agua Termal

CÓDIGO CESTTA:

LAB-A 1205-16

CÓDIGO DE LA EMPRESA:

FT-2

PUNTO DE MUESTREO:

NA

ANÁLISIS SOLICITADO:

Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:

German, Pablo

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	10,86	±10%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	216,60	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	2,41	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,30	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	297,76	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	16,59	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	238,20	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,051	±25%	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,0097	±18%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	57,68	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	0,0091	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	>1000	±10%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	1398	±11%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	1,5	±8%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	2380	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	2375	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	<10	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl C	mg/L	84	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F-D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Mauricio Alvarez
Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO No: 1404
ST: 670 – 16 - ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: CANTERAS Y VOLADURAS S.A. CANTYVOL
Atn. Ing. Silvana Báez
Dirección: Av. Naciones Unidas 1014 y Av. Amazonas
Quito - Pichincha

FECHA: 05 de Enero del 2017
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/12/09 – 15:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/12/08– 09:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/12/09– 2017/01/05
TIPO DE MUESTRA: Agua Termal
CÓDIGO CESTTA: LAB-A 1204-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: FT-1
PUNTO DE MUESTREO: NA
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: German, Pablo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Arsénico	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±22%	-
Boro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	7,83	±10%	-
*Calcio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	208,20	-	-
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,88	±16%	-
*Litio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,29	-	-
*Magnesio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	316,08	-	-
*Potasio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	15,06	-	-
*Sodio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	221,00	-	-
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,0008	±22%	-
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,094	±23%	-



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½. ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	0,0095	±18%	-
*Silicio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	64,52	-	-
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±12%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	0,0041	±29%	-
Dureza total	PEE/CESTTA/40 Standard Methods No. APHA 2340 C	mg/L	>1000	±10%	-
Sólidos Totales Disueltos	PEE/CESTTA/11 Standard Methods No. 2540 C	mg/L	1300	±11%	-
Nitrógeno Amoniacal	PEE/CESTTA/20 EPA Water Waste No 350.2	mg/L	1,64	±8%	-
*Alcalinidad	PEE/CESTTA/41 Standard Methods No. 2320 B	mg/L	1690	-	-
*Bicarbonatos	PEE/CESTTA/69 Standard Methods No. 2330 B	mg/L	1685	-	-
*Carbonatos	Volumétrico	mg/L	<10	-	-
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	18	±4%	-
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F-D	mg/L	<0,3	±20%	-
Nitratos	PEE/CESTTA/16 Standard Methods No 4500 -NO ₃ -	mg/L	<2,3	±29%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	<8	±25%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:

Mauricio Alvarez
Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	026 - 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Pablo Andrade
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	20 de abril de 2017
Fecha de entrega informe:	04 de mayo de 2017
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	1
Codificación:	Agua Subterránea

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Metodo de ensayo
Recuento coliformes totales	UFC/ml	15	AOAC 989.10
Recuento de <i>E. coli</i>	UFC/ml	8	AOAC 997.02

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



1500 nppm/100
800 nppm/100

Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 44049
 ORDEN DE TRABAJO No. 55641

SOLICITADO POR:	ANDRADE PABLO		
DIRECCION DEL CLIENTE:	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE - IBARRA		
MUESTRA DE:	AGUA		
DESCRIPCIÓN:	AGUA		
FECHA DE RECEPCIÓN:	27/04/2017	HORA DE RECEPCIÓN:	09H50
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 27/04/2017 AL 15/05/2016		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	16/05/2017		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	POCO TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO
		CONTENIDO:	1 GALON
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la factura.		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
FENOLES	mg/L	<0,013	MAM-46 / APHA 5530 B MODIFICADO Y METODO RAPIDO HACH	-
FOSFORO TOTAL	mg/L	1,4	MAM-17 / APHA 4500-P C y/o C y E MODIFICADO	12,60
* MATERIA FLOTANTE	-	AUSENCIA	VISUAL	-
NITROGENO TOTAL	mg/L	1	MAM-45 / METODO RAPIDO MERCK	2,00
OXIGENO DISUELTO	mg/L	1,3	MAM-22 / APHA 4500 O C MODIFICADO	3,00
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/L	<0,014	MAM-74 / APHA 5540 C MODIFICADO	-
SUSTANCIAS SOLUBLES EN HEXANO (ACEITES Y GRASAS)	mg/L	<0,8	MAM-40 / APHA 5520 B MODIFICADO	-



Acreditación N° OAE LE IC 03-002 LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE



B.F. ALICIA CEPA
 JEFE DE AREA DE AMBIENTAL



RAM-4.1.04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo 6. Registros de Asistencia a la Socialización del Proyecto



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
PROYECTO TANGALÍ
HOJA DE ASISTENCIA

NOMBRE	CÉDULA	FIRMA
Glemente Suarez		Glemente Suarez
Ubelmar Suarez		
José Manuel Perugani		
Francisco Fichamba		
Miguel Fuentes		
Laura Panama		
Maribel Torres	100401951-8	
Erme Landa	100270254-0	
Josefina Panama Panama		Josefina Panama Panama
Soc. Lopez	100262524-0	
Mercedes Panama	100169246-6	
Flavia Panama	141950469.6	
Lorena Tijuerrez	100270070-4	
Andrea Benavides	100401622-4	
Maria Pomares		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
PROYECTO TANGALÍ
HOJA DE ASISTENCIA

NOMBRE	CÉDULA	FIRMA
Maria Martina Leonida Perugachi	100390534-4	
Daraya Janeth T.P.	100419783-0	
Suzana Perugachi	105021247-9	
Soledad Fures	100517765-2	
Fany Fures	100159424-9	Fany Fures
Muenala Magdalena	100185919-6	Muenala Magdalena
Angelica Simba	100786729-8	
Virginia Antala	100185170-6	Fures Virginia
Franklin Pineda	100280254-1	
Vivian Fures P	100746240-5	
Zoila Perugachi		
Alfred Panamo	100340804-2	
Pedro Muenala	100225118-2	
Juan José Papaku	100124217-6	
Domingo Liguerra		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
PROYECTO TANGALÍ
HOJA DE ASISTENCIA

NOMBRE	CÉDULA	FIRMA
Alberto Punguchi	1001331378	<i>Alberto Punguchi</i>
Verónica Perdomo	100433325-6	<i>Verónica Perdomo</i>
J. Emel Torres	100263842-5	<i>J. Emel Torres</i>
Mariano Muenala		<i>Mariano Muenala</i>
Guillermo Tumbaco	100144477-8	<i>Guillermo Tumbaco</i>
Jorge Muenala		
Alberto Perdomo	1002183154	<i>Alberto Perdomo</i>
Heriberto Muenala	1002183539	
German Perdomo	100325321-5	<i>German Perdomo</i>
Jose Torres	1002222642	<i>Jose Torres</i>
Fulgencio Torres		<i>Fulgencio Torres</i>
Maria Elieza Muenala	100227739-7	MARIA MUENALA
Maria Perdomo P.	100306246-8	<i>Maria Perdomo P.</i>
Mario Perdomo	100295182-0	<i>Mario Perdomo</i>
Maria Estela Perdomo	175233760	Maria Perdomo P.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
PROYECTO TANGALÍ
HOJA DE ASISTENCIA

NOMBRE	CÉDULA	FIRMA
Maria Rosa Poma	1007948 27-0	Maria Rosa Poma
Jose Abel Pinedo	100390798-5	Jose Abel Pinedo
Moquef Panamó		Moquef Panamó