

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

“CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS  
APORTES DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL EMBALSE DE SALVE  
FACCHA EN LA PROVINCIA DE NAPO”

Realizado por:

EMILIO GABRIEL ZALDAÑA CRESPO

Director del proyecto:

Dr. Miguel Martínez-Fresneda, PhD

Codirectora del proyecto:

Msc. Teresa Muñoz

Como requisito para la obtención del título de:

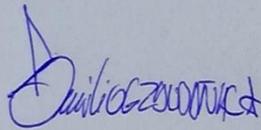
INGENIERO AMBIENTAL

Quito, 24 de julio de 2018



## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, EMILIO GABRIEL ZALDAÑA CRESPO, con cédula de identidad # 1717344665, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Emilio Gabriel Zaldaña Crespo

CI: 171734466-5

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LOS  
APORTES DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL EMBALSE DE SALVE FACCHA EN  
LA PROVINCIA DE NAPO”**

Realizado por:

**EMILIO GABRIEL ZALDAÑA CRESPO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

**MIGUEL MARTINEZ-FRESNEDA**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

**Dr. Miguel Martínez Fresneda Mestre**

**DIRECTOR**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

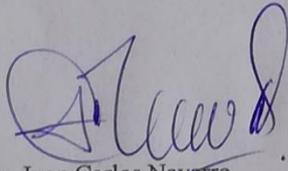
**JUAN CARLOS NAVARRO**

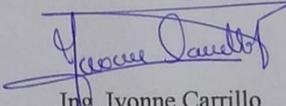
**IVONNE CARRILLO**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

  
Dr. Juan Carlos Navarro

  
Ing. Ivonne Carrillo

Quito, 24 de JULIO de 2018

## **DEDICATORIA**

Dedico a mis padres José y Norma, a mi hermana Valeria que hicieron posible este logro.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su apoyo total en los años de estudio.

A la empresa EPMAPS del Distrito Metropolitano de Quito.

A Teresa Muñoz y Juan Sebastián Galeano por su ayuda constante en la EPMAPS.

A Miguel Martínez Fresneda por sus enseñanzas y colaboración continua para realizar el trabajo.

# **CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LOS APORTES DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL EMBALSE DE SALVE FACCHA EN LA PROVINCIA DE NAPO**

## **CHARACTERIZATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE UNDERGROUND WATER CONTRIBUTIONS FROM RESERVOIR OF SALVE FACCHA IN THE PROVINCE OF NAPO**

Emilio Zaldaña, Miguel Martínez-Fresneda, Teresa Muñoz.

### **Resumen**

El presente trabajo se enmarca dentro de la generación de la línea base hidrogeológica e hidroquímica en el embalse de Salve Faccha en Papallacta, con fines de una gestión integrada del recurso hídrico para asegurar el abastecimiento de agua en el Distrito Metropolitano de Quito. Para esta investigación se realizaron muestreos mensuales tanto en el embalse, mediante perfiles hidroquímicos, así como en las surgencias que se encuentran en las cercanías del cuerpo de agua. Se midieron in situ los parámetros de pH, conductividad eléctrica, potencial redox, temperatura y oxígeno disuelto y se cuantificaron los componentes mayoritarios para caracterizar químicamente los puntos muestreados. Se encontraron varias surgencias termales que difieren significativamente de los puntos de agua subsuperficial y superficial, en relación con los parámetros de temperatura, concentración de sulfatos y oxígeno disuelto, encontrándose variaciones en más de 40 °C, 130 ppm de  $\text{SO}_4^{2-}$  o niveles de oxígeno disuelto que pasan de condiciones reductoras a oxidantes. Estos resultados indican que el embalse de Salve Faccha recibe de manera intermitente contribuciones de agua subterránea termal provenientes de los alrededores del embalse, nacientes que se detectaron en la época seca (enero y febrero) que, en época lluviosa, no son detectables debido a la inundación provocada por el agua superficial, tanto de precipitaciones como del caudal de aporte de los tributarios.

**Palabras clave:** Afloramiento, hidrogeoquímica, hidroquímica, acuífero, aniones, cationes.

**Abstract:**

This work is part of the generation of hydrogeological and hydrochemical baseline in the reservoir of Salve Faccha in Papallacta, for the purpose of an integrated management of water resources to ensure water supply in the Metropolitan District of Quito. This investigation was carried out in the reservoir, through hydrochemical profiles, as well as in the fountain that were found around of the body of water. The parameters of pH, electrical conductivity, redox potential, temperature and dissolved oxygen were measured *in situ* and the major components were quantified to characterize chemically the sampled points. Several upwellings were found that differ significantly from the subsurface and surface water points, in relation to the parameters of temperature, concentration of sulphates and dissolved oxygen, finding variations in more than 40 °C, 130 ppm of  $\text{SO}_4^{2-}$  or levels of dissolved oxygen that goes from reducing conditions to oxidants. These results indicate that the Salve Faccha reservoir receives intermittently contributions of the thermal underground water coming from the surroundings of the reservoir, springs that appear in the dry season (January and February) that, in the rainy season, are not detectable due to the flood caused by surface water, both from rainfall and from the flow of tributaries.

**Key words:** Outcrop, hydrogeochemistry, hydrochemistry, aquifer, anions, cations.

## **Introducción:**

El embalse de Salve Faccha está ubicada en la provincia de Napo, dentro de la Reserva Ecológica Cayambe – Coca, específicamente a 30 km de la población de Papallacta. La población más cercana al embalse es Oyacachi. Esta represa es controlada y monitoreada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento - EPMAPS encargada de la gestión del recurso hídrico para el Distrito Metropolitano de Quito (Charro, 2002).

La construcción del embalse de Salve Faccha empezó en el año de 1990 y finalizó en el 2002, con el propósito de contar con una fuente que permita la dotación de agua potable para el norte de la ciudad de Quito. El Proyecto Papallacta se creó, con dos principales objetivos, el primero era obtener una captación de agua de 3000 litros por segundo para su posterior tratamiento en la planta de Bellavista en Quito, y el segundo fue crear una fuente generadora de energía hidroeléctrica que pueda aportar a la ciudad en las épocas de estiaje (Larrea & Arias, 1990).

La represa fue construida a partir del Río Cunuyacu donde se almacenan aproximadamente 10500000 m<sup>3</sup> de agua. El embalse se encuentra en una zona de alta montaña a 3.900 m.s.n.m rodeada de un ecosistema tipo páramo (Ayala & Cathme, 2016).

Para el estudio del agua subterránea se debe tener en cuenta varios factores, entre los más importantes se tiene la geología que rodea al embalse y que aporta con propiedades fisicoquímicas al agua que fluye en el subsuelo. Por su cercanía a cadenas montañosas, en Salve Faccha encontramos principalmente rocas de origen volcánico cubiertas por depósitos coluviales, glaciáricos y aluviales. Por los rasgos estructurales y la alteración de los materiales del suelo se puede evidenciar una actividad sísmica y tectónica importante que genera una acción hidrotermal preponderante en el sector (Larrea & Arias, 1990).

Las formaciones geológicas que podemos encontrar en la zona se establecieron junto con la cordillera oriental de los Andes, los mismos que provocaron episodios volcanotectónicos y estos a su vez originaron gigantescos derrames de lava creando formaciones estructurales de gran tamaño. El embalse de Salve Faccha se encuentra sobre una antigua caldera volcánica con paredes formadas por la destrucción de la base de volcanes donde sus principales materiales son piroclásticos y lavas (Charro, 2002).

En este antiguo valle glaciar se identifica una composición geológica de rocas volcánicas básicas, que sufrieron cambios en su estructura debido a acuíferos hidrotermales, y que por estos procesos las rocas se convirtieron en basaltos modernos con frentes de lava abruptos y estructuras dómicas eventuales en su entorno. Por estas razones es innegable la existencia de afloramientos de aguas termales provenientes del subterráneo que han surgido por la presencia de varias estructuras, fenómenos tectónicos, presencia de escapes, lineamientos estructurales y morfológicos (Charro, 2002).

El agua subterránea es el recurso hídrico que fluye a través de materiales porosos, por lo que representa una fuente de agua dulce importante para el uso de diferentes actividades humanas. El agua se encuentra almacenada en acuíferos que se encuentran a diferentes niveles de profundidad, por estas características, el agua proveniente del subsuelo es un recurso difícil de gestionar por su vulnerabilidad a la contaminación y la sobre explotación (Ordoñez, 2011).

El agua superficial y subterránea es única por su utilidad y características fisicoquímicas, dependiente de la gestión que realicen las autoridades competentes (RDL 1/2001, de 20 de julio). Por estas razones, la deficiencia de seguimiento, sobre el recurso hídrico subterráneo, crea una necesidad de incentivar monitoreos constantes a nivel mundial, estos permiten conocer las características hidroquímicas de los acuíferos que define si el agua puede ser aprovechable para el uso de la población, además con estos estudios las autoridades podrán

adoptar medidas preventivas, correctivas, rápidas y eficaces que garanticen el abastecimiento continuo para la población ante una emergencia ambiental (Foster et al., 2002).

Con respecto a la presencia de agua de origen subterráneo del embalse de Salve Faccha, es muy poca la información actualizada que se tiene, es por esto que por primera vez se realizará el proyecto que se propone, el que abarca un estudio de campo para obtener datos y conocimientos hidrogeológicos de los afloramientos de agua que la rodean y están dentro de la represa. El abastecimiento de agua potable al Distrito Metropolitano de Quito es una de las principales razones para realizar el presente estudio que además contará con la colaboración de las autoridades competentes para promover un uso adecuado e integral del recurso hídrico (Foster et al., 2002).

Salve Faccha tiene características geológicas importantes que pueden llegar a formar acuíferos y afloramientos de agua subterránea que han sido probados en el desarrollo del presente estudio. En los alrededores del embalse se pueden encontrar acuíferos de estructura confinada con zonas en las que se produce artesianismo, donde gran parte del agua subterránea termina en manantiales de agua termal. Estos fenómenos de hidrotermalismo se dan principalmente por silicificación y cloritización que con el tiempo transforman las características geomecánicas de las rocas del acuífero (EMAAP-Q, 1991).

En estudios previos realizados al embalse se menciona, la presencia de siete afloramientos de agua termales en sus alrededores, mientras que también se identificó un sistema de surgentes subterráneas artesianas en la zona de la represa en condiciones de temperaturas bajas, pero cargadas de gases. Estos afloramientos resultan de diferentes fallas a lo largo del valle en donde se construyó el embalse (EMAAP-Q, 1991).

Por lo tanto, por medio de la creación de relaciones iónicas obtenidas se puede decir que en el estribo izquierdo del embalse está compuesto de rocas muy alteradas tipo andesitas, que

han estado sujetas a cambios por la circulación del agua termal mineralizada. El contacto entre la roca y el agua subterránea ha creado procesos de caolinización, cloritización y salisificación (EMAAP-Q, 1991).

El agua subterránea que encontramos en Salve Faccha sufre procesos de enriquecimiento de cationes como sodio, calcio, potasio y magnesio, de manera rápida, por lo que se considera un tipo de agua tipo ácida, con gran concentración de CO<sub>2</sub> por el bajo grado de unión de minerales en su proceso subterráneo (EMAAP-Q, 1991).

Por estas razones se menciona que existen afloramientos termales en los alrededores del embalse, resultado de varias fallas geológicas en el terreno, estos poseen gran profundidad y alta temperatura por procesos magmáticos (Charro, 2002).

El agua subterránea termal que se encuentra en Salve Faccha no tiene relación hidroquímica directa con el agua de la represa, esto sucede porque el agua superficial del embalse procede de fuentes termales y profundidad moderadas, resultante de aguas meteóricas (Charro, 2002).

Tomando en cuenta las relaciones que debemos demostrar en este trabajo, podemos mencionar que el agua termal proviene de afloramientos de agua subterránea con características hidroquímicas que dependen de su entorno geológico, mientras que la lámina de agua superficial de Salve Faccha responde a características típicas de un embalse de alta montaña con resultados de conductividad eléctrica menores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con pH generalmente neutro y con sulfatos menores a 8 ppm (González, Carrillo, & Peñaherrera, 2004).

El quimismo en este tipo de embalses puede cambiar a lo largo del año dependiendo las condiciones meteorológicas a las que se encuentra sometido. La precipitación es una de las condiciones que puede generar cambios químicos y físicos en el embalse. Es decir, que este tipo de embalses está sujeto a procesos de mezcla la mayoría del año por las condiciones

meteorológicas y los aportes constantes de agua que ofrece esta zona de páramo (González et al., 2004).

La falta de precipitación es uno de los factores meteorológicos más importantes en un embalse de alta montaña, este parámetro puede influir potencialmente en la hidroquímica del embalse ya que cuando el agua de la represa es escasa y el calado disminuye, las propiedades fisicoquímicas dependen de los aportantes y por lo tanto tendrán gran similitud al momento de obtener datos del embalse. Por el contrario, en época húmeda el embalse aumenta su columna de agua y adquiere características fisicoquímicas propias de un lago en donde se observa una clara organización vertical definida por condiciones ambientales como luz solar, energía y velocidad del viento pudiendo darse estratificación en el embalse (Mazo-B., Ramírez-Restrepo, & Díaz-C., 2015).

Bajo esta información nos planteamos la siguiente hipótesis: “Existen diferencias significativas entre los afloramientos de agua subterránea ubicados entre los aportantes 3 y 4, y la zona noroeste del embalse de Salve Faccha con respecto a los parámetros fisicoquímicos de conductividad eléctrica, temperatura y sulfatos”. El principal objetivo de esta hipótesis es encontrar el nivel de influencia hidroquímica del agua subterránea en el embalse de Salve Faccha.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio:**

La zona de estudio se encuentra en el Embalse de Salve Faccha, ubicada a 30 km de Papallacta. Es considerada una represa de alta montaña por encontrarse en una zona de paramo a una altura de aproximadamente 3900 m.s.n.m. (Morales, 2014)

En época de lluvia el embalse puede tener una profundidad máxima de 44 metros, su área de inundación se encuentra aproximadamente hasta las 130 hectáreas, con un volumen de

agua aprovechable de hasta 10 millones de m<sup>3</sup>. El recurso que se extrae de la represa es uno de los aportantes principales de agua potable a la parte norte del Distrito Metropolitano de Quito (Larrea & Arias, 1990).

### **Diseño del muestreo:**

El diseño de muestreo se realizó bajo criterio, tomando en cuenta los diferentes aportantes hídricos que puedan contribuir con agua al embalse de Salve Faccha. Estos puntos de muestreo han sido obtenidos en los afloramientos de agua subterráneos que se encuentran entre los tributarios. Dentro del embalse se realizaron muestreos en las desembocaduras de cada uno de los seis aportantes, también se midieron datos entre las desembocaduras de los aportantes y finalmente en la boya ubicada en el centro de la represa donde existe mayor profundidad. Para la zona más profunda se midieron parámetros *in situ* a cada metro de profundidad y se tomaron muestras cada dos metros, para crear perfiles hidroquímicos que aportaron a la interpretación de las variaciones en la columna de agua del embalse.

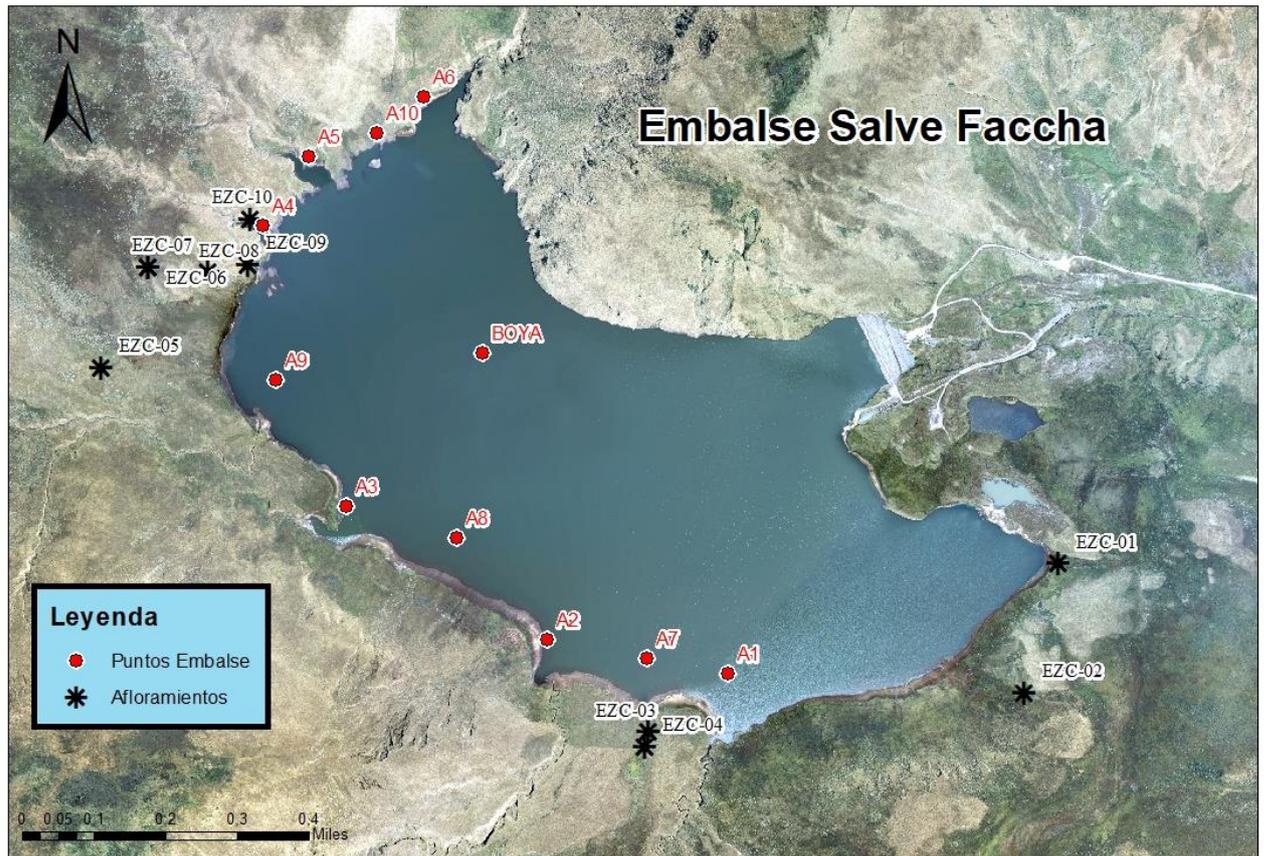
Esta toma de muestras se realizó de manera intercalada y mensualmente, es decir, se realizaron muestreos en donde un mes se tomaron muestras de afloramientos de agua subterránea y al siguiente mes se recolectaron datos del embalse, y de esta manera sucesivamente durante el período comprendido entre noviembre de 2017 hasta junio de 2018, considerada como la época de estiaje en la zona del embalse.

Para el presente estudio se realizaron diferentes métodos que los hemos dividido en tres fases para una mejor comprensión.

### **Fase 1: Trabajo de campo**

La recolección de datos fisicoquímicos de los aportantes de agua subterránea se realizó en dos ubicaciones.

## *Puntos muestreados*



### **Muestreo del embalse (características generales del muestreo):**

#### *En los aportantes y entre los aportantes:*

Se tomaron muestras en los aportantes porque son las entradas de agua más importantes que recibe el embalse continuamente durante todo el año, de esta manera analizamos los componentes químicos que ingresa al embalse por medio de los tributarios. Son seis puntos referentes a los aportantes existentes en la represa.

También se obtuvieron muestras de agua entre los aportantes, para analizar la influencia hidroquímica de los pequeños tributarios que encontramos en estos puntos, estos pequeños aportantes también son provenientes de afloramientos de agua subterránea.

Se realizó el muestreo a las desembocaduras de los seis aportantes que los etiquetamos como A1, A2, A3, A4, A5, Y A6.

Las muestras tomadas entre los aportantes se las etiquetaron como:

A7: entre los aportantes 1 y 2

A9: entre los aportantes 3 y 4

A8: entre los aportantes 2 y 3

A10: entre los aportantes 5 y 6

Finalmente se tomó muestras en la boya para realizar perfiles hidroquímicos que indique de mejor manera el comportamiento del embalse en la época de estiaje.

En cada punto se recolectó muestras de 500 mL y medición de parámetros *in situ* (potencial redox, conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno disuelto) a nivel superficial.

#### ***En la boya:***

Medición de parámetros *in situ* (potencial redox, conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno disuelto) a nivel superficial y por cada metro de profundidad.

Toma de muestras en botellas de 500 mL de agua cada dos metros de profundidad, posteriormente analizamos sus características químicas en el laboratorio.

#### **Muestreo de afloramientos de agua subterránea:**

Mediante el muestreo vía terrestre que rodeaba la laguna, se identificaron diez puntos donde había surgimiento de agua subterránea, principalmente de origen termal. A lo largo de los muestreos estos diez puntos fueron disminuyendo a tres puntos por diferentes razones. Durante los muestreos mensuales se encontraban que los puntos antes examinados estaban destruidos o se habían secado (Tabla 1) (Tabla 2) (Tabla 3) (Tabla 4) (ANEXO A).

En estos puntos se realizó la medición de datos de parámetros in situ (potencial redox, conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno disuelto) en cada afloramiento de agua subterránea que se encontró a los alrededores del embalse.

Se tomaron muestras de 500 mL de agua de las surgencias para posteriormente analizar componentes de iones mayoritarios en el laboratorio.

## **Fase 2: Trabajo de laboratorio**

Todas las muestras obtenidas en el embalse se analizaron en el laboratorio con el fin de obtener su composición química, y finalmente obtener los datos hidroquímicos del agua de estudio.

Los análisis que se realizaron son los siguientes:

<b>Análisis de Laboratorio</b>	
<b>Compuesto analizado</b>	<b>Método</b>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Espectrofotometría
Alcalinidad, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Titulación

(STANDARD METHODS, 2012).

## **Fase 3: Trabajo de gabinete**

La interpretación de datos se realizó por medio de programas informáticos que nos ayudaron a obtener datos característicos de la geología de los afloramientos de agua subterránea, así como también para conocer la composición hidroquímica del agua de estudio.

### ***Software:***

Por medio del software PAST se realizó la interpretación de la estadística descriptiva. media estadística, gráficos y errores. Para ver la diferencia entre las medias o medianas de los

distintos cuerpos de agua se realizó estadística inferencial mediante análisis multivariante de Clúster (Hammer et al,2001).

Para la ubicación de los puntos de muestreo y para la representación de los resultados en la base cartográfica se utilizó ArcGIS 10.1.2 (ESRI,2011).

## Resultados

### *Afloramientos de agua subterránea*



Por estas razones se compararon únicamente tres puntos de afloramientos de agua que fueron monitoreados más de tres veces, y estos son el EZC-01, EZC-02 y EZC-05, durante los meses de noviembre, enero, marzo y mayo (Tabla 1) (Tabla 2) (Tabla 3) (Tabla 4) (ANEXO A).

En la zona de estudio donde se encontró la mayoría de afloramientos de agua subterránea se puede observar que la vegetación cambia drásticamente, mientras que las plantas que rodean al embalse son típicas de paramo, al momento de encontrar las surgencias se puede ver que la vegetación cambia a plantas de mayor altura y con un color de suelo anaranjado.

Estos afloramientos se encuentran alado de la cadena montañosa que rodea al embalse, por esta razón se pueden encontrar con mayor frecuencia a diferencia de la zona adyacente al dique. Algunos puntos medidos solo se puede medir en época de estiaje porque se encuentran en las orillas del embalse, las cuales la mayor parte del año se encuentran cubiertas por la lámina de agua.

Se obtuvo la media de todos los muestreos:

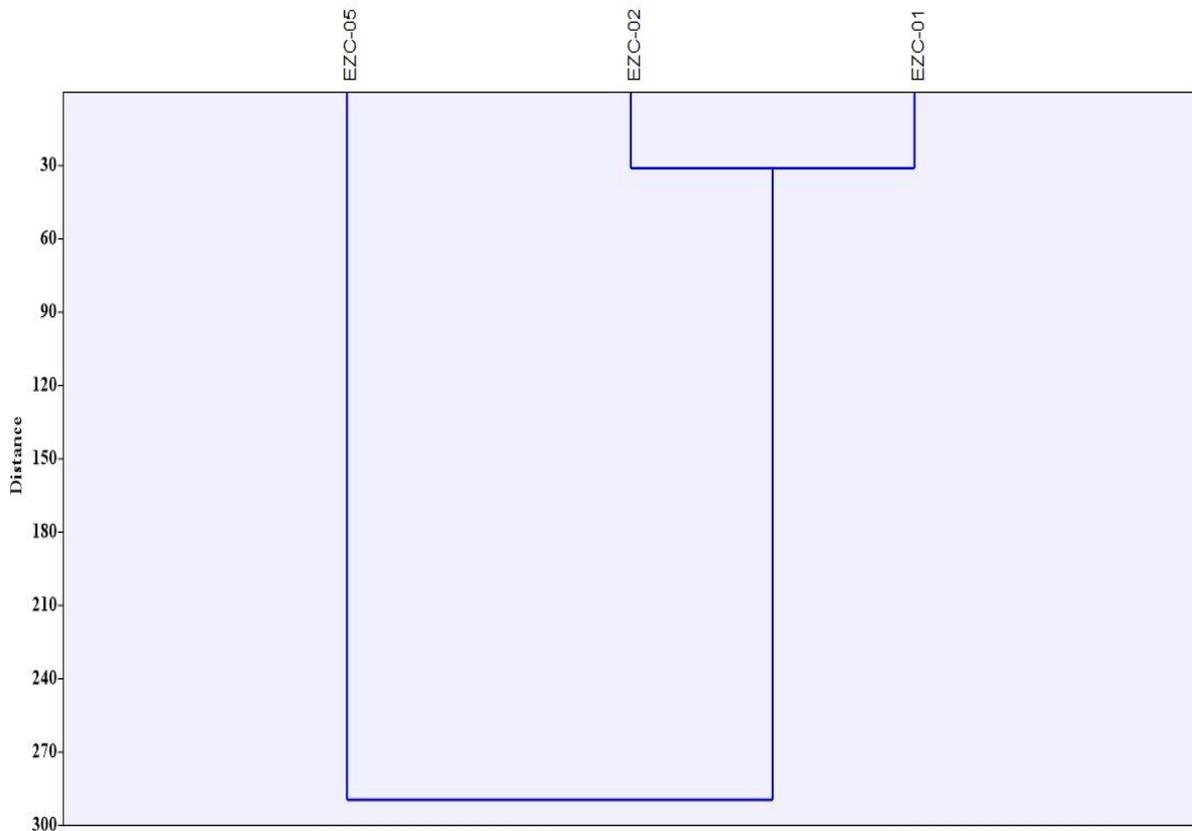
ESTADISTICA MEDIA						
Punto	pH	CE [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	OD [ $\text{mg}/\text{L}$ ]	REDOX [ $\text{mV}$ ]	T° [ $^{\circ}\text{C}$ ]	SULFATOS [ $\text{mg}/\text{L}$ ]
EZC-01	7,20	46,87	5,64	63,38	10,40	1,78
EZC-02	6,56	28,31	4,59	38,78	8,90	3,96
EZC-05	6,80	3600,00	0,00	-213,65	52,88	105,84

DESVIACION ESTANDAR						
Punto	pH	CE	OD	REDOX	T°	SULFATOS
EZC-01	0,91	14,97	1,70	74,43	1,49	1,33
EZC-02	0,38	20,44	2,65	71,69	1,14	4,77
EZC-05	0,50	0,42	0,00	69,78	2,94	19,26

Las desviaciones estándar calculadas indican las diferencias que pueden tener los afloramientos de agua subterránea a lo largo del año durante los muestreos realizados, estos

cambios resultan de varios fenómenos meteorológicos como es la precipitación, que se pudieron evidenciar durante el trabajo de campo

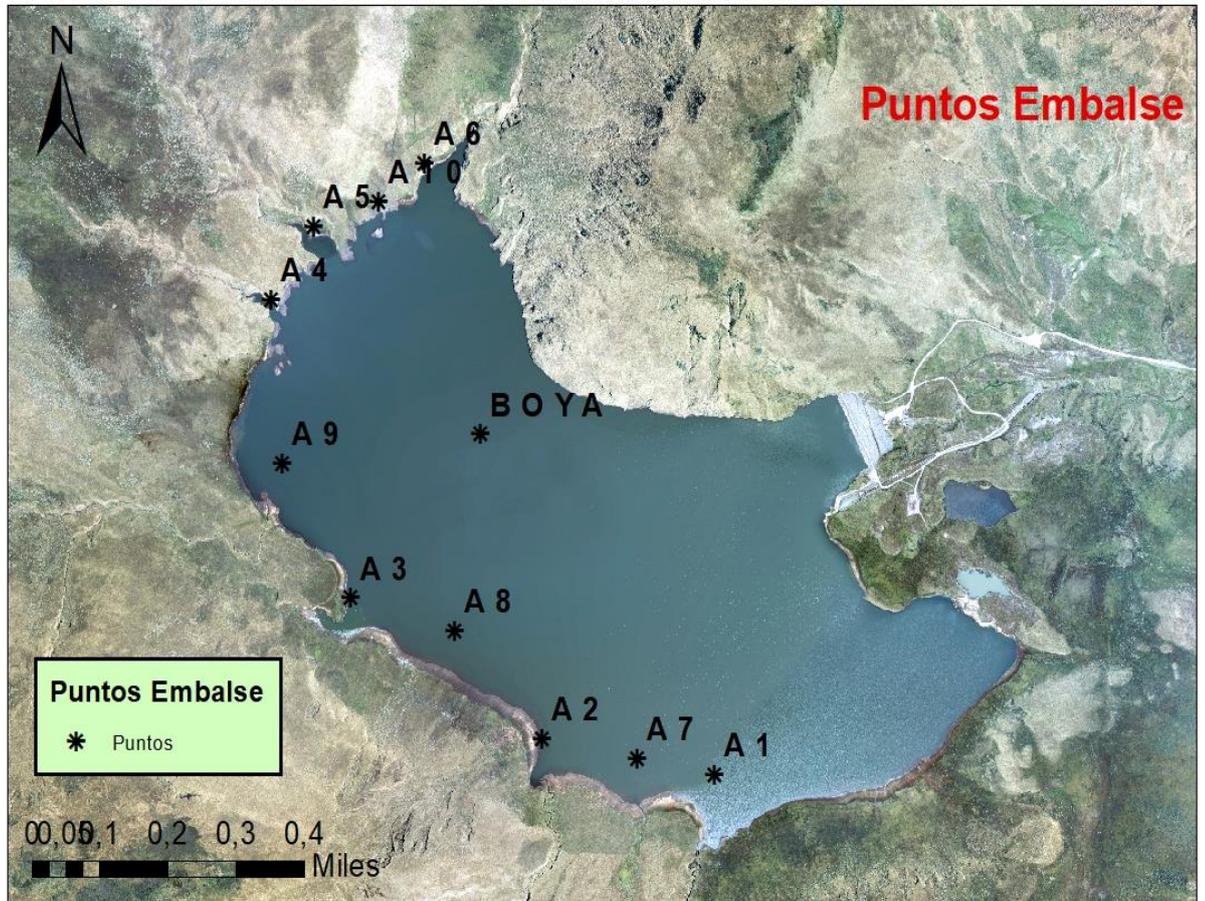
Mediante el análisis estadístico Clúster con distancias euclidianas se pudo obtener las diferencias y semejanzas que existen entre los afloramientos de agua muestreados.



En el análisis estadístico Clúster, mediante las distancias de los afloramientos de agua subterránea, se observa que los más semejantes son EZC-01 y EZC-02, mientras que la surgencia EZC-05 no comparte las mismas características fisicoquímicas que los otros afloramientos ya mencionados. Estas diferencias son razonables porque las dos surgencias que son parecidas se encuentran a pocos metros de distancia, exactamente entre los aportantes 1 y 2. A diferencia de EZC-05 que se encuentra entre los aportantes 3 y 4, y que mediante los análisis fisicoquímicos podemos definir que posee alta temperatura y alta conductividad eléctrica además de sulfatos elevados.

**Embalse:**

Los datos *in situ* y sulfatos se los puede evidenciar en ANEXO B (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4).



Se obtuvo la media de los puntos muestreados:

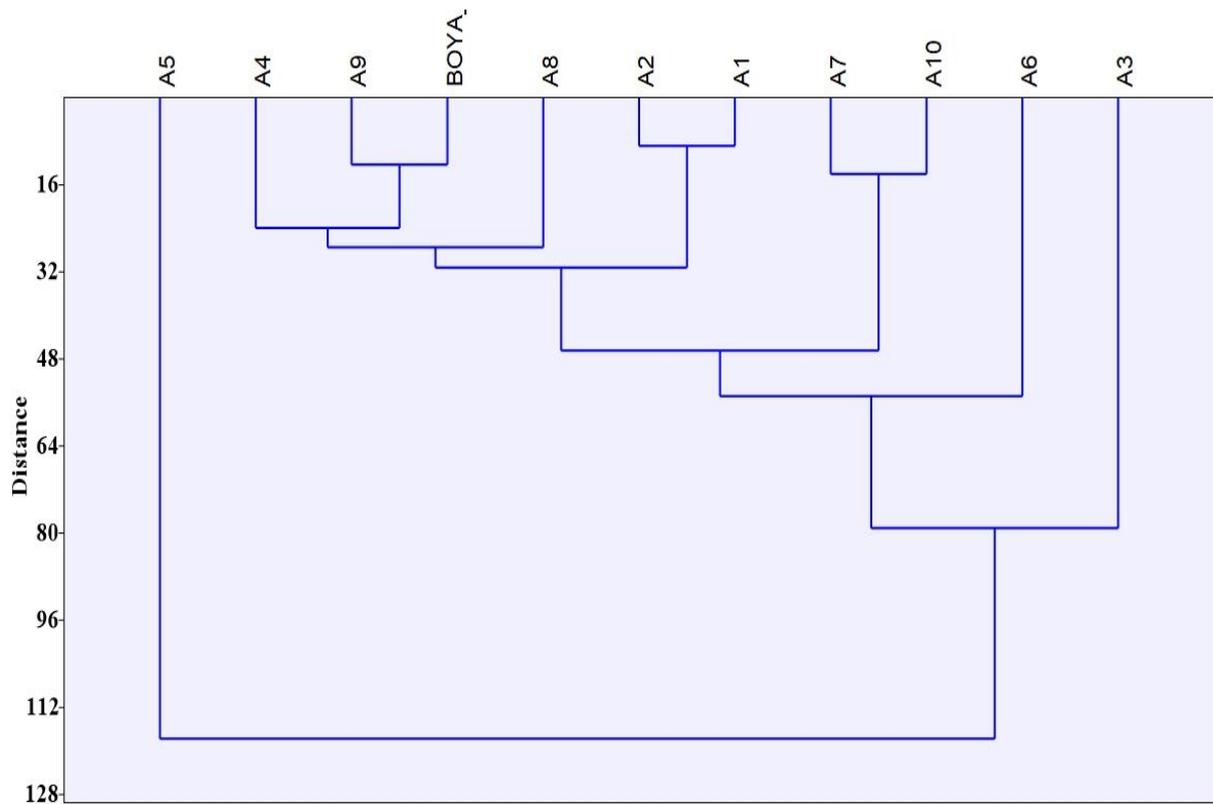
ESTADISTICA MEDIA						
PUNTOS	OD [mg/L]	pH	CE [ $\mu$ s/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	SULFATOS [mg/L]
A1	7,31	7,62	121,08	53,93	10,50	2,248
A2	7,61	7,26	122,48	49,15	12,20	9,349
A3	5,55	7,34	190,13	1,58	11,48	7,465
A4	6,91	6,88	143,43	38,45	10,90	4,541
A5	6,64	6,55	246,00	69,15	11,15	4,700

<b>A6</b>	7,28	7,00	129,85	88,90	11,35	6,479
<b>A7</b>	7,40	7,50	130,63	52,00	52,00	7,371
<b>A8</b>	7,44	7,67	130,67	36,50	36,50	6,985
<b>A9</b>	7,47	7,27	132,77	21,37	21,37	7,196
<b>A10</b>	7,19	7,51	140,17	59,23	59,23	6,924
<b>BOYA</b>	6,68	7,29	129,01	18,15	10,18	6,515

<b>DESVIACION ESTANDAR</b>						
<b>PUNTOS</b>	<b>OD [mg/L]</b>	<b>pH</b>	<b>CE [<math>\mu</math>s/cm]</b>	<b>REDOX [mV]</b>	<b>T [°C]</b>	<b>SULFATOS [mg/L]</b>
<b>A1</b>	0,32	0,12	24,59	14,44	1,30	1,97
<b>A2</b>	0,67	0,27	19,47	16,67	1,73	2,40
<b>A3</b>	3,65	0,23	76,91	108,56	1,82	2,11
<b>A4</b>	0,35	0,24	47,03	71,49	2,15	3,76
<b>A5</b>	0,66	0,53	187,67	38,41	2,64	4,20
<b>A6</b>	0,49	0,46	25,18	30,44	2,14	1,69
<b>A7</b>	0,32	0,06	19,24	22,28	1,51	2,03
<b>A8</b>	0,17	0,33	16,71	53,80	1,87	2,56
<b>A9</b>	0,28	0,17	17,56	61,38	1,83	0,65
<b>A10</b>	0,34	0,44	24,15	45,73	1,82	1,58
<b>BOYA</b>	1,05	0,25	14,85	44,65	1,24	1,34

Mediante el análisis de las medias de los parámetros fisicoquímicos se puede realizar el análisis clúster, con el fin de encontrar diferencias y similitudes entre los puntos muestreados en el embalse.

La desviación estándar nos indica la distancia que se encuentran los datos con respecto de la media, algunos datos resultan con DE muy alta por la diferencias encontradas durante los diferentes meses de muestreo, estos contrastes nos dan a conocer que los afloramientos de agua subterránea y los datos de embalse sufren cambios hidroquímicos a lo largo del año.

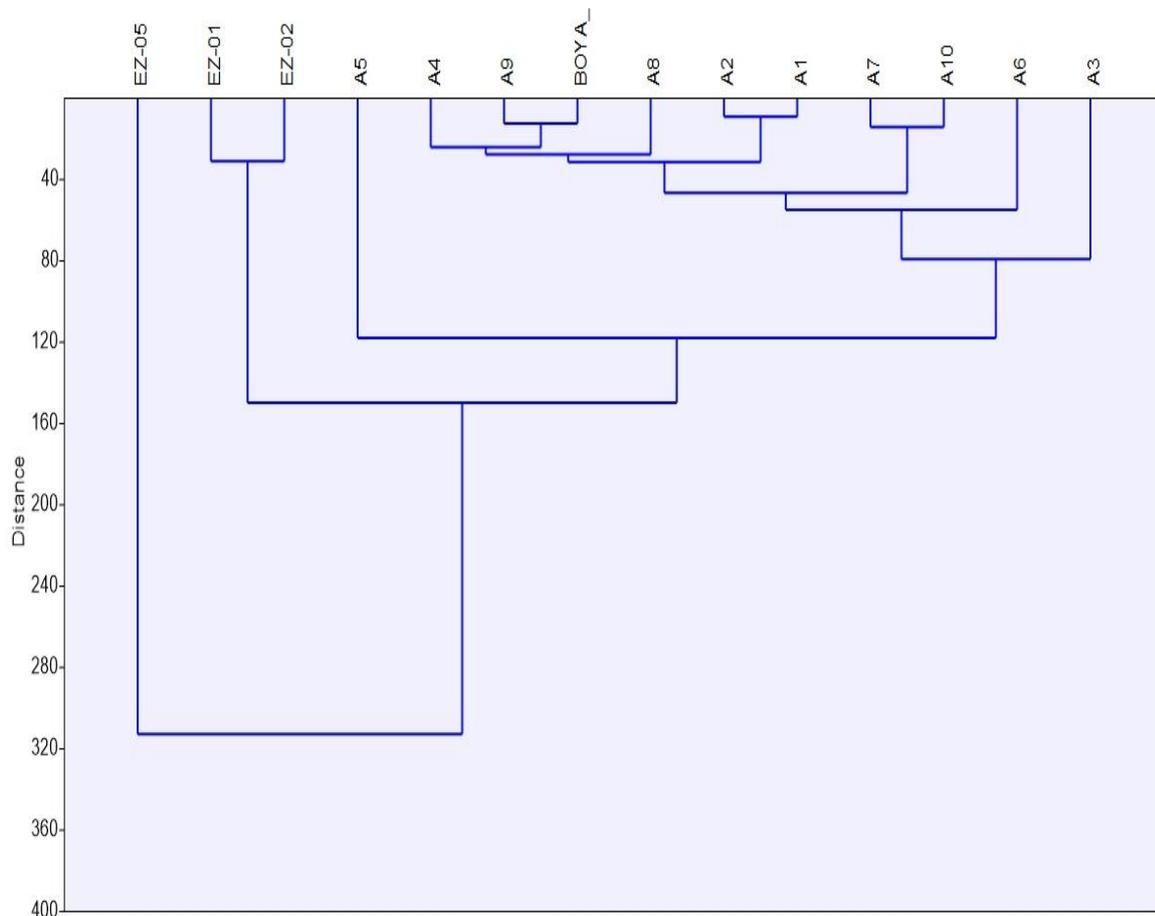


Por lo tanto, en el gráfico de análisis estadístico Clúster se puede evidenciar que:

- Tienen similitud los aportantes A1 y A2 por su cercanía y origen del agua que transportan estos dos tributarios.
- Se asemejan fisicoquímicamente los puntos A7 y A10 en donde son ubicaciones totalmente contrarias, este fenómeno se produjo por los caudales de los aportantes que se evidencio en campo, y por el simple hecho de que el embalse se encuentra en estado de mezcla.
- Finalmente, los últimos puntos más similares son el A9 con la Boya, por su cercana ubicación entre estos dos puntos y porque el embalse esta es etapa de mezcla, por lo tanto, en el centro encontraremos casi siempre las mismas propiedades fisicoquímicas.
- El punto más diferente refiriéndonos al quimismo es el A5 por su constante influencia subterránea termal, que provoca cambios en su composición fisicoquímica, y que lo caracteriza como el menos parecido a todos los otros aportantes.

### *Comparación Embalse vs. Afloramientos de agua subterránea*

Se ingresaron al Software PAST los resultados estadísticos obtenidos por el cálculo de la media, y por análisis Clúster se responde a nuestra hipótesis planteada. Por lo tanto, el dendograma resultado de esta manera:



Se puede observar claramente, mediante las distancias graficadas, prácticamente lo mismo que se vio en los dendogramas anteriores. La única diferencia es que el gráfico responde visiblemente que el punto EZC-05 es totalmente diferente a todos los puntos muestreados durante estos meses.

El punto EZC-05 tiene condiciones fisicoquímicas únicas a comparación de los otros puntos muestreados, su influencia intermitente hacia el embalse se traduce en la generación de procesos de dilución extremadamente rápida, la misma que cambia totalmente las características que podría aportar hidroquímicamente el EZC-05 al embalse.

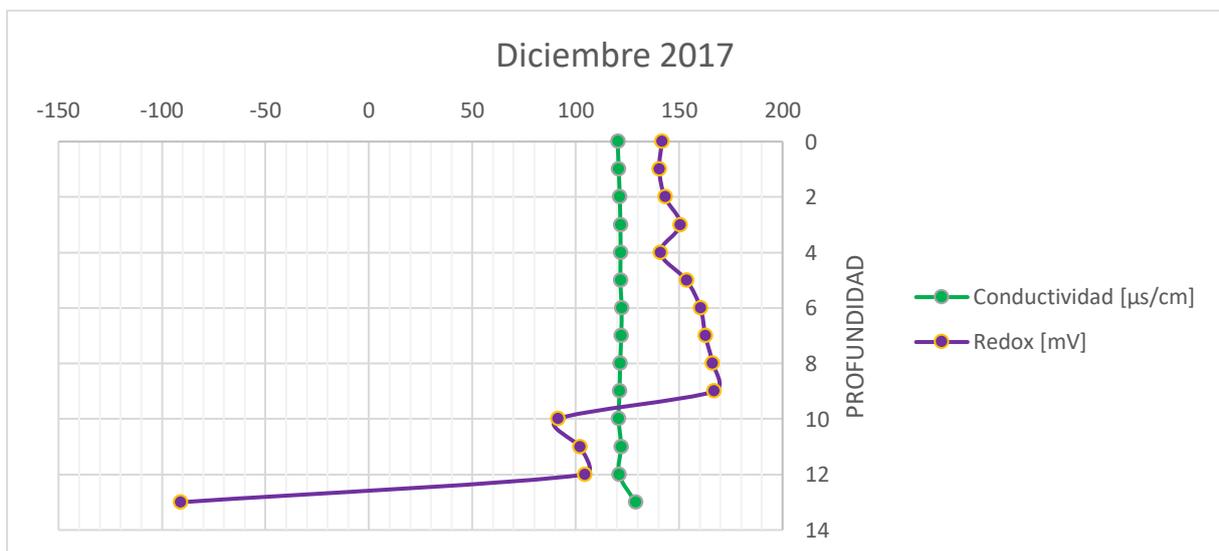
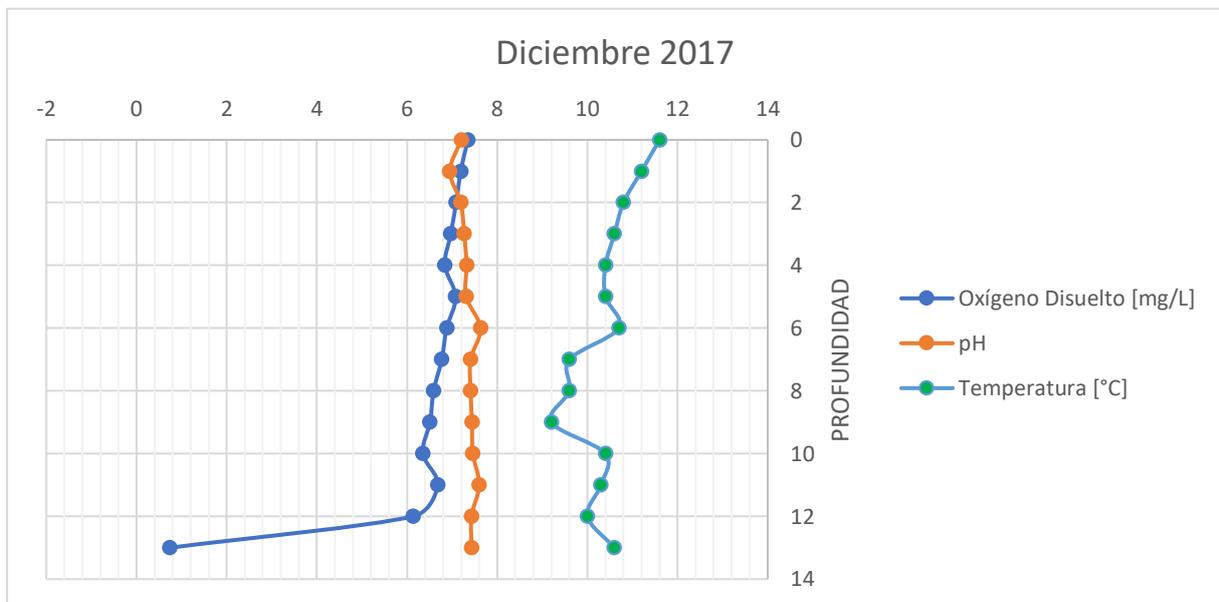
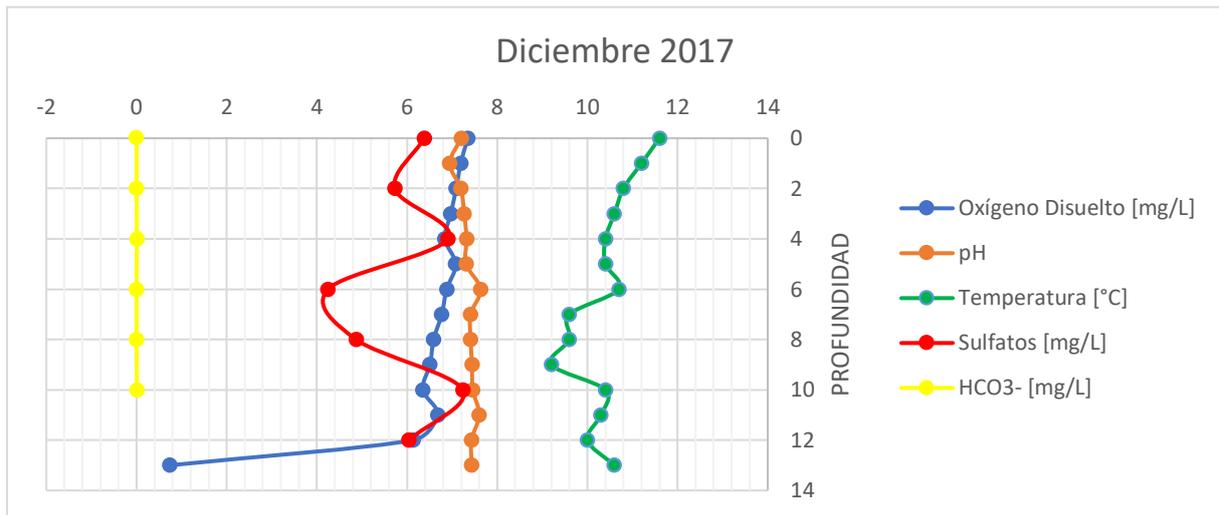
Según el dendograma los puntos A5, A4, Boya y A8 tienen similitudes fisicoquímicas por diferentes razones como son la cercanía entre los puntos, el estado de mezcla del embalse y las condiciones meteorológicas observadas durante el muestreo en campo.

### ***Perfiles Hidroquímicos***

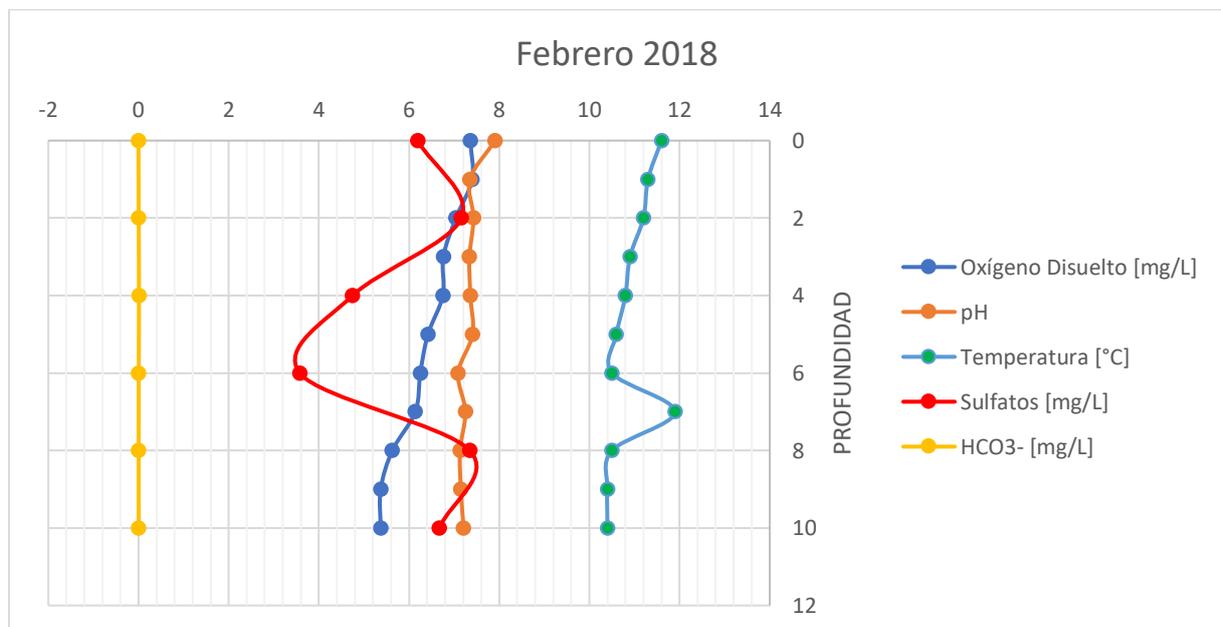
Parte de este estudio indica el comportamiento del embalse, porque este cuerpo de agua puede estar en procesos de estratificación o mezcla, por lo que estas dos etapas pueden cambiar las propiedades fisicoquímicas del embalse durante las diferentes épocas del año.

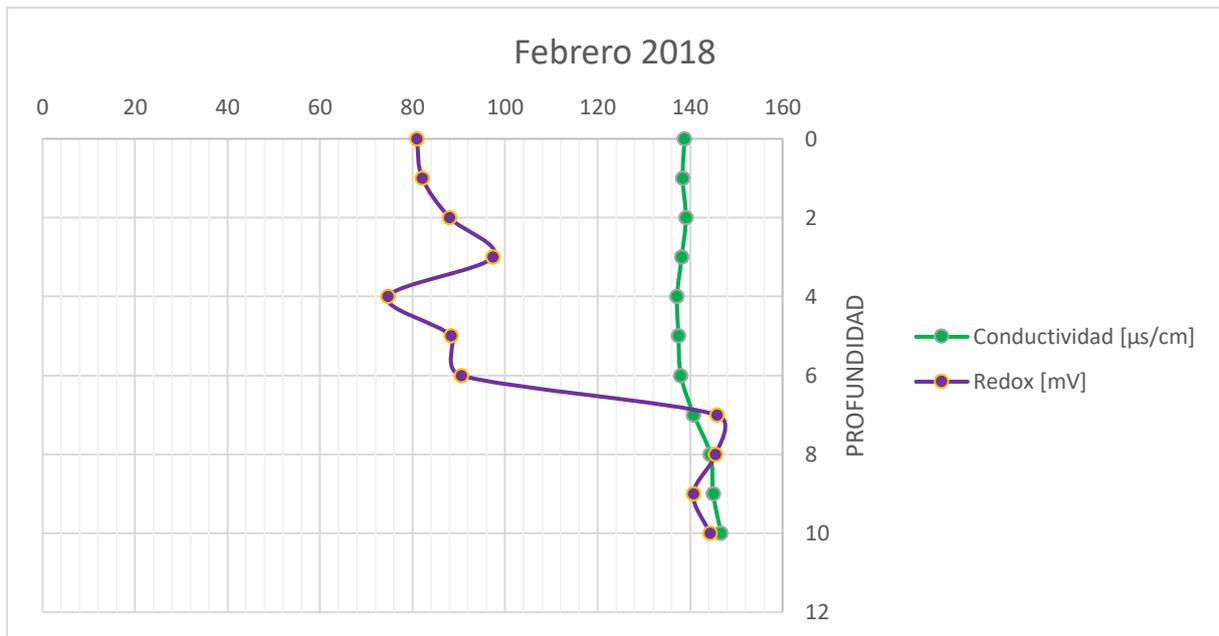
Aunque no se tiene datos meteorológicos, durante los muestreos realizados se observó que el embalse se encontraba en época de poca precipitación, teniendo una profundidad mínima de 8 metros y una máxima de 13 metros, durante el tiempo que se obtuvieron los datos.

A continuación, se interpretaron los gráficos obtenidos en los meses de muestreo:

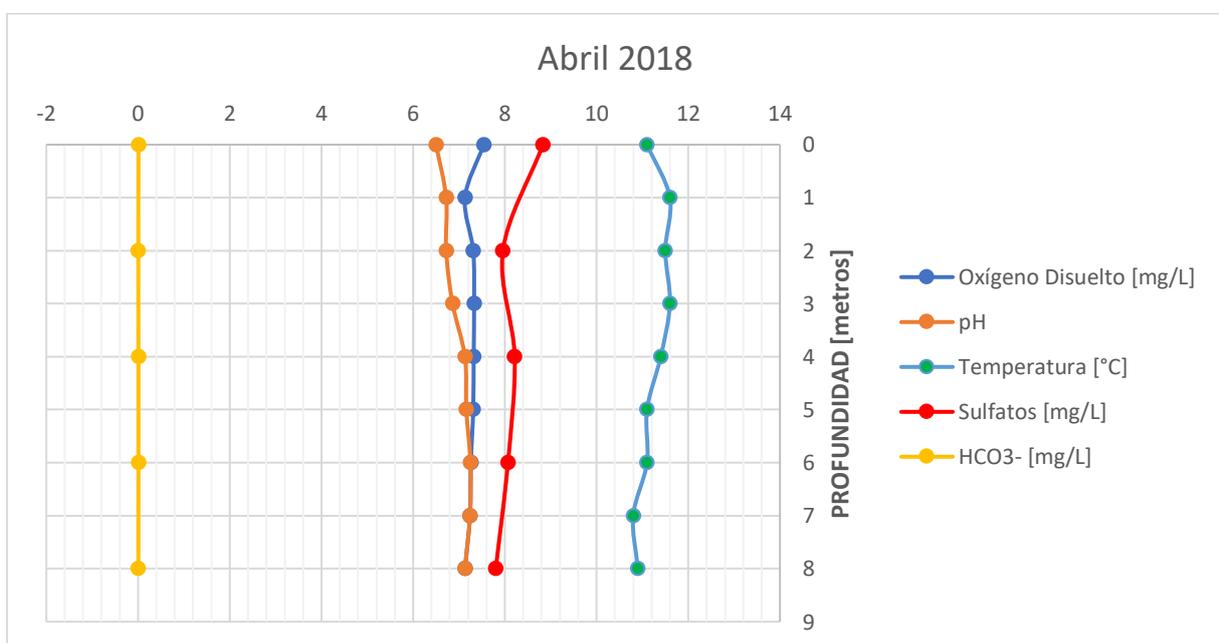


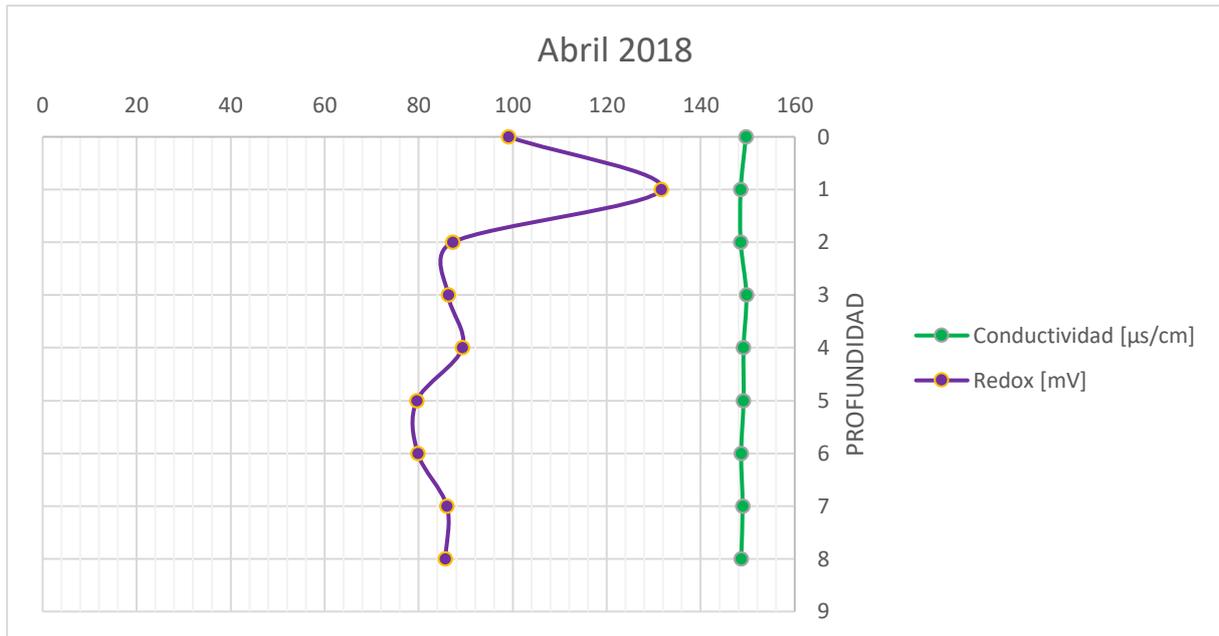
En el mes de diciembre el embalse se encuentra en fase de mezcla, se define esta etapa por las condiciones fisicoquímicas demostrada en los gráficos de perfiles hidroquímicos. Aunque se aprecian cambios en los gráficos a lo largo de la columna de agua, en realidad son mínimos, por esto se considera que el embalse tiene condiciones muy parecidas en las diferentes profundidades. Con respecto al parámetro redox podemos observar que cambia bruscamente, este cambio de oxidación a reducción se da principalmente porque que en el muestreo la sonda entra en contacto con el sedimento lo cual nos indica la profundidad total del embalse en esa época del año.





En febrero se puede encontrar una representación gráfica con líneas prácticamente rectas, por lo tanto, se puede decir que el embalse se encuentra en estado de mezcla. Únicamente tiene variaciones representativas en el potencial redox, lo que sucede casi siempre cuando la sonda llega al fondo del embalse y se topa el sedimento, eso hace que las mediciones de redox cambien totalmente.

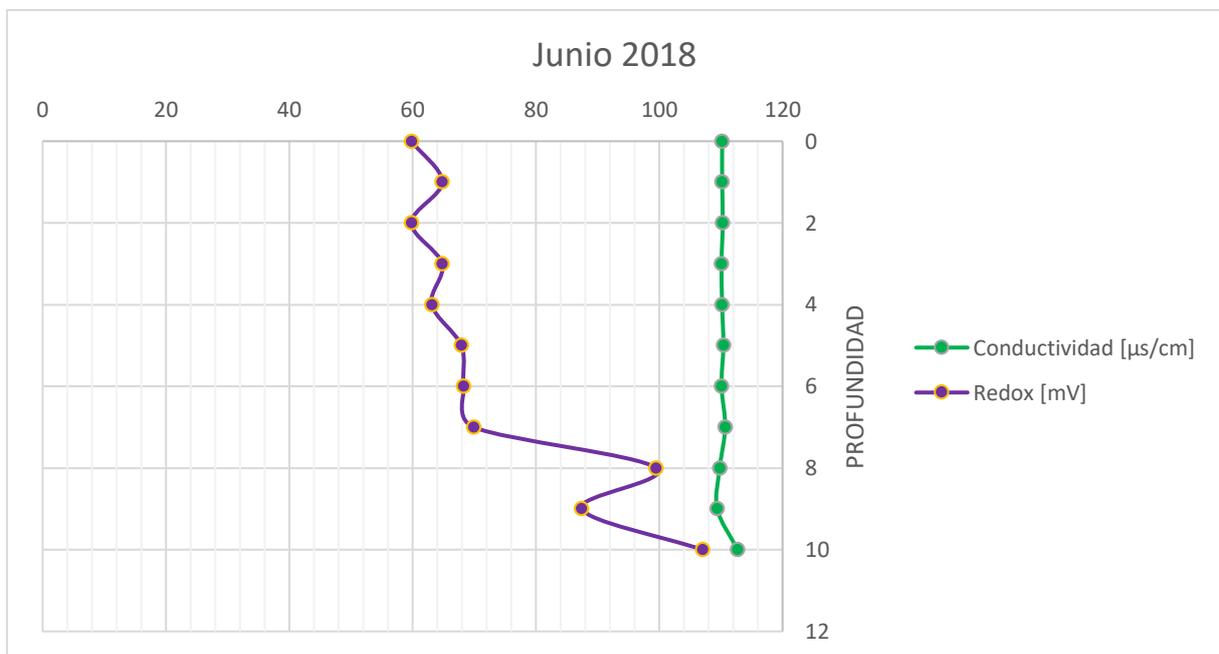
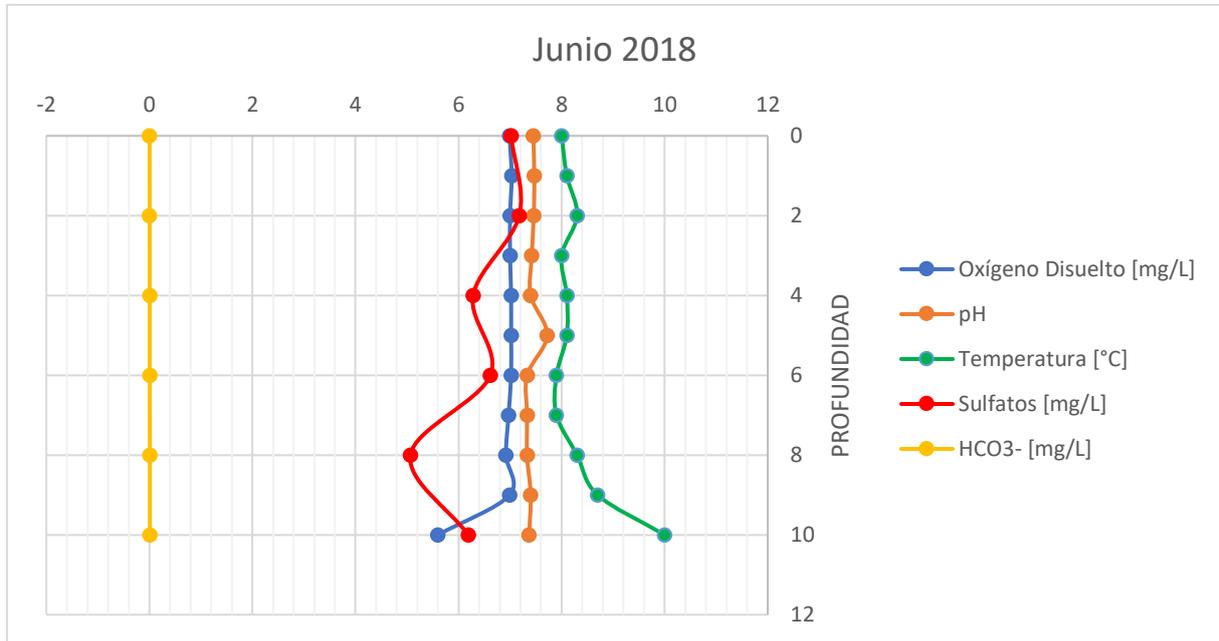




El mes de abril es el más claro para poder verificar que el embalse se encuentra en estado de mezcla, son líneas prácticamente rectas. En este muestreo el nivel del agua fue el menos profundo de todos, se muestreo el embalse con 8 metros de columna de agua en la parte más profunda. Esta poca profundidad crea un movimiento mas continuo del sedimento, por esta razón la conductividad se elevo de una media de 138  $\mu\text{s}/\text{cm}$  a 148  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

El proceso de mezcla se vuelve más efectivo cuando el embalse se encuentra en época de baja precipitación, porque pueden influir factores meteorológicos y el caudal de entrada al embalse por parte de los aportantes. En este mes encontramos la conductividad más alta de todos los muestreos con una media de 149  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , este pequeño aumento se dio porque, al estar el embalse con menor profundidad, el sedimento puede mezclarse con mayor facilidad con el agua y de esta manera modifica las condiciones fisicoquímicas haciendo el agua más salina y mineralizada.

Con esta profundidad se facilita el muestreo y se puede evidenciar la existencia de afloramientos de agua que se encuentra por debajo del embalse, por lo tanto, la dilución de esos aportantes subterráneos es menor a comparación de las otras épocas del año, y de esta manera cambiado ligeramente las condiciones hidroquímicas del embalse.



Finalmente se observa que el embalse se encuentra en etapa de mezcla, en todos los meses muestreados, por los bajos cambios en los parámetros fisicoquímicos. Si tomamos en cuenta los gráficos con las tablas podemos definir que los cambios que se producen a diferentes profundidades son mínimos durante la época que se muestreo.

Esta fase de mezcla se puede dar por diferentes condiciones ambientales y meteorológicas, en el estudio se puede evidenciar que se produce una mezcla completa por la época de estiaje que sufre el embalse en los meses de muestreo. En época de precipitación alta el embalse debe tener una profundidad media de 18 metros, con próximos estudios de los perfiles hidroquímicos se podrá apreciar si en realidad la columna de agua llega a estratificarse.

## **Discusión**

La dilución que sufre, el agua subterránea al entrar al embalse, es inmediata, por esta razón no encontramos una influencia química representativa de los afloramientos de agua subterránea en la represa. Esta influencia depende mucho del caudal que pueda aportar los afloramientos de agua subterránea, por esta razón en el futuro se deberá incluir el estudio del caudal de las surgencias.

El embalse depende mucho de la precipitación, cuando es una época de seca, el embalse toma características hidroquímicas diferentes, la represa empieza a tomar condiciones muy parecidas a las de sus aportantes hídricos, e incluso se puede comentar que la fuerza de entrada de estos tributarios hace que el embalse pueda mejorar su estado de mezcla.

La mayoría de afloramientos de agua subterránea encontrados en el muestreo serán termales por las condiciones geológicas e hidrogeológicas mencionadas anteriormente. Es importante mencionar que la mayoría de estas surgencias se encuentran entre el aportante 3 y 4 por su cercanía a cadenas montañosas, posteriormente se encontraron ojos de agua en el aportante 5 lo que no indica que el terreno donde se ubica el embalse posee gran cantidad de

fallas producto de la sísmica, que crea un flujo abrupto desde las capas subterráneas hacia la superficie, por esta razón el agua tiene temperaturas elevadas.

En comparación con embalses de alta montaña vemos que el embalse posee una conductividad eléctrica coherente con respecto a otros estudios, las condiciones ambientales que existe en esta zona crea propiedades hidroquímicas únicas, además que la represa tiene propiedades alcalinas con alta cantidad de bicarbonatos y baja cantidad de carbonatos (Mazo-B. et al., 2015).

Se encontró gran cantidad de afloramientos subterráneos de carácter termal, los cuales se dan principalmente por fallas en la geología del terreno, las condiciones hidroquímicas de las surgencias entran en la media de conductividad eléctrica de los acuíferos antes estudiados que son entre 1000 y 7000  $\mu\text{s/cm}$ , potencial redox de entre 30 y -170 mV y temperaturas de entre 40 y 60 °C (Masabanda, 2017).

## **Conclusiones**

Mediante análisis multivariable de Clúster se pudo definir que las características fisicoquímicas obtenidas son diferentes al momento de comparar el embalse con los afloramientos de agua subterránea. Estas semejanzas se producen por el estado de mezcla que se encuentra el embalse, puntos que no están cercanos tienen características fisicoquímicas similares.

En los perfiles hidroquímicos se observa claramente que, durante los meses de muestreo, el embalse se encuentra en etapa de mezcla, además de que en la zona más profunda se presume que no existe influencia de agua subterránea que afecte las características fisicoquímicas del embalse.

Existe una influencia intermitente por parte de los afloramientos de agua subterránea hacia el embalse, esto se puede evidenciar por los datos obtenidos en los diferentes muestreos,

donde el embalse posee una temperatura media de 8 °C, conductividad eléctrica de entre 120 y 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un rango de sulfatos que varía entre los 6 y 8 ppm. Mientras que las surgencias tienen características fisicoquímicas como temperatura que varía entre 40 y 50 °C, conductividad eléctrica de 3 a 4  $\text{mS}/\text{cm}$  y sulfatos entre 80 y 120 ppm.

Por estas razones se concluye que los afloramientos de agua subterránea no afectan la hidroquímica del embalse de Salve Faccha. Por los datos medidos y las observaciones realizadas en los muestreos se puede evidenciar que los caudales de los afloramientos de agua no son representativos para que pueda afectar los parámetros del embalse. En el tiempo que se muestreó no se encontró características diferentes a las de un embalse de alta montaña. Este embalse posee características alcalinas y depende mucho de las condiciones meteorológicas para que surjan cambios hidroquímicos.

## **Bibliografía:**

- Ayala, D., & Cathme, D. (2016). ANÁLISIS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS Y GOLPE DE ARIETE DE TUBERÍAS LARGAS EN EL PROYECTO SALVE FACCHA.
- Charro, C. (2002). FACCHA , DENTRO DE LA RESERVA CAYAMBE - COCA.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D 'elia, M., Paris, M., & Washington, B. M. (2002). Evaluación y Control de los Peligros de Contaminación del Agua Subterránea. In *PROTECCIÓN DE LA CALIDAD del agua subterránea guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.*
- González, E. J., Carrillo, V., & Peñaherrera, C. (2004). Características físicas y químicas del embalse agua fria (Parque Nacional Macarao, Estado Miranda, Venezuela). *Acta Científica Venezolana*, 55(3), 225–236.
- Larrea, O., & Arias, N. (1990). Presa Salve Faccha. *EPMAPS*, 1–8.
- Masabanda, B. (2017). Estudio de fuentes termales, fallas geológicas, descarga de calor en la caldera de Chacana y el aprovechamiento actual de los recursos geotermicos. *Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingenieria En Geología Y Petroleos*. Retrieved from <http://www.epn.edu.ec/institucion/ubicacion-geografica/>
- Mazo-B., D., Ramírez-Restrepo, J. J., & Díaz-C., A. (2015). Caracterización física y química del embalse Riogrande II (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 37(103), 155–168. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a04>
- Morales, R. (2014). GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE QUINGEO Actualización del Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Quingeo. Retrieved from <http://app.sni.gob.ec/sni->

link/sni/PORTAL\_SNI/data\_sigad\_plus/sigadplusdocumentofinal/0160026150001\_PDO  
T QUINGEO 2015\_unificado 3\_30-10-2015\_10-31-06.pdf

Ordoñez, J. (2011). Aguas Subterráneas — Acuíferos. *Sociedad Geografica de Lima*, 2–44.

Retrieved from <http://www.gwp.org/Global/GWP->

[SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Aguas\\_Subterraneas.pdf](#)

ANEXOS

ANEXO A

Tabla 1

MUESTREO NOVIEMBRE												
Punto	Ph	CE [μS/cm]	OD [mg/L]	REDOX [Mv]	T° [°C]	Coordenadas UTM		DESCRIPCIÓN	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TOTAL [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
EZC-01	7,54	58,2	3,12	124,4	10,8	816948	9973789		1,8	0,0025	0,005	-0,0025
EZC-02	6,94	7,03	0,88	65,8	8,3	816871	9973496		10,5	0,0015	0,003	-0,0015
EZC-05	7,01	3,04	0	-294,4	53,2	814788	9974233	TERMAL	80	0,0065	0,012	-0,0055

**Tabla 2**

MUESTREO ENERO												
Punto	Ph	CE [μS/cm]	OD [mg/L]	REDOX [Mv]	T° [°C]	Coordenadas UTM		DESCRIPCIÓN	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TOTAL [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
EZC-01	7,21	30,8	6,82	40,5	8,9	816948	9973789	MONITOREADO	1,755	0,0015	0,005	-0,0035
EZC-02	6,57	23,2	6,84	16,5	8,2	816871	9973496	MONITOREADO	0,725	0,0005	0,005	-0,0045
EZC-05	7,15	4,02	0	-167,1	48,9	814788	9974233	TERMAL GRANDE	105,3	0,0095	0,005	0,0045

**Tabla 3**

MIESTREO MARZO												
Punto	Ph	CE [μS/cm]	OD [mg/L]	REDOX [Mv]	T° [°C]	Coordenadas UTM		DESCRIPCIÓN	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TOTAL [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
EZC-01	8,09	52,5	6,51	-32	12,3	816948	9973789	MONITOREADO	3,407	0,001	0,005	-0,004
EZC-02	7,75	56,1	4,55	-47,8	10,6	816871	9973496	MONITOREADO	4,508	0,001	0,009	-0,008
EZC-05	6,98	3,78	0	-248,2	56	814788	9974233	TERMAL GRANDE	112,05	0,0075	0,01	-0,0025

**Tabla 4**

MIESTREO MAYO												
Punto	Ph	CE [μS/cm]	OD [mg/L]	REDOX [Mv]	T° [°C]	Coordenadas UTM		DESCRIPCIÓN	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TOTAL [EQ/L]	HCO3- [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
<b>EZC-01</b>	5,94	29,9	6,11	120,6	9,6	816948	9973789	MONITOREADO	0,16	0,001	0,005	-0,004
<b>EZC-02</b>	6,18	26,9	6,08	120,6	8,5	816871	9973496	MONITOREADO	0,126	0,0025	0,004	-0,0015
<b>EZC-05</b>	6,06	3,55	0	-144,9	53,4	814788	9974233	TERMAL GRANDE	126	0,013	0,007	0,006

## ANEXO B

**Tabla 1**

MUESTREO DICIEMBRE											
PUN TO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [μs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIO NES	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TO [EQ/L]	HCO3- [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
A1	SUPERFICI	7,48	7,71	120,01	54,7	11,5	APORTANTE 1	8,841	0,002	0,005	-0,003
A2	SUPERFICI	7,27	6,86	117,5	67,9	14,7	APORTANTE 2	7,159	0,0015	0,001	0,0005
A3	SUPERFICI	7,36	7,13	273	137,9	11,5	APORTANTE 3	6,23	0,0015	-0,001	0,0025
A4	SUPERFICI	7,19	7,03	141,1	144,5	10,6	APORTANTE 4	5,286	0,0035	0,005	-0,0015
A5	SUPERFICI	7,23	6,44	498	124,8	10,7	APORTANTE 5	6,872	0,001	0,004	-0,003
A6	SUPERFICI	6,71	6,32	145	113,2	13,3	APORTANTE 6	7,449	0,001	0,006	-0,005
PUN TO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [μs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIO NES	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TO [EQ/L]	HCO3- [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
BOY A 1	0	7,35	7,2	120,3	141,7	11,6		6,384	0,002	0,005	-0,003
BOY A 1	1	7,19	6,95	120,8	140,4	11,2					
BOY A 1	2	7,09	7,19	121,3	143,1	10,8		5,728	0,0025	0,005	-0,0025
BOY A 1	3	6,97	7,27	121,6	150,5	10,6					
BOY A 1	4	6,84	7,32	121,7	140,9	10,4		6,911	0,0015	0,009	-0,0075
BOY A 1	5	7,08	7,31	121,6	153,6	10,4					
BOY A 1	6	6,88	7,63	122,2	160,3	10,7		4,249	0,003	0,001	0,002

BOY A 1	7	6,77	7,41	122	162,7	9,6					
BOY A 1	8	6,59	7,41	121,5	166,1	9,6		4,87	0,002	0,004	-0,002
BOY A 1	9	6,51	7,44	121,2	166,9	9,2					
BOY A 1	10	6,35	7,46	120,8	91,4	10,4		7,236	0,0025	0,009	-0,0065
BOY A 1	11	6,68	7,6	121,9	101,9	10,3					
BOY A 1	12	6,13	7,43	121	104,3	10		6,042	0,002	0	0,002
BOY A 1	13	0,74	7,43	128,9	-91,1	10,6					

Tabla 2

MUESTREO FEBRERO											
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [μs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TO [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
A1	SUPERFICI	7,56	7,54	135,3	72,6	11,1	APORTANTE 1	7,195	0,002	0,008	-0,006
A2	SUPERFICI	8,6	7,33	137,3	58	11,9	APORTANTE 2	7,651	0,002	0,004	-0,002
A3	SUPERFICI	0,07	7,62	235	-114,7	12,6	APORTANTE 3	9,695	0,0015	-0,001	0,0025
A4	SUPERFICI	6,55	7,12	198,3	10,1	11,7	APORTANTE 4	3,439	0,002	0,008	-0,006
A5	SUPERFICI	6,06	7,14	214	42,5	12	APORTANTE 5	9,503	0,0015	0,01	-0,0085
A6	SUPERFICI	7,16	7,29	147	107,3	11,7	APORTANTE 6	7,939	0,002	0,01	-0,008
A7	SUPERFICI	7,59	7,48	138	77,6	11,2	ENTRE 1-2	8,075	0,0015	0,001	0,0005
A8	SUPERFICI	7,49	7,77	137,6	46,4	11,3	ENTRE 2-3	8,983	0,003	0,007	-0,004
A9	SUPERFICI	7,5	7,26	141,8	42,5	12	ENTRE 3-4	7,29	0,002	0,003	-0,001
A10	SUPERFICI	6,83	8,09	161,8	35,8	12	ENTRE 5-6	6,922	0,0015	0,002	-0,0005
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [μs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCAL TO [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
BOYA 1	0	7,36	7,91	138,8	80,9	11,6		6,192	0,002	-0,002	0,004
BOYA 1	1	7,4	7,35	138,4	82,1	11,3					
BOYA 1	2	7,04	7,43	139,1	88	11,2		7,162	0,0015	0,005	-0,0035
BOYA 1	3	6,76	7,34	138,2	97,4	10,9					
BOYA 1	4	6,75	7,36	137,2	74,7	10,8		4,747	0,0025	0,01	-0,0075
BOYA 1	5	6,42	7,41	137,5	88,4	10,6					
BOYA 1	6	6,25	7,09	138	90,5	10,5		3,576	0,0015	0,006	-0,0045
BOYA 1	7	6,14	7,25	140,8	145,8	11,9					
BOYA 1	8	5,63	7,13	144,4	145,5	10,5		7,348	0,002	0,004	-0,002
BOYA 1	9	5,37	7,15	145	140,7	10,4					
BOYA 1	10	5,37	7,21	146,7	144,3	10,4		6,676	0,0025	0,005	-0,0025

Tabla 3

MUESTREO ABRIL											
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [µs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCALI TO [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
A1	SUPERFICI	6,84	7,74	142,1	50,8	10,8	APORTANTE 1	8973	0,0005	0,011	-0,0105
A2	SUPERFICI	7,45	7,36	138,1	32	11,4	APORTANTE 2	10,286	0,001	0,004	-0,003
A3	SUPERFICI	7,45	7,16	145	-47,5	12,9	APORTANTE 3	8,757	0,0015	0,006	-0,0045
A4	SUPERFICI	6,67	6,61	150,6	-11,9	13,2	APORTANTE 4	9,227	0,001	0,005	-0,004
A5	SUPERFICI	6,07	5,88	228	44,7	14,1	APORTANTE 5	1,892	0,001	0,004	-0,003
A6	SUPERFICI	7,9	7,11	134,4	46,2	12,1	APORTANTE 6	6,403	0,0015	0,002	-0,0005
A7	SUPERFICI	7,59	7,45	145,1	37	11,9	ENTRE 1-2	8,955	0,0015	0,002	-0,0005
A8	SUPERFICI	7,61	7,36	145,7	20,7	12,8	ENTRE 2-3	8,572	0,001	0,001	0
A9	SUPERFICI	7,75	7,21	146,9	12,7	12,3	ENTRE 3-4	7,79	0,0015	0,006	-0,0045
A10	SUPERFICI	7,64	7,15	149,1	61,6	11,7	ENTRE 5-6	8,715	0,002	0,003	-0,001
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [µs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCALI TO [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
BOYA 1	0	7,54	6,5	149,6	99,1	11,1		8,831	0,001	0,009	-0,008
BOYA 1	1	7,13	6,72	148,5	131,6	11,6					
BOYA 1	2	7,31	6,72	148,5	87,2	11,5		7,958	0,0015	0,006	-0,0045
BOYA 1	3	7,33	6,86	149,7	86,3	11,6					
BOYA 1	4	7,32	7,13	149,1	89,3	11,4		8,215	0,001	0,008	-0,007
BOYA 1	5	7,31	7,16	149,1	79,6	11,1					
BOYA 1	6	7,26	7,25	148,6	79,8	11,1		8,068	0,0015	0,008	-0,0065
BOYA 1	7	7,24	7,24	148,9	86	10,8					
BOYA 1	8	7,13	7,13	148,6	85,7	10,9		7,802	0,002	0,007	-0,005

Tabla 4

MUESTREO JUNIO											
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [µs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCALI [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
A1	SUPERFICI	7,35	7,5	86,9	37,6	8,6	APORTANTE 1	4,733	0,0025	0,005	-0,0025
A2	SUPERFICI	7,13	7,48	97	38,7	10,8	APORTANTE 2	12,299	0,002	0,002	0
A3	SUPERFICI	7,32	7,43	107,5	30,6	8,9	APORTANTE 3	5,178	0,0015	0	0,0015
A4	SUPERFICI	7,23	6,75	83,7	11,1	8,1	APORTANTE 4	0,21	0,0015	-0,009	0,0105
A5	SUPERFICI	7,2	6,72	44	64,6	7,8	APORTANTE 5	0,534	0,0015	0,004	-0,0025
A6	SUPERFICI	7,34	7,28	93	82,9	8,3	APORTANTE 6	4,126	0,001	0,006	-0,005
A7	SUPERFICI	7,03	7,56	108,8	41,4	9	ENTRE 1-2	5,084	0,0025	0,012	-0,0095
A8	SUPERFICI	7,23	7,89	108,7	42,4	8,4	ENTRE 2-3	3,4	0,002	0,005	-0,003
A9	SUPERFICI	7,16	7,35	109,6	8,9	8,3	ENTRE 3-4	6,509	0,0015	0	0,0015
A10	SUPERFICI	7,11	7,3	109,6	80,3	8	ENTRE 5-6	5,134	0,002	0,008	-0,006
PUNTO	Profundidad [m]	OD [mg/L]	pH	CE [µs/cm]	REDOX [mV]	T [°C]	OBSERVACIONES	SULFATOS [mg/L]	ALCALI [EQ/L]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]
BOYA 1	0	6,99	7,45	110,2	59,8	8		7,02	0,002	0,004	-0,002
BOYA 1	1	7,03	7,47	110,2	64,8	8,1					
BOYA 1	2	7	7,46	110,3	59,8	8,3		7,177	0,002	0,005	-0,003
BOYA 1	3	7	7,42	110,1	64,8	8					
BOYA 1	4	7,02	7,4	110,2	63,1	8,1		6,283	0,001	0,007	-0,006
BOYA 1	5	7,02	7,72	110,4	67,9	8,1					
BOYA 1	6	7,02	7,33	110,1	68,3	7,9		6,618	0,0025	0,007	-0,0045
BOYA 1	7	6,97	7,33	110,7	69,9	7,9					
BOYA 1	8	6,92	7,33	109,8	99,5	8,3		5,066	0,0015	0,001	0,0005
BOYA 1	9	6,99	7,4	109,4	87,4	8,7					
BOYA 1	10	5,6	7,37	112,7	107	10		6,19	0,002	0,01	-0,008

