

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA  
DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN  
HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA  
BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**SEBASTIAN ANDRES CHIRIBOGA JERVIS**

Director del proyecto:

**Miguel Martínez-Fresneda Mestre Ph.D.**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Quito, 27 de julio de 2017



### DECLARACION JURAMENTADA

Yo, SEBASTIAN ANDRES CHIRIBOGA JERVIS, con cédula de identidad # 1723122758, 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.



1723122758  
FIRMA Y CÉDULA

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**SEBASTIAN ANDRES CHIRIBOGA JERVIS**

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



**FIRMA**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**IVONNE CARRILLO**

**FABIO VILLALBA**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, 27 de JULIO de 2017

## **DEDICATORIA**

A mi padre, mis hermanos, y mi sobrina.

A todos los alumnos y profesores de la Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales de la  
Universidad Internacional SEK.

## **AGRADECIMIENTO**

A Miguel Martínez-Fresneda, por su colaboración permanente durante el periodo de investigación, y por su gran labor como docente.

A Ivonne Carrillo, por el tiempo brindado en asesorías para trabajos de laboratorio.

A Fabio Villalba, por impartir conocimientos y experiencias académicas en sus cátedras dictadas y durante la realización del presente trabajo.

A Juancarlos Navarro, por la trasmisión de conocimientos sobre el método científico que fueron aplicados en los pasos iniciales del presente artículo.

A Jendry Moya y su familia, por su gran acogida, apoyo y atención prestada en la Estación Científica Amazónica Limoncocha.

A Martín Hernández, por su ayuda en el manejo del software Surfer 8.

Finalmente, a la Universidad Internacional SEK, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de fin de carrera en la Reserva Biológica de Limoncocha

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## Resumen.

Los humedales RAMSAR son ecosistemas complejos de importancia internacional. En estas zonas, el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Tal es el caso de la Laguna de Limoncocha, localizada en la Reserva Biológica de Limoncocha (RBL) declarada como sitio Ramsar desde 1998, debido a su alta diversidad de especies lacustres. Reconociendo la necesidad de contar con información actual del humedal, el objetivo del presente trabajo es evaluar los parámetros fisicoquímicos, y los componentes mayoritarios del sistema hídrico de la RBL, que junto con la comparación de la información hidrometeorológica permitirán inferir la dinámica del quimismo de la Laguna, durante sus periodos de mezcla y estratificación. Se identificaron a criterio cinco puntos representativos del humedal: dos de ellos en las desembocaduras de los ríos afluentes y los tres restantes a lo largo de un eje transversal a la laguna. Se realizaron análisis comparativos de los parámetros medidos en perfiles hidroquímicos de los puntos mencionados. Lo que permitió sentar las bases de un modelo hidroquímico de la RBL. Se realizó una correlación de Pearson entre la profundidad y la temperatura en 5 puntos internos de la Laguna, encontrando 8 periodos de mezcla (Febrero, Marzo, Mayo, Noviembre, y Diciembre del 2016, y entre los meses de Enero, Febrero, y Marzo del 2017) y 6 de estratificación (Noviembre y Diciembre del 2015, y entre Enero, Abril, Septiembre y Octubre del 2016). El punto “Caño” presentó una estratificación química menos marcada. Se encontró que la Laguna tiene una composición alcalina sódica magnésica. Por otro lado la alta concentración de cloruros y de algunos compuestos minoritarios sugiere que pueden existir impactos de las actividades antropogénicas en la RBL.

**Palabras clave:** *Humedales, Modelos Hidroquímicos, Quimismo, ríos Afluentes, Hidrometeorológica, Ecuador.*

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## Abstract.

RAMSAR wetlands are complex ecosystems that have an international importance. In these zones, the water is the main factor that controls the habitats and biodiversities. The Limoncocha Lake located in the Biological Reserve of Limoncocha (RBL) was declared as a RAMSAR location in 1998 due to its high diversity of lake species. Recognizing the necessity to have actual information of the wetlands, the goal of this investigation is to evaluate the physicochemical parameters and the major components of the hydric system of the RBL that within the comparison of the meteorological information will be able to infer in the dynamic of the lake's chemism during its periods of stratification and mixing. For instance, five representative points of the wetlands were identified: two of them in the outfall of the affluent rivers and the other three along the transversal axis of the lake. Comparative analysis of the settings measured in the hydrochemical profiles of the mentioned points, made it possible to set a hydrochemical model of the RBL. Pearson correlation were made between the deepness and the temperature. Which suggested that the stratification periods are found between the months: November of 2015- April of 2016, September through November 2016 and January of 2017. The mixing periods were identified in the months of March, May and December of 2016 and between the months of February and March of 2017. In the point "Caño", there was found the lowest chemical stratification. Therefore in conclusion the lake has an alkaline magnesian sodic composition, which suggests that because of the high concentration of the chlorides and some minority components an impact exists in the anthropogenic activities in the RBL.

**Key words:** *wetlands, hydrochemical model, chemism, Hydrometeorology, Tributaries, Ecuador.*

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## Introducción

Los humedales RAMSAR son ecosistemas complejos de importancia internacional. En estas zonas, el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él (Ramsar S. d., 2013). Tal es el caso de la Laguna tropical de Limoncocha, localizada en la Reserva Biológica Limoncocha (en adelante RBL), la cual contiene una alta diversidad de especies lacustres y una concentración apreciable de especies raras como *Ophistocomus hoazin* y *Melanosuchus niger* (Ramsar, Information Sheet on Ramsar Wetlands, 1998). El valor de la Laguna también se potencia al ser la principal fuente proveedora de proteína para las comunidades Kichwa y Shuar ubicadas en las riberas del Río Napo (Alvarez T. , 2004).

El humedal de Limoncocha no se encuentra exento de ser vulnerable a impactos graduales del cambio climático y actividades antropogénicas. En el plan de manejo de la reserva, María Fernanda Armas y Sergio Lasso afirman:

*“La conservación en el tiempo de los valores que sustentaron la creación de la RBL no será posible, si no se incluye en la lógica de conservación a las micro cuencas relacionadas con la laguna, en donde se desarrollan una gran cantidad de procesos ecológicos que explican el valor de Limoncocha”* (Armas & Lasso, 2011).

Esta observación pone en consideración la importancia de emprender investigaciones de carácter limnológico e hidroquímico en todo el sistema hídrico de la RBL, que sirvan como fuente de consulta para robustecer el manejo de este territorio biodiverso.

Las aguas naturales adquieren su composición química mediante procesos complejos de disolución de gases y minerales, precipitación, hidrólisis, hidratación, oxidación-reducción, mezcla de aguas, intercambio iónico y complejación (Fagundo & González, 2005). Estos procesos ocurren por los distintos aportes de la atmósfera, litosfera, y biosfera, por la propiedad del agua de ser el solvente universal; y por su potencial erosivo (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005). Los conocimientos mencionados permiten al investigador describir el distinto papel que juegan los factores geológicos, hidrogeológicos,

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

climáticos, edafológicos, y antrópicos en el quimismo particular de un sistema lacustre (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005).

La ubicación geográfica de Limoncocha resulta un factor determinante en la química de la Laguna, porque en estas zonas tropicales, el sistema hídrico se encuentra dominado por ríos y las lagunas que están asociadas con inundaciones (Llames & Zagarese, 2009). Por todo ello, gran parte de la variación del nivel del agua se debe a las precipitaciones (Roldan & Ramírez, 2008). Este tipo de lagunas que se hallan en depresiones de la planicie amazónica reciben el nombre de lagos de várzeas (Roldan & Ramírez, 2008).

En la Laguna de Limoncocha, la ocurrencia de periodos secos y de alta precipitación resulta ser biológicamente más importante que las fluctuaciones de temperatura y fotoperiodos (Llames & Zagarese, 2009). Estas condiciones climáticas, junto con la morfometría y la velocidad del viento, son los factores responsables de causar la estratificación y mezcla térmica en ésta (Roldan & Ramírez, 2008).

La causa principal de la estratificación térmica se rige por la incidencia solar constante en periodos secos (Hernández M. , 2015), lo que favorece la formación de tres capas térmicas: Epilimnion, Mesolimnion e Hipolimnion, con diferentes densidades que constituyen en sí mismas una barrera física a la mezcla (Roldan & Ramírez, 2008). Simultáneamente, se generan condiciones aeróbicas en el Epilimnion y anaeróbicas en el Hipolimnion (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005).

Por otro lado, en los períodos de mezcla, se observa una homogenización en toda la columna de agua, siendo la fuente principal la precipitación y el régimen del viento (Hernández M. , 2015). Los periodos de alta precipitación en la Laguna son relevantes desde el punto de vista químico, ya que constituyen aportes de agua con disolución de gases presentes en la atmosfera, como el dióxido de carbono (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005).

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

Con base en la clasificación de Lewis, en el trabajo realizado por Martín Hernández titulado “*Variaciones fisicoquímicas temporales en la Laguna de Limoncocha, en el periodo 2012-2013*”, se determinó que la Laguna de Limoncocha es un cuerpo léntico polimíctico cálido discontinuo. Es decir, que se mezcla más de una vez por año (Hernández M. , 2015).

En aguas naturales, la mayoría de sustancias se encuentran en forma iónica (Custodio & Llamas, 1996). En el contexto de Limoncocha, los iones disueltos en la Laguna se generan por la entrada de afluentes a baja velocidad junto con la alta evaporación de la cuenca cerrada (Barona & Betancur, 2012). Como resultado de su interacción con el medio, éstos pueden precipitar y formar depósitos (Barona & Betancur, 2012). Este hecho hace pertinente reconocer la composición química y mineralógica de los sedimentos en los cuerpos hídricos de la zona, así como los valores de parámetros fisicoquímicos a diferentes perfiles hidroquímicos.

De acuerdo con (Ordóñez, 2013), en el sedimento de la Laguna predominan minerales tipo plagioclasas, moscovita, dickita, todos compuestos poco solubles (Fagundo & González, 2005). Sin embargo, los minerales arcillosos tienen una gran influencia en el quimismo lagunar, cuando acomodan fácilmente en su estructura, diferentes cationes del agua (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005). Por ello, en la interfase agua-sedimento, es mucho más frecuente el intercambio de cationes que el de aniones (Baird, 2014). Los cationes que más a menudo se enlazan con estructuras silicatadas son el magnesio, potasio, sodio y calcio (Baird, 2014). Además, la meteorización de feldespatos también cumple un papel importante en la concentración de iones del agua (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2005).

En el estudio de Carrillo (2016) el agua de la laguna presentó una facies bicarbonatada sódica y alcalina, clorurada magnésica, lo cual permitió dar una caracterización hidrogeoquímica del lugar.

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

A pesar de que existen varios estudios realizados en el sistema hídrico de la RBL, todos ellos carecen de información meteorológica y de valores de potencial redox en los perfiles hidroquímicos de la Laguna. Adicionalmente, resulta necesario dar un seguimiento a los trabajos precedentes exploratorios para verificar si han ocurrido cambios en las condiciones del humedal, y dar interpretación a los resultados reportados.

El presente estudio permitirá reducir obstáculos para una gestión de los recursos hídricos en la RBL. En Ecuador, los obstáculos persistentes en materia de gestión del agua, se encuentran en un nivel bajo de información sobre las diferentes fases del ciclo hidrológico (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2012), y en los escasos estudios sobre los humedales amazónicos del Ecuador (Hernández M. , 2015).

Es así, que los resultados del monitoreo mensual de los parámetros fisicoquímicos y de componentes mayoritarios de la Laguna de Limoncocha, de sus ríos afluentes, y de la información meteorológica durante el periodo 2015-2017, presentarán información actualizada que refleje las condiciones reales del área (Armas & Lasso, 2011), para sentar las bases de la modelación hidroquímica de la RBL. Las conclusiones generadas se fundamentarán de manera integral con información de investigaciones anteriores.

Las bases del modelo hidroquímico, servirán para que a futuro se elabore un modelo de calidad de agua que permita simular el comportamiento del cuerpo de agua de la RBL, así como el efecto que producirían sobre el mismo la carga contaminante aportada por fuentes emisoras a dicho ecosistema (Montalvo & Loza, 2006).

El objetivo del presente trabajo de investigación consiste en determinar el comportamiento del quimismo de la Laguna de Limoncocha, a través del análisis de las variaciones fisicoquímicas que han ocurrido en el periodo 2015-2017.

Con base en los conocimientos previos, se espera encontrar en los periodos más secos perfiles hidroquímicos heterogéneos mientras que en las épocas de mayor precipitación se

# **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

observará si el agua presenta un quimismo homogéneo. La estratificación será más marcada en el centro de la laguna y menos evidente en el Caño debido a la posible influencia subterránea del río Napo.

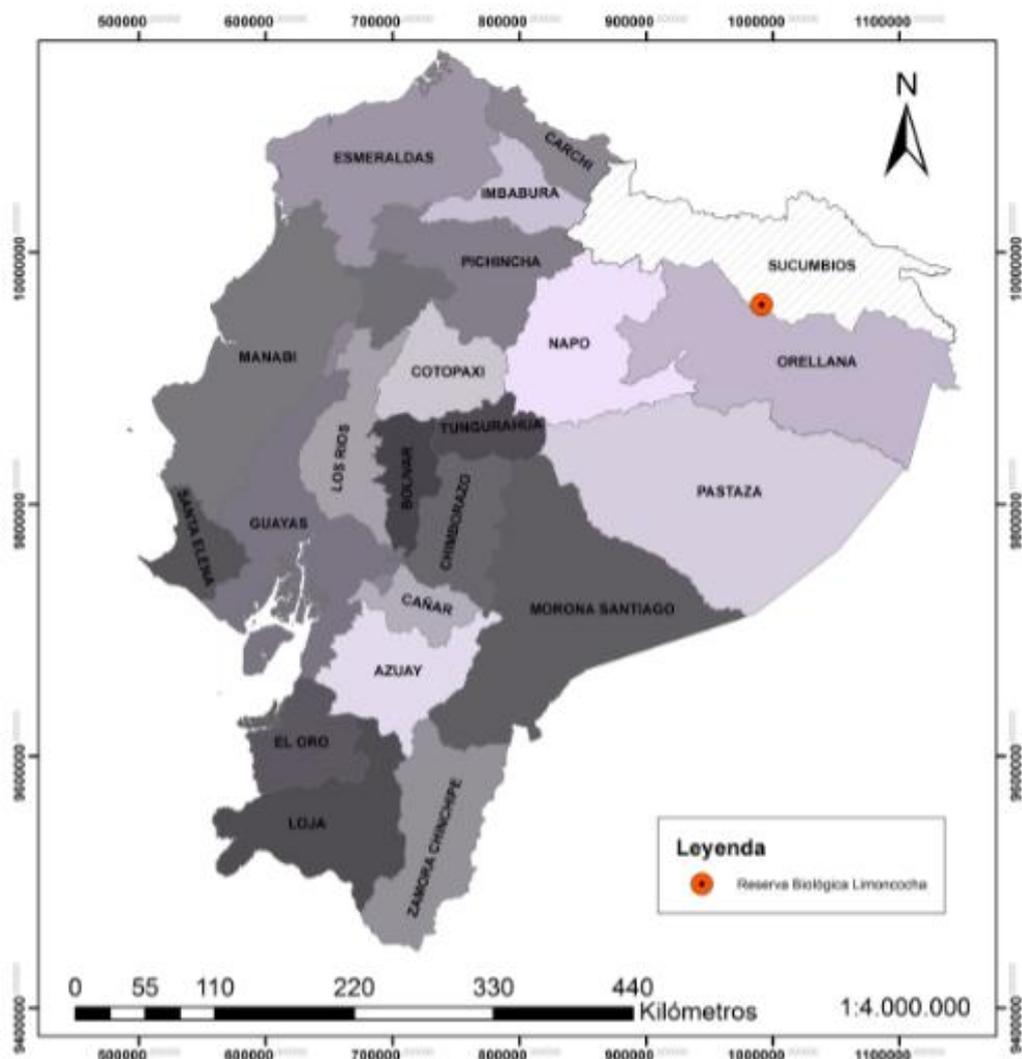
## **Materiales y Métodos**

### *Área de Estudio*

La investigación se realizó dentro de la RBL, ubicada en el nororiente de la Amazonia Ecuatoriana, parroquia Limoncocha, cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos (Armas & Lasso, 2011)(Figura I). El área se encuentra rodeada de bosque húmedo tropical con sistemas lénticos y lóticos cuyo elemento central es la Laguna de Limococha (Ordoñez, 2013).

La Laguna fue declarada sitio Ramsar desde el año 1998, dentro del grupo de humedales continentales con categoría “O” (lagos permanentes de agua dulce, de más de 8 ha, incluye brazos muertos de río) (Ramsar, Information Sheet on Ramsar Wetlands, 1998). Sus tributarios principales son el Río Playayacú y Pishira (Mosquera, 2014).

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA



## *Nivel de Estudio*

El nivel de estudio de la investigación es exploratorio bajo la modalidad de documental, ya que pretende expandir el conocimiento del quimismo de la laguna de Limoncocha a través del análisis de las variaciones espacio-temporales de parámetros fisicoquímicos.

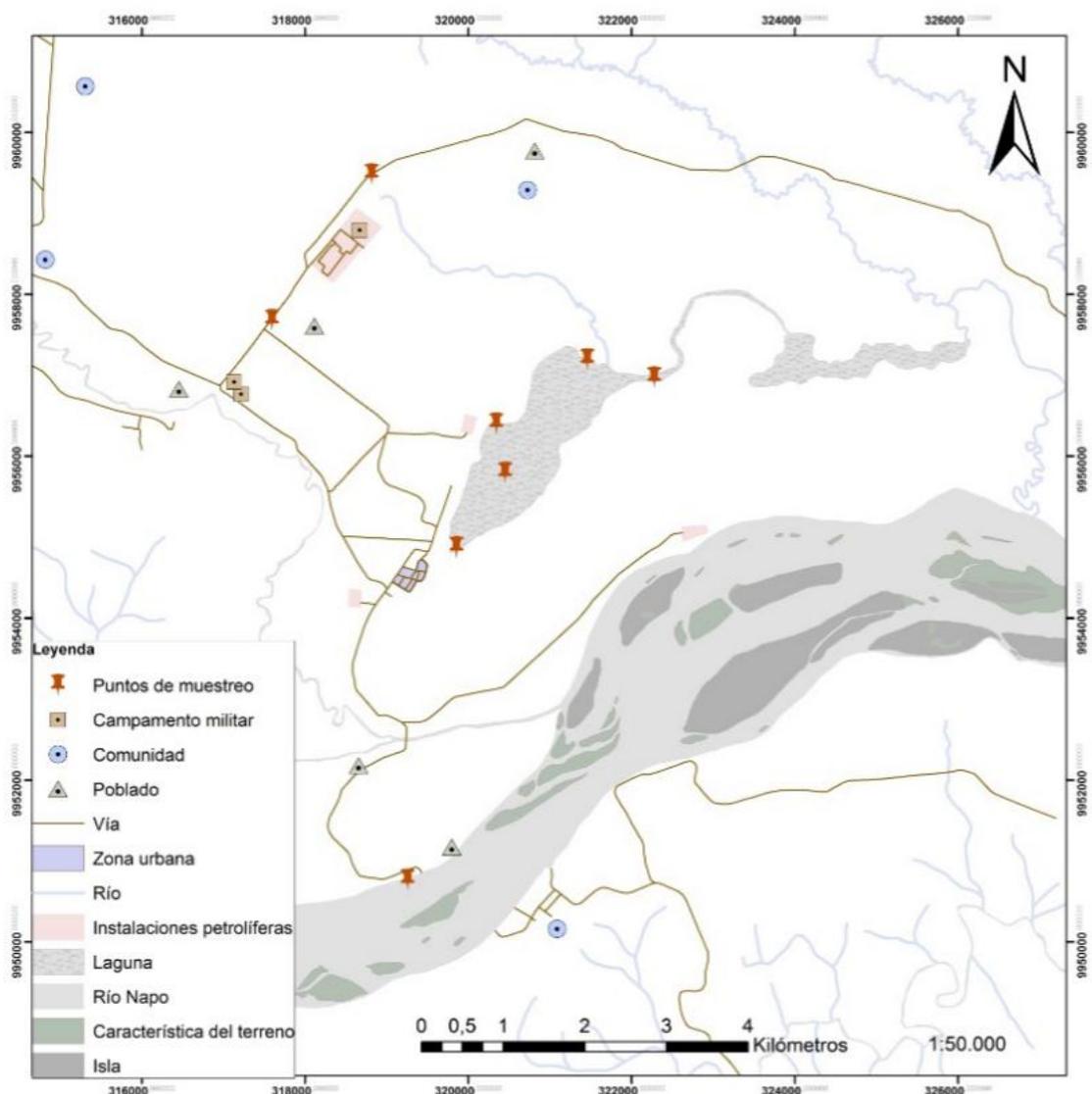
## *Métodos de campo y diseño muestral*

Se realizó un diseño de muestreo para el periodo comprendido entre Noviembre del 2015 a Marzo del 2017 en 5 puntos de la Laguna y en 3 puntos que conforman el total de ríos afluentes a la Laguna. Los puntos de muestreo dentro de la Laguna fueron seleccionados

## ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

utilizando la metodología “a criterio”, siendo 2 puntos las Desembocaduras de dos ríos afluentes (Pishira y Playayacu), y los 3 puntos restantes (Caño, Zona Profunda y Muelle) atienden a una distribución transversal en la Laguna (Figura II).

En los puntos de muestreo de la Laguna se tomaron muestras cada 40 cm, desde la superficie hasta llegar al sedimento, mientras que en los ríos afluentes se tomó una muestra en la superficie de cada uno. Estas muestras se llenaron completamente y posteriormente se sellaron, para evitar la pérdida de dióxido de carbono (Custodio & Llamas, 1996). Adicionalmente, se registraron puntos GPS, con Coordenadas UTM WGS 84 (18 S), utilizando el dispositivo marca Garmin ®.



## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

Las muestras fueron preservadas en refrigeración antes de ser procesadas en el laboratorio de la UISEK, con el motivo de evitar reacciones de óxido-reducción que alteren la concentración iónica (Carrillo, 2016).

Los datos de profundidad Secchi, desnivel de la Laguna y de parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, y potencial redox) se midieron in situ cada 20 cm desde la superficie hasta llegar al sedimento en los puntos de la Laguna, y en los ríos se recopilaban solo a nivel superficial. Estas medidas se obtuvieron con el equipo multiparámetro HQ40d de la casa comercial Hach ®. El muestreo de agua se realizó mediante el uso de envases plásticos lavados, previamente etiquetados y con capacidad de almacenamiento de un litro.

Paralelamente se registraron parámetros meteorológicos con una estación marca Vantage Pro2. Se registraron los datos de precipitación (mm) y de velocidad del viento (m/s) para relacionarlos con los periodos de estratificación y mezcla.

### *Métodos de laboratorio*

Los datos de aniones (cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, alcalinidad y dureza) y cationes (calcio, sodio, potasio, y magnesio) mayoritarios y minoritarios, se recopilaban en el laboratorio de procesos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la UISEK, siguiendo las Metodologías del Standard Methods reconocidas por la EPA (Standard Methods for the Examination of water & wastewater, 2012).

Con el empleo del espectrofotómetro DR 4000 marca Hach ® se midieron cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. La alcalinidad y dureza se midieron bajo la técnica de titulación utilizando ácido sulfúrico y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), respectivamente (Standard Methods for the Examination of water & wastewater, 2012).

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

Por otro lado, utilizando el equipo Absorción Atómica a la llama marca Perkin Elmers ®, se midieron los cationes. En esta metodología, la llama produce una serie de procesos conocidos como desolvatación, disociación de moléculas y fracción de moléculas, para producir espectros de emisión moleculares, atómicos e iónicos (Márquez, 2009). La cantidad de luz absorbida, proveniente de los espectros emitidos, se puede correlacionar linealmente con la concentración del analito (Márquez, 2009).

### *Análisis estadísticos*

En el procesamiento de datos se realizaron análisis de estadística descriptiva: media, moda, desviación estándar, y el coeficiente de variabilidad, en diferentes puntos a diferentes periodos. El coeficiente de variabilidad permite comparar la variabilidad entre dos o más conjuntos de datos que representan diferentes cantidades con distintas unidades de medición (Pagano & Gauvreau, 2001).

Se aplicaron herramientas multivariantes como el Análisis de componentes principales (ACP) y Correlaciones de Pearson, utilizando el software PAST. El ACP determina los parámetros que representen la mayor variabilidad de todo el conjunto de datos, encontrando así, pocas variables no correlacionadas sin mucha pérdida de información sobre el problema original (De la Lanza, Sánchez-Santillán, & Esquivel, 1998). Los resultados facilitan la posibilidad de discriminar procesos naturales y de contaminación existentes en la Laguna (Ortiz & Reche, 2001). La Correlación de Pearson determina los parámetros que mantengan una relación a lo largo del tiempo y el espacio. Se considera que dos variables están moderadamente relacionadas cuando entre ellas existe un coeficiente de correlación mayor a 0,7 (Nieves & Domínguez, 2009).

Para esquematizar el quimismo lagunar, se elaboraron diagramas de Piper y Stiff mediante el software AQUACHEM, y graficas de isolíneas con el software SURFER.

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Finalmente se determinó la profundidad de la termoclina en los meses más estratificados. Con la intención de observar las diferentes facies del agua de la Laguna en perfiles hidroquímicos.

## **Resultados.**

### *Periodos de Estratificación y Mezcla Térmica*

Los coeficientes de correlación de Pearson entre la profundidad y la temperatura en los cinco puntos internos de la Laguna (Tabla I) indican que entre el periodo 2015-2017, ocurrieron 8 periodos de mezcla (Febrero, Marzo, Mayo, Noviembre, y Diciembre del 2016, y entre los meses de Enero, Febrero, y Marzo del 2017) y 6 de estratificación (Noviembre y Diciembre del 2015, y entre Enero, Abril, Septiembre y Octubre del 2016). Las correlaciones con un coeficiente de correlación menor a 0.7, reflejan periodos de mezcla. La mínima precipitación acumulada en un mes de mezcla fue de 35,75 mm.

En general no se identificaron periodos de mezcla en toda la Laguna. Es así que la homogeneidad térmica en la Laguna no solo es temporal, sino también espacial. En el Caño se observaron mayores periodos de mezcla, mientras que en el Muelle se mantuvo una estratificación más marcada. La Desembocadura del Pishira fue el único punto sin presentar mezcla.

Por otro lado, la velocidad del viento en los periodos de mezcla se mantuvo baja. En el periodo con mayor mezcla (Diciembre-2016), la frecuencia relativa de velocidades fue de: 0,0 m/s: 88,62% y 1,0 m/s: 11,38% (Figura 3). Además, en todo Febrero-2017 la velocidad fue nula: 0,0 m/s.

### *Correlaciones:*

En periodos de estratificación se realizaron correlaciones entre todas las variables medidas, principalmente por dos razones: identificar los puntos que tienen un quimismo heterogéneo durante este régimen, y observar el comportamiento entre las especies iónicas y

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

los parámetros fisicoquímicos. Las correlaciones en los cinco puntos de la Laguna se encuentran en las tablas II, III, IV, V, y VI.

Los resultados apuntan a que muchas especies iónicas dependen de la profundidad, pH, Temperatura y Oxígeno disuelto. El Caño resultó ser el punto menos correlacionado con el resto (Tabla II). Siendo así, el punto con la estratificación menos marcada, mientras que la desembocadura del río Pishira se encuentra más relacionada con el resto de puntos (Tabla V).

En relación a la profundidad, el catión más correlacionado fue el Ca, contrastando con el Mg que se encuentra menos relacionado. Por otro lado los aniones con mayor correlación fueron el Nitrógeno Amoniacal y el sulfato, y los menos correlacionados fueron el bicarbonato y el Nitrato.

En la desembocadura del río Pishira, el oxígeno no presentó correlación con la profundidad, sin embargo si se obtuvieron correlaciones positivas con otros agentes oxidantes como son los fosfatos, sulfatos y nitratos (Tabla V). En el Diagrama XXIV se aprecia que en este punto las condiciones aeróbicas están cercanas a la superficie.

En la zona profunda el potasio y el calcio disminuyeron conforme aumentó la profundidad, mientras que el Magnesio resultó ser mayor (Tabla III). Esto sugiere que el potasio y calcio participan en procesos de intercambio catiónico con el sedimento. En los diagramas XXVII y XXVIII se observan distribuciones casi homogéneas de estos cationes con relación a la profundidad.

Con respecto al anión cloruro, su concentración es mayor en medios anóxicos, y en los ríos afluentes, su concentración es muy baja, por lo que se descarta su procedencia por aportes de tributarios.

En las épocas de máxima heterogeneidad de la Laguna, se determinó la profundidad de la termoclina en tres puntos del humedal, para contrastar las diferentes facies hidroquímicas en el Epilimnion e Hipolimnion. Los puntos restantes fueron excluidos de este

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

análisis por estar ubicados en las áreas más someras de la Laguna, dificultando así la localización del Mesolimnion. Según (Alvarez, Rubio, & Acosta, 1986), *“en una masa de agua estratificada el transporte vertical de calor predomina sobre el horizontal en y debajo de la termoclina”*, por lo que en el presente trabajo, la profundidad de la misma se encontró en los puntos de mayor variación de temperatura.

En el Caño la profundidad de la termoclina fue de: 160 cm (Figura IV), en la Zona Profunda: 140 cm (Figura V), y en el Muelle: 140 cm (Figura VI). Sin embargo, los tres puntos coinciden en mantener una homogeneidad hidroquímica. Por lo que se descarta que existan diferencias significativas entre la composición del Epilimnion y el Hipolimnion en los meses de máxima estratificación térmica. Esta información coincide con los diagramas de Stiff (Figura VII, VIII, IX, X, XI, y XII), los cuales fueron elaborados con promedios de los valores en los perfiles del Epilimnion e Hipolimnion.

Con la aspiración de sentar bases de un modelo hidroquímico, se estimaron las variables fisicoquímicas más determinantes en el quimismo de la Laguna. Con base en promedios, se identificó que el pH, el oxígeno y la temperatura guardan una fuerte relación con la profundidad de la Laguna, ello coincide con los diagramas (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX). Aquí se destaca el pH, ya que su desviación estándar en todo el periodo 2015-2017, se mantuvo menor a 1.

En los Análisis de Componentes principales en los periodos de estratificación del Caño y la Zona Profunda, se determinó que existe una variabilidad espacial en el Caño, mientras que en la Zona Profunda, se encontró una estratificación uniforme entre los parámetros fisicoquímicos medidos in situ y la profundidad (Figuras XVI y XVII). En ambos análisis, los parámetros que mostraron una mayor carga factorial fueron el pH, la temperatura y oxígeno disuelto (Tablas XII y XIII). Con base a la ley de Kaiser (De la Lanza, Sánchez-Santillán, & Esquivel, 1998), los valores de los *Eigenvalues* sugieren que en el Caño se le

# **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

tome consideración a los componentes uno, y dos, mientras que en la Zona Profunda solo al componente uno.

Tomando en cuenta el comportamiento alcalino de la Laguna en la superficie, se calculó el valor de la moda del pH a cero centímetros, en el periodo 2015-2017, para ampliar el conocimiento sobre los iones responsables de la alcalinidad. Se obtuvo un valor de 7,61, lo que se traduce que el ión carbonato es casi nulo en la Laguna (Custodio & Llamas, 1996).

## **Discusión.**

Los fenómenos de mezcla térmica en la Laguna de Limoncocha tienen una dimensión tanto temporal como espacial. Una explicación, puede ser la influencia de las extensas zonas de macrofitas acuáticas. Ello, conlleva por una parte a la reducción de la acción del viento en las áreas con presencia de macrófitas y por otra a la conservación del calor (Ordóñez, 2013).

La alta correlación del Calcio con la Profundidad sugiere que este ión participa en procesos de intercambio catiónico con los feldespatos plagioclasas del sedimento, formando así silicatos de calcio en el sedimento (Carrillo, 2016). Al mismo tiempo, el Calcio puede precipitar en forma de carbonatos (Baird, 2014), quedando retenido en el suelo de forma poco reversible (Custodio & Llamas, 1996), lo cual tiene sentido, ya que la concentración de Calcio en el agua es baja en comparación al Magnesio.

En el Caño, y en las desembocaduras del río Pishira y Playayacu, el valor del potencial redox no siempre se correlaciona con los agentes oxidantes analizados (oxígeno disuelto, fosfato, sulfato y nitrato), por lo que pueden existir otras sustancias disueltas que determinan el comportamiento del potencial redox.

## **Conclusiones.**

La frecuencia relativa de la velocidad del viento se mantiene con valores muy bajos por lo que no es un factor determinante en los periodos de mezcla. Esto no ocurre con los periodos de alta precipitación, ya que éstas sí inducen mezcla en el agua.

## **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

Los diagramas de Stiff muestran que el agua de la Laguna presenta una facies alcalina magnésica y sódica, lo que concuerda con el trabajo de Carrillo (2016).

Durante todo el periodo de muestro 2015-2017 se observó que la profundidad, el pH y oxígeno, condicionan el comportamiento hidroquímico de la Laguna.

Los resultados encontrados, aprueban la hipótesis planteada con: el Caño resultó ser el punto con mayor variabilidad temporal. Por lo que no se descarta su conexión con otros cuerpos de agua que le pueden conferir la propiedad de máxima heterogeneidad en sus datos.

En la Zona Profunda y en el Muelle los valores de potencial redox siguen una estratificación bien marcada (Diagramas XXII y XXIII), por tanto son idóneos para la ocurrencia de fenómenos de oxidación en la superficie, y de reducción en el sedimento.

Es importante seguir con los muestreos en los 8 puntos representativos, incluyendo los muestreos de sedimentos, para ampliar el conocimiento de la evolución hidrogeoquímica del sistema hídrico de la RBL.

Se debe dar seguimiento a la determinación de la concentración de cloruros cloruros, ya que al tratarse de una zona con ausencia de evaporitas, la fuente de este anión se encuentra desconocida, por lo que también, es necesario emprender estudios sobre la composición iónica de la precipitación.

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## Referencias:

- Alvarez, M., Rubio, A., & Acosta, F. (1986). Difusion vertical y estabilidad termica en una laguna hipereutrofica . *Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain* .
- Alvarez, T. (2004). El cerco a la anaconda: Sucumbíos, incidencia del conflicto colombiano e impactos sobre los pueblos indígenas. *Asociación latinoamericana para los derechos humanos* .
- Armas, M., & Lasso, S. (2011). Plan de Manejo de la Reserva Biologica de Limoncocha . *Ministerio de Ambiente*.
- Baird, C. (2014). *Environmental Chemistry* . Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Barona, G., & Betancur, C. (2012). *Sedimentología y Estratigrafía. Ambientes Lacustres*. México D.F.: Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de México.
- Carrillo, I. (2016). *Caracterización y propuesta de funcionamiento hidrogeoquímico de la Laguna de Limoncocha*. Quito : Trabajo de fin de carrera. Universidad Internacional SEK.
- Custodio, E., & Llamas, M. (1996). *Hidrología subterránea* (Vol. 1). Barcelona: Ediciones Omega S.A.
- De la Lanza, G., Sánchez-Santillán, N., & Esquivel, A. (1998). Análisis temporal y espacial fisicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. *Hidrobiológica* 8 (2), 89-96.
- Fagundo, J., & González, P. (2005). *Hidrogeoquímica*. La Habana, Cuba: Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional (CENAMENT). Ministerio de Salud Pública.
- Hernández, M. (2015). Variaciones Fisicoquímicas Temporales en la Laguna de Limoncocha, en el período 2012-2013. *Universidad Internacional SEK. Trabajo de Fin de Carrera*.
- Llames, M., & Zagarese, H. (2009). *Lakes and Reservoirs of South America*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Tecnológico de Chascomus (CONICET- UNSAM).
- Márquez, M. (2009). Manual de prácticas del Espectrofotómetro de Absorción Atómica GBC 932 AA. *Universidad Veracruzana, México*.
- Montalvo, J., & Loza, S. (2006). Flujos de materiales conservativos y no conservativos en la Bahía de Jigüey. *Serie Oceanológica. No. 2*, 10.
- Mosquera, M. (2014). Desarrollo de un modelo de balance hídrico de la Laguna de Limoncocha. *Trabajo de fin de carrera. Universidad Internacional SEK*.
- Nieves, A., & Domínguez, F. (2009). Probabilidad y Estadística para ingeniería. *Mcgraw Hill Education*.
- Ordoñez, C. (2013). *Caracterización Geoquímica de sedimentos de la Laguna de Limoncocha*. Quito: Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK.
- Ordóñez, C. (2013). *Caracterización Geoquímica de sedimentos de la Laguna de Limoncocha*. Quito, Ecuador.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, & Alfayate, J. (2005). *Contaminacion ambiental. Una visión desde la química* (Vol. 1a Edición). Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo S.A.
- Ortiz, I., & Reche, F. (2001). Análisis de Componentes Principales. En P. Aguilera, & A. Garrido, *Aplicaciones ambientales del análisis multivariante* . Almeria : Universidad de Almeria. Servicio de Publicaciones .

# **ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA**

- Pagano, M., & Gauvreau, K. (2001). *Fundamentos de Bioestadística*. Mexico D.F.: Thomson Editores S.A.
- Ramsar. (1998). Information Sheet on Ramsar Wetlands. *Ficha Informativa de los Humedales Ramsar*.
- Ramsar, S. d. (2013). Manual de la Convencion de Ramsar: Guia a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. Edición. *Secretaria de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza)*.
- Roldan, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología tropical*. Bogotá: Editorial Universidad de Antioquía.
- StandardMethods. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Washington D.C.

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## ANEXO A

### A-1.Tablas

**Tabla I:** Coeficientes de correlación de Pearson entre la profundidad y la temperatura en los cinco puntos internos de la Laguna

Fechas	Coeficientes de Correlacion: Profundidad (cm)-Temperatura (°C)					Datos Meteorológicos	Períodos
	Caño	Zona Profunda	Muelle	Desembocadura Pishira	Desembocadura Playayacu	Precipitación Acumulada (mm)	
28-nov-15	-0,9629	-0,9263	-0,9683	-	-	-	Estratificación
17-dic-15	-0,9788	-0,9851	-0,982	-	-	-	Estratificación
25-ene-16	-0,9535	-0,9847	-0,9471	-	-	-	Estratificación
19-feb-16	<u>0,1522</u>	-0,9421	-0,9959	-	-	-	<u>Mezcla</u>
14-mar-16	<u>-0,5716</u>	-0,7244	-0,9436	-	-	-	<u>Mezcla</u>
14-abr-16	-0,9893	-0,9940	-0,9129	-	-	-	Estratificación
14-may-16	-0,9124	<u>-0,6573</u>	-0,9075	-	-	304,26	<u>Mezcla</u>
23-sep-16	-0,8141	-0,9797	-0,9806	-0,8106	-0,9611	-	Estratificación
29-oct-16	-0,7069	-0,9155	-0,74	-0,8071	-0,9155	-	Estratificación
19-nov-16	<u>0,5695</u>	-0,9505	-0,941	-0,9408	<u>0,1213</u>	35,75	<u>Mezcla</u>
3-dic-16	-0,8281	<u>0,0868</u>	-0,8577	-0,9165	<u>-0,6984</u>	210,18	<u>Mezcla</u>
21-ene-17	<u>0,3135</u>	-0,9129	-0,9407	-0,9129	<u>0,0000</u>	198,35	<u>Mezcla</u>
28-feb-17	<u>0,6708</u>	-0,7934	-0,8285	0,9487	<u>0,0000</u>	197,41	<u>Mezcla</u>
30-mar-17	-0,8989	-0,8551	<u>-0,3069</u>	-0,8763	-0,9432	268,26	<u>Mezcla</u>

**Tabla II:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima estratificación del Caño (Abril-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Profundidad	pH	T oC	Cl ppm	O2	HCO3	Cond uS/cm	PO4 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	NO3	NO2	N-NH3	Dureza Total
Profundidad		0,71222	5,0441E-06	0,28047	0,0012318	0,17427	0,27354	0,33684	0,28239	0,69485	0,51687	0,8494	0,93763	0,58257	0,16258	0,036292	0,21011
pH	-0,17205		0,79794	0,4505	0,39133	0,83349	0,84181	0,67169	0,78867	0,82292	0,16442	0,020887	0,84161	0,26603	0,70963	0,20961	0,49622
T oC	-0,99413	0,11988		0,28291	0,0015022	0,18296	0,27488	0,34926	0,24847	0,76623	0,59061	0,83056	0,96994	0,71956	0,18629	0,030922	0,22182
Cl ppm	0,47582	0,3436	-0,47371		0,48725	0,19561	0,37571	0,030102	0,030727	0,21833	0,76051	0,43619	0,8601	0,68759	0,62245	0,9409	0,054489
O2	-0,94656	0,38682	0,94209	-0,31784		0,17356	0,34143	0,32509	0,25766	0,66752	0,32699	0,64765	0,78129	0,4683	0,4489	0,0087344	0,54874
HCO3	-0,5778	-0,098559	0,5685	-0,55534	0,57857		0,89383	0,27251	0,097935	0,14776	0,11836	0,95343	0,090238	0,59166	0,85449	0,49421	0,46723
Cond uS/cm	0,48185	-0,093589	-0,48068	-0,39864	-0,42534	0,062664		0,19066	0,28256	0,4068	0,67858	0,57577	0,44151	0,46042	0,083398	0,28436	0,87658
PO4 ppm	-0,42899	0,1972	0,41914	-0,80178	0,43845	0,48276	0,56044		0,014732	0,36398	0,25042	0,57637	0,72076	0,76543	0,79088	0,48932	0,29034
SO4 ppm	-0,47416	-0,12547	0,50428	-0,80006	0,49594	0,67242	0,47401	0,85278		0,24846	0,45272	0,80785	0,26493	0,58475	0,64916	0,50671	0,46235
Ca ppm	-0,18279	-0,10488	0,13904	-0,53268	0,19981	0,6077	0,37528	0,40766	0,50429		0,51951	0,9143	0,20343	0,24496	0,72237	0,59534	0,96863
Mg ppm	-0,29759	0,58863	0,24878	-0,14251	0,43692	0,64421	0,1929	0,5025	0,34202	0,2958		0,16933	0,27963	0,37448	0,71206	0,34393	0,91171
K ppm	0,089061	0,82983	-0,10031	0,35384	0,21231	-0,027444	0,25843	0,25804	0,11392	-0,050543	0,58319		0,49501	0,69752	0,10804	0,3671	0,16711
Na ppm	0,036766	-0,093712	-0,017707	-0,08269	0,12993	0,68384	0,35002	0,1668	0,48944	0,5474	0,47655	0,3125		0,80283	0,16216	0,96066	0,39701
NO3	0,254	-0,48847	-0,16753	-0,18729	-0,33103	-0,2481	0,33657	0,13953	0,25258	-0,5075	-0,39958	-0,18113	-0,11694		0,69144	0,84186	0,65217
NO2	-0,59069	-0,17365	0,56499	-0,2283	0,34474	0,086029	-0,69443	-0,12414	-0,21135	-0,16581	-0,17215	-0,65811	-0,59116	-0,1849		0,57879	0,064438
N-NH3	0,78558	-0,54124	-0,79953	0,034836	-0,88132	-0,31305	0,47246	-0,31642	-0,30449	0,24571	-0,42335	-0,40525	0,023182	0,093561	-0,25646		0,71937
Dureza Total	-0,54074	-0,31166	0,5293	-0,74536	0,27623	0,33178	-0,072897	0,46734	0,33521	0,018482	0,052079	-0,58563	-0,38256	0,20946	0,72648	-0,16765	

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Tabla III:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima estratificación de la Zona Profunda (Abril-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Profundidad	pH	T oC	Cl ppm	O2	HCO3	Cond uS/cm	PO4 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	NO3	NO2	N-NH3	Dureza Tot
Profundidad		0,049579	6,5478E-05	0,015626	0,0023178	0,34241	0,30851	0,25486	0,0024414	0,013278	0,046959	0,13377	0,22077	0,13052	0,91842	0,86117	0,021312
pH	-0,81222		0,043021	0,1999	0,043495	0,6004	0,97144	0,073063	0,1497	0,027748	0,35036	0,10389	0,82207	0,27796	0,96198	0,62793	0,071291
T oC	-0,99339	0,8255		0,0129	0,00047688	0,27058	0,27604	0,21464	0,0051584	0,01457	0,034735	0,18523	0,26105	0,11935	0,78096	0,78318	0,018726
Cl ppm	-0,89612	0,6085	0,90577		0,032685	0,27637	0,17044	0,54322	0,0029911	0,15821	0,0055224	0,33157	0,15664	0,025392	0,50011	0,89066	0,12794
O2	-0,96043	0,82451	0,98212	0,84851		0,17047	0,23519	0,16046	0,024795	0,013692	0,046537	0,27143	0,32334	0,1988	0,67836	0,56679	0,016546
HCO3	-0,47386	0,27319	0,53826	0,53285	0,64068		0,045206	0,78771	0,41709	0,55631	0,23139	0,99898	0,27906	0,75925	0,10385	0,12271	0,52772
Cond uS/cm	-0,50355	0,019042	0,53316	0,64072	0,57238	0,82098		0,97149	0,24947	0,58317	0,076782	0,85374	0,10861	0,53967	0,31866	0,64247	0,45095
PO4 ppm	-0,55319	0,77033	0,59313	0,31493	0,65214	0,14249	-0,019007		0,49687	0,052324	0,44615	0,683	0,54275	0,47858	0,87357	0,75956	0,041194
SO4 ppm	-0,95938	0,66481	0,94077	0,95501	0,86852	0,4119	0,55839	0,34967		0,071789	0,025549	0,15813	0,11803	0,066616	0,88513	0,84912	0,074088
Ca ppm	-0,90438	0,86072	0,89975	0,65476	0,90287	0,30528	0,28566	0,80691	0,77243		0,17563	0,19987	0,60321	0,3134	0,72459	0,79414	0,0013196
Mg ppm	0,81742	-0,46705	-0,8437	-0,93869	-0,81827	-0,57617	-0,7643	-0,38883	-0,86649	-0,63488		0,69945	0,25748	0,042304	0,46651	0,84902	0,090993
K ppm	0,6843	-0,72381	-0,62428	-0,48323	-0,53747	0,00068029	0,097821	-0,21463	-0,65486	-0,60854	0,20316		0,34589	0,52997	0,54603	0,9213	0,39373
Na ppm	0,58686	-0,11919	-0,54727	-0,6566	-0,49042	-0,53035	-0,71727	0,31528	-0,70456	-0,27117	0,55068	0,47088		0,58112	0,77487	0,84607	0,66315
NO3	0,6884	-0,53137	-0,70283	-0,86691	-0,60968	-0,16191	-0,31756	-0,36364	-0,78113	-0,4992	0,827	0,32477	0,28715		0,59813	0,39041	0,22288
NO2	0,054441	-0,025355	-0,14709	-0,34721	-0,21787	-0,72386	-0,49454	0,084486	-0,076733	0,18574	0,37295	-0,31285	0,15124	0,27483		0,41731	0,83334
N-NH3	0,092823	-0,25348	-0,14558	0,073022	-0,29759	-0,69843	-0,24315	-0,16171	0,10093	-0,13812	-0,10099	0,052512	0,10299	-0,43356	0,41173		0,94545
Dureza Total	-0,87831	0,77326	0,88609	0,69167	0,89305	0,32645	0,38507	0,82936	0,76866	0,97019	-0,7424	-0,43084	-0,22855	-0,58472	0,11157	-0,036383	

**Tabla IV:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima estratificación de la Muelle (Septiembre-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Profundidad	pH	T oC	Cl ppm	O2	HCO3	Cond uS/cm	PO4 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	NO3	NO2	N-NH3	Dureza Total	eH mV
Profundidad		0,011024	0,0025764	0,29667	0,028103	0,31893	0,012147	0,65917	0,16152	0,03551	0,91141	0,12016	0,022232	0,75228	0,28573	0,1929	0,0082014	0,3494
pH	-0,95595		0,035067	0,28046	0,10694	0,1397	0,041821	0,34997	0,064347	0,0072814	0,65036	0,20231	0,11543	0,90167	0,19621	0,36784	0,002835	0,59783
T oC	-0,98333	0,90422		0,3664	0,013726	0,45732	0,033009	0,83528	0,18023	0,07995	0,85821	0,05436	0,0090476	0,57239	0,44405	0,14234	0,015885	0,26106
Cl ppm	0,58837	-0,60423	-0,52249		0,65791	0,68053	0,17548	0,60923	0,49277	0,4589	0,65809	0,64987	0,31955	0,64631	0,1219	0,18102	0,38055	0,30875
O2	-0,91748	0,79628	0,94899	-0,27208		0,51871	0,078665	0,97718	0,33284	0,11617	0,77586	0,087041	0,02484	0,36539	0,61295	0,24766	0,062868	0,34155
HCO3	-0,56695	0,75548	0,44096	-0,25366	0,38797		0,37661	0,044075	0,18119	0,060685	0,15715	0,79531	0,71035	0,36315	0,20023	0,81384	0,20369	0,54741
Cond uS/cm	0,95299	-0,89215	-0,90804	0,71403	-0,83467	-0,51311		0,7025	0,33706	0,076018	0,75121	0,28763	0,031326	0,8286	0,14463	0,15893	0,064338	0,30014
PO4 ppm	-0,27104	0,5377	0,12974	-0,31205	-0,017924	0,88827	-0,23586		0,24295	0,2837	0,09409	0,90125	0,88451	0,075183	0,2473	0,61824	0,46367	0,37612
SO4 ppm	-0,72988	0,85572	0,70873	-0,41019	0,55375	0,70767	-0,54978	0,6419		0,10326	0,81111	0,18175	0,38335	0,71602	0,51519	0,63268	0,049365	0,8729
Ca ppm	-0,90341	0,96663	0,83284	-0,43958	0,78445	0,86133	-0,83847	0,60104	0,80109		0,50325	0,31553	0,19827	0,85845	0,199	0,58691	0,016853	0,83745
Mg ppm	-0,069635	0,27824	-0,1116	-0,27193	-0,17697	0,73493	-0,19668	0,81329	0,14891	0,40118		0,39036	0,72033	0,090978	0,14231	0,50442	0,85515	0,33124
K ppm	-0,77942	0,68455	0,87127	-0,27864	0,82291	0,16147	-0,59718	-0,077633	0,70704	0,5702	-0,50058		0,089457	0,38172	0,99022	0,1898	0,10391	0,25454
Na ppm	0,9295	-0,78539	-0,96141	0,56635	-0,92405	-0,22952	0,91122	0,09083	-0,50696	-0,68893	0,22148	-0,81959		0,41041	0,4823	0,05185	0,087432	0,1118
NO3	-0,19582	-0,077307	0,34268	0,28155	0,52342	-0,52548	-0,13503	-0,83967	-0,22495	-0,1114	-0,81751	0,50844	-0,4825		0,39133	0,42726	0,91995	0,28289
NO2	-0,59904	0,69115	0,45261	-0,77725	0,30898	0,6868	-0,7496	0,63745	0,39097	0,68813	0,75236	0,007684	-0,41923	-0,4997		0,62257	0,34182	0,85283
N-NH3	0,69476	-0,52116	-0,75233	0,70785	-0,63709	0,14674	0,73286	0,30461	-0,29273	-0,33057	0,40018	-0,69815	0,87532	-0,46746	-0,30104		0,33625	0,0053991
Dureza Total	0,96386	-0,98223	-0,94378	0,50951	-0,85797	-0,68307	0,85573	-0,43541	-0,87938	-0,94146	-0,11402	-0,80023	0,82237	-0,062913	-0,54532	0,55055		0,54007
eH mV	-0,53823	0,32149	0,62353	-0,5767	0,54557	-0,36365	-0,585	-0,51356	0,099988	0,12801	-0,55527	0,6301	-0,79002	0,60184	0,11585	-0,97268	-0,36984	

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Tabla V:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima estratificación de la Desembocadura Pishira (Marzo-2017). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Profundidad	pH	T oC	Cl ppm	O2	HCO3	Cond uS/cm	PO4 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	NO3	NO2	N-NH3	Dureza Total	eH mV
Profundidad		0,48775	0,27923	0,2404	0,64625	0,66667	0,47937	0,0086418	9,0032E-06	0,48379	0,74227	0,33531	0,49227	0,12104	0,15442	0,33333	0,15442	0,35319
pH	-0,72058		0,20852	0,24736	0,86599	0,84558	0,96713	0,47911	0,48775	0,97154	0,78997	0,82307	0,98002	0,60879	0,33333	0,82109	0,33333	0,84095
T oC	-0,99534	0,94684		0,038836	0,92549	0,9459	0,75861	0,27059	0,27923	0,76302	0,97849	0,61455	0,7715	0,40027	0,12481	0,61257	0,12481	0,63243
Cl ppm	-0,92955	0,92546	0,99814		0,88665	0,90707	0,71977	0,23176	0,2404	0,72418	0,98267	0,57571	0,73267	0,36144	0,085978	0,57373	0,085978	0,59359
O2	-0,52751	-0,20895	0,11677	0,17711		0,020413	0,16688	0,6549	0,64625	0,16247	0,096019	0,31094	0,15399	0,52522	0,80068	0,31292	0,80068	0,29306
HCO3	0,5	0,24019	-0,084875	-0,14546	-0,99949		0,18729	0,67531	0,66667	0,18288	0,075607	0,33135	0,1744	0,54563	0,82109	0,33333	0,82109	0,31347
Cond uS/cm	0,72964	-0,051612	-0,37016	-0,4261	-0,96584	0,95703		0,47937	0,0044115	0,2629	0,14406	0,012893	0,35834	0,6338	0,14604	0,6338	0,14604	0,12618
PO4 ppm	0,99991	-0,72992	-0,91102	-0,93446	-0,51593	0,4882	0,72029		0,0086418	0,49243	0,75091	0,34395	0,50091	0,12968	0,14578	0,34198	0,14578	0,36184
SO4 ppm	1	-0,72058	-0,90534	-0,92955	-0,52751	0,5	0,72964	0,99991		0,48379	0,74227	0,33531	0,49227	0,12104	0,15442	0,33333	0,15442	0,35319
Ca ppm	0,72489	-0,04469	-0,36371	-0,41982	-0,96761	0,95902	0,99998	0,71547	0,72489		0,25849	0,14847	0,0084816	0,36275	0,63821	0,15045	0,63821	0,13059
Mg ppm	0,39387	0,35352	0,033778	-0,027215	-0,98865	0,99296	0,91594	0,38136	0,39387	0,9187		0,40696	0,25001	0,62124	0,89669	0,40894	0,89669	0,38908
K ppm	0,86447	-0,27436	-0,56915	-0,61822	-0,88307	0,86758	0,97451	0,85756	0,86447	0,97293	0,80254		0,15695	0,21428	0,46973	0,0019797	0,46973	0,017882
Na ppm	0,71564	-0,031377	-0,35127	-0,40769	-0,97089	0,96271	0,99979	0,7061	0,71564	0,99991	0,92388	0,96976		0,37123	0,64669	0,15893	0,64669	0,13907
NO3	0,98198	-0,57656	-0,80877	-0,84312	-0,67855	0,65465	0,84573	0,97932	0,98198	0,84201	0,56048	0,94389	0,83475		0,27546	0,2123	0,27546	0,23216
NO2	0,97073	-0,86603	-0,98084	-0,99089	-0,30801	0,27735	0,54403	0,9739	0,97073	0,5382	0,16156	0,71842	0,52693	0,90784		0,48775	9,0032E-06	0,50762
N-NH3	0,86603	-0,27735	-0,5717	-0,62066	-0,88161	0,86603	0,9738	0,85916	0,86603	0,9722	0,80068	1	0,969	0,94491	0,72058		0,48775	0,019861
Dureza Total	-0,97073	0,86603	0,98084	0,99089	0,30801	-0,27735	-0,54403	-0,9739	-0,97073	-0,5382	-0,16156	-0,71842	-0,52693	-0,90784	-1	-0,72058		0,50762
eH mV	-0,85001	0,24725	0,54583	0,5959	0,8959	-0,8812	-0,98042	-0,84278	-0,85001	-0,97903	-0,81898	-0,99961	-0,97623	-0,93424	-0,6986	-0,99951	0,6986	

**Tabla VI:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima estratificación de la Desembocadura Playayacu (Septiembre-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Profundidad	pH	T oC	Cl ppm	O2	HCO3	Cond uS/cm	PO4 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	NO3	NO2	N-NH3	Dureza Total	eH mV
Profundidad		0,95566	0,017992	0,65719	0,058518	0,2	0,009766	0,27452	0,55279	0,095839	0,48019	0,064381	0,0042759	0,97032	0,17814	0,07132	0,31966	0,03923
pH	-0,044336		0,85879	0,15541	0,65866	0,51912	0,8179	0,73539	0,97712	0,81324	0,68392	0,80835	0,98815	0,0043875	0,49914	0,98149	0,46505	0,71166
T oC	-0,98201	0,14121		0,6532	0,021278	0,10593	0,011254	0,21632	0,70504	0,16257	0,59049	0,061237	0,015808	0,85861	0,21516	0,034733	0,19673	0,053163
Cl ppm	0,34281	-0,84459	-0,3468		0,49591	0,53211	0,55332	0,72917	0,45098	0,3918	0,22559	0,98943	0,73747	0,20417	0,75267	0,89214	0,58065	0,4101
O2	-0,94148	0,34134	0,97872	-0,50409		0,051326	0,023558	0,31054	0,71567	0,16645	0,5461	0,14836	0,068056	0,65935	0,35862	0,08726	0,12626	0,041394
HCO3	0,8	-0,48088	-0,89407	0,46789	-0,94867		0,13917	0,30279	1	0,37229	0,77554	0,24919	0,19893	0,4954	0,50688	0,13672	0,017292	0,17315
Cond uS/cm	-0,99023	0,1821	0,98875	-0,44668	0,97644	-0,86083		0,31193	0,57225	0,09132	0,45861	0,1012	0,02048	0,83133	0,2573	0,082303	0,2472	0,016808
PO4 ppm	-0,72548	-0,26461	0,78368	0,27083	0,68946	-0,69721	0,68807		0,76825	0,63672	0,79185	0,087461	0,21538	0,78326	0,12737	0,081266	0,32695	0,45559
SO4 ppm	0,44721	-0,022878	-0,29496	0,54902	-0,28433	-7,1993E-16	-0,42775	0,23175		0,23638	0,049002	0,8192	0,62055	0,93363	0,80209	0,91226	0,83097	0,455
Ca ppm	-0,90416	0,18676	0,83743	-0,6082	0,83355	-0,62771	0,90868	0,36328	-0,76362		0,16507	0,29457	0,13739	0,86412	0,41122	0,31594	0,52365	0,043801
Mg ppm	-0,51981	0,31608	0,40951	-0,77441	0,4539	-0,22446	0,54139	-0,20815	-0,951	0,83493		0,79463	0,55777	0,76681	0,88125	0,82848	0,92409	0,32564
K ppm	0,93562	0,19165	-0,93876	0,010568	-0,85164	0,75081	-0,8988	-0,91254	0,1808	-0,70543	-0,20537		0,035851	0,82	0,055789	0,020212	0,34076	0,19242
Na ppm	-0,99572	-0,011852	0,98419	-0,26253	0,93194	-0,80107	0,97952	0,78462	-0,37945	0,86261	0,44223	-0,96415		0,98056	0,13771	0,045065	0,31191	0,066533
NO3	-0,029683	0,99561	0,14139	-0,79583	0,34065	-0,5046	0,16867	-0,21674	0,066372	0,13588	0,23319	0,18	-0,019445		0,50647	0,99806	0,42783	0,7385
NO2	-0,82186	-0,50086	0,78484	0,24733	0,64138	-0,49312	0,7427	0,87263	-0,19791	0,58878	0,11875	-0,94421	0,86229	-0,49353		0,13587	0,6129	0,36674
N-NH3	-0,92868	-0,018513	0,96527	-0,10786	0,91274	-0,86328	0,9177	0,91873	-0,087743	0,68406	0,17152	-0,97979	0,95494	0,0019412	0,86413		0,20405	0,16934
Dureza Total	-0,68034	0,53495	0,80327	-0,41935	0,87374	-0,98271	0,7528	0,67305	0,16903	0,47635	0,075909	-0,65924	0,68809	0,57217	0,3871	0,79595		0,29007
eH mV	0,96077	-0,28834	-0,94684	0,5899	-0,95861	0,82885	-0,98319	-0,54441	0,545	-0,9562	-0,67436	0,80758	-0,93347	-0,2615	-0,63326	-0,83086	-0,70993	

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Tabla VII:** Correlacion entre todas las variables en el mes de máxima mezcla del Caño (Enerp-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Sample_Dep	pH	eH	Temp oC	Cond (Us/cm)	O2 ppm	HCO3 ppm	Cloruros ppn	PO4 ppm	NO3 ppm	NO2 ppm	N-NH3 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm
Sample_Dep		0,10365	0,0088176	0,1583	0,037454	0,18488	0,32616	0,21388	0,5745	0,58457	0,54761	0,29052	0,44111	0,019203	0,034457	0,071901	0,65168
pH	0,72414		0,032743	0,97188	0,033282	0,92526	0,69019	0,34395	0,84532	0,39941	0,86505	0,023291	0,64165	0,34764	0,12786	0,024071	0,1731
eH	0,92232	0,84837		0,42669	0,065382	0,49056	0,74719	0,43456	0,90224	0,37908	0,96082	0,18605	0,22744	0,15737	0,13688	0,088957	0,32986
Temp oC	-0,65465	0,018748	-0,40422		0,44997	1,5116E-05	0,3739	0,45916	0,42752	0,8955	0,25075	0,90053	0,704	0,065286	0,39881	0,59531	0,32698
Cond (Us/cm)	-0,83752	-0,8471	-0,78325	0,38583		0,45653	0,31308	0,14902	0,94053	0,45898	0,54488	0,031626	0,96954	0,070241	0,056796	0,0001135	0,74612
O2 ppm	-0,62466	0,04987	-0,35447	0,99682	0,38071		0,3253	0,45326	0,39671	0,96288	0,19714	0,88238	0,81702	0,062366	0,39952	0,60119	0,28086
HCO3 ppm	-0,48795	-0,20961	-0,17018	0,44721	0,49948	0,4887		0,18346	0,11622	0,37763	0,0196	0,83986	0,3739	0,069565	0,049105	0,37661	0,84593
Cloruros ppn	-0,59391	-0,47254	-0,39797	0,37866	0,66562	0,38326	0,62621		0,96869	0,47403	0,57543	0,28282	0,87604	0,21233	0,088468	0,1496	0,82518
PO4 ppm	-0,29196	0,10349	-0,065266	0,40356	0,039671	0,4284	0,70697	-0,020873		0,045188	0,060196	0,40562	0,77238	0,24357	0,33176	0,91242	0,87761
NO3 ppm	0,28464	0,4262	0,44291	-0,069783	-0,37879	-0,024751	0,44411	-0,36714	0,82101		0,1966	0,18643	0,37592	0,9273	0,94946	0,39819	0,94685
NO2 ppm	0,31169	-0,090211	-0,026128	-0,55715	-0,31371	-0,61143	-0,8834	-0,29128	-0,79236	-0,61201		0,8079	0,25075	0,11119	0,26973	0,65035	0,48785
N-NH3 ppm	-0,5198	-0,87266	-0,62338	-0,066408	0,85105	-0,078572	0,10717	0,52687	-0,42115	-0,62297	0,12878		0,94891	0,52485	0,33314	0,012032	0,57614
SO4 ppm	-0,39279	-0,24373	-0,58012	0,2	-0,020307	0,1226	-0,44721	-0,082832	-0,15294	-0,44554	0,55715	-0,03407		0,98535	0,98545	0,91181	0,41794
Ca ppm	-0,88461	-0,46938	-0,65574	0,78341	0,775	0,7885	0,77613	0,59551	0,56413	0,048502	-0,71374	0,32859	0,0097682		0,026666	0,12905	0,91252
Mg ppm	-0,84435	-0,69178	-0,68041	0,42669	0,79853	0,42611	0,81315	0,74617	0,48307	0,033705	-0,53906	0,48187	0,0096974	0,86353		0,083103	0,56821
K ppm	-0,77225	-0,8705	-0,74543	0,27687	0,99137	0,27263	0,44496	0,66492	-0,058453	-0,42719	-0,23757	0,90905	-0,058864	0,69026	0,75435		0,70773
Na ppm	0,23663	0,63772	0,48472	0,48724	-0,17092	0,52868	0,10308	0,11708	-0,081775	-0,035446	-0,35654	-0,29077	-0,41122	0,058383	-0,29655	-0,19741	

**Tabla VIII:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima mezcla de la Zona Profunda (Mayo-2016). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Sample_Dep	pH	eH	Temp oC	Cond Us/cm	O2 ppm	HCO3 ppm	Cloruros ppn	Dureza T pp	PO4 ppm	NO3 ppm	NO2 ppm	N-NH3 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm
Sample_Dep		0,41195	0,69631	0,28218	0,00029577	0,0063462	0,002081	0,14607	0,094676	0,17114	0,87178	0,48886	0,84071	0,1701	0,14165	0,71863	0,45912	0,033396
pH	-0,37149		0,30152	0,89625	0,38463	0,63687	0,56822	0,42552	0,70442	0,37696	0,93653	0,16164	0,86422	0,31246	0,10662	0,12997	0,25383	0,17083
eH	-0,18188	0,45789		0,4022	0,84923	0,56102	0,96726	0,78387	0,6928	0,95339	0,044279	0,22983	0,049026	0,65654	0,91406	0,88495	0,97614	0,90656
Temp oC	-0,47434	-0,061229	0,37869		0,25919	0,037184	0,49812	0,98412	0,03644	0,37452	0,189	0,96894	0,10973	0,90895	0,48551	0,18872	0,64006	0,46289
Cond Us/cm	-0,96995	0,39186	0,089167	0,49457		0,0040088	0,0076939	0,18873	0,14139	0,19948	0,67658	0,71353	0,74472	0,091474	0,12292	0,90335	0,6528	0,023593
O2 ppm	-0,89589	0,21912	0,26811	0,78338	0,91371		0,058428	0,2742	0,049151	0,18878	0,74174	0,727	0,67795	0,26976	0,50506	0,49374	0,9558	0,097689
HCO3 ppm	-0,93391	0,26338	0,019289	0,31036	0,88734	0,73768		0,36197	0,077404	0,35584	0,60884	0,73806	0,66192	0,33216	0,137	0,72813	0,39305	0,056588
Cloruros ppn	-0,60969	0,36156	0,12837	-0,0093553	0,56244	0,48128	0,40921		0,98028	0,19465	0,84021	0,12733	0,43216	0,039201	0,12609	0,93161	0,43224	0,33425
Dureza T pp	-0,6772	-0,17686	0,18406	0,78521	0,61527	0,75627	0,7041	-0,011614		0,47878	0,49488	0,91211	0,36979	0,80602	0,82819	0,096669	0,91838	0,33656
PO4 ppm	-0,58121	0,39769	0,027463	0,39955	0,55139	0,56239	0,41398	0,55632	0,32372		0,77114	0,12528	0,80254	0,3259	0,58068	0,47239	0,10354	0,027751
NO3 ppm	-0,075746	0,037412	-0,78681	-0,56216	0,19415	-0,15395	0,23702	0,094547	-0,31259	-0,13607		0,36512	0,004844	0,20046	0,15198	0,27976	0,93714	0,61659
NO2 ppm	0,31673	-0,59174	-0,52164	0,018297	-0,17124	-0,16297	-0,1562	-0,63263	0,051839	-0,63524	0,40678		0,88938	0,67676	0,50457	0,96151	0,055764	0,42673
N-NH3 ppm	-0,094248	0,080239	-0,75653	-0,6558	0,15213	-0,1933	0,20333	0,35675	-0,40318	0,11711	0,90678	0,065298		0,14047	0,12615	0,43517	0,48521	0,53115
SO4 ppm	-0,58235	0,44879	-0,2067	-0,053712	0,68198	0,48517	0,43274	0,7785	-0,11502	0,4378	0,5504	-0,19403	0,61638		0,03096	0,40556	0,76399	0,16284
Ca ppm	-0,61496	0,66009	-0,050691	-0,31904	0,63827	0,30562	0,6206	0,6342	-0,10173	0,25523	0,60277	-0,30595	0,63412	0,79943		0,18088	0,35349	0,15373
Mg ppm	-0,16811	-0,62929	-0,067929	0,56246	0,057026	0,31337	0,16227	-0,040317	0,67427	0,32817	-0,47644	-0,022681	-0,35457	-0,3762	-0,57071		0,90712	0,9826
K ppm	0,33749	-0,4994	-0,014058	0,2171	-0,20906	-0,026047	-0,38552	-0,35669	-0,048136	-0,66439	-0,037055	0,74284	-0,31925	-0,1404	-0,41582	-0,054794		0,15447
Na ppm	-0,79295	0,58154	-0,055122	0,33483	0,82097	0,67278	0,74123	0,43106	0,42922	0,80841	0,23204	-0,36068	0,28796	0,59062	0,60074	0,010247	-0,5999	

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Tabla IX:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima mezcla de la Muelle (Marzo-2017). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Sample_Dep	pH	eH	Temp oC	Cond Us/cm	O2 ppm	HCO3 ppm	Cloruros ppm	Dureza l ppm	PO4 ppm	NO3 ppm	NO2 ppm	N-NH3 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm
Sample_Dep		0,60129	0,61224	0,77687	0,54781	0,1711	0,5594	0,016834	0,10862	0,090251	0,87235	0,47536	0,72617	0,11137	0,0011951	0,06377	0,031986	0,45399
pH	-0,31863		0,53358	0,41387	0,52682	0,38745	0,82189	0,27851	0,10469	0,21158	0,027042	0,43441	0,66997	0,1863	0,50655	0,76722	0,56137	0,26781
eH	-0,30956	0,37534		0,96639	0,00025113	0,67016	0,1637	0,44375	0,89647	0,94212	0,98832	0,39893	0,38173	0,85191	0,46935	0,19167	0,97993	0,43504
Temp oC	0,17616	0,4794	0,026403		0,92312	0,43212	0,90826	0,95004	0,77548	0,77991	0,2778	0,6365	0,074591	0,94402	0,809	0,71309	0,89879	0,37205
Cond Us/cm	0,36331	-0,38107	-0,99647	-0,060422		0,67279	0,19803	0,39706	0,65059	0,8807	0,98184	0,36143	0,42257	0,81778	0,41382	0,15644	0,93419	0,47963
O2 ppm	-0,71897	0,50323	0,26208	-0,46315	-0,25995		0,64275	0,10014	0,12981	0,18437	0,61427	0,92232	0,439	0,050198	0,14946	0,34224	0,33008	0,83861
HCO3 ppm	-0,35355	0,14035	-0,72739	0,072116	0,68918	0,28447		0,65967	0,41865	0,23498	0,5389	0,48029	0,36783	0,32728	0,68479	0,78223	0,22672	0,38156
Cloruros ppm	-0,9415	0,60615	0,45287	-0,039252	-0,49451	0,8052	0,27064		0,026106	0,048187	0,54247	0,71386	0,77494	0,042402	0,0063298	0,095121	0,075731	0,83299
Dureza T ppm	0,7941	-0,79895	-0,24074	-0,17727	0,27805	-0,76747	-0,47513	-0,92147		0,0059445	0,20762	0,81217	0,84527	0,0075419	0,091823	0,36021	0,088942	0,96165
PO4 ppm	0,8185	-0,67463	-0,045476	-0,17373	0,093835	-0,70414	-0,6501	-0,88133	0,97086		0,26891	0,82414	0,7107	0,012485	0,098546	0,42017	0,030518	0,79474
NO3 ppm	-0,10042	0,91958	0,0091734	0,60685	-0,014266	0,30789	0,37083	0,36781	-0,67886	-0,61567		0,16744	0,3291	0,28492	0,81697	0,79111	0,64325	0,30996
NO2 ppm	0,42524	0,46112	-0,49282	0,28959	0,52707	0,061045	0,42097	-0,22669	-0,14806	-0,13856	0,72312		0,38532	0,74493	0,47368	0,15652	0,76264	0,45593
N-NH3 ppm	-0,21678	-0,26224	0,50843	-0,84053	-0,47164	0,45706	-0,52117	0,1777	0,12182	0,22924	-0,55729	-0,50516		1	0,66948	0,38839	0,77003	0,80341
SO4 ppm	-0,79057	0,702	0,11658	-0,043979	-0,14361	0,87802	0,55902	0,89115	-0,96583	-0,95212	0,59984	0,20171	-7,6107E-16		0,1064	0,41782	0,10388	0,87609
Ca ppm	-0,99002	0,39836	0,43046	-0,15058	-0,47944	0,74389	0,2502	0,96961	-0,81636	-0,80732	0,14425	-0,42669	0,26264	0,79699		0,04056	0,058686	0,59208
Mg ppm	-0,85659	0,18387	0,89611	-0,22731	-0,73575	0,54493	-0,17189	0,8119	-0,5282	-0,47377	-0,16481	-0,73566	0,50237	0,47587	0,89436		0,28225	0,68444
K ppm	-0,90997	0,3519	-0,015786	0,079576	-0,051708	0,55636	0,65868	0,83888	-0,82029	-0,91277	0,28406	-0,18753	-0,18162	0,80027	0,86443	0,60246		0,40654
Na ppm	0,44388	0,61677	0,46056	0,51729	-0,42154	-0,1271	-0,50858	-0,13155	-0,030127	0,16192	0,57553	0,44218	-0,15503	-0,097477	-0,32626	-0,25048	-0,48597	

**Tabla X:** Correlación entre todas las variables en el mes de máxima mezcla de la Desembocadura del Rio Playayacu (Enero-2017). Coeficientes de correlación en el triángulo bajo.

	Sample_Dep	pH	eH	Temp oC	Cond Us/cm	O2 ppm	HCO3 ppm	Cloruros ppm	PO4 ppm	NO3 ppm	NO2 ppm	N-NH3 ppm	SO4 ppm	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm
Sample_Dep		0,15442	0,4758	1	0,27296	0,20906	9,0032E-06	0,13174	0,09599	0,26869	0,40652	0,82824	0,33333	0,11925	0,052389	0,39698	0,31633
pH	-0,97073		0,63022	0,84558	0,42738	0,36348	0,15442	0,022679	0,058431	0,11427	0,2521	0,98266	0,17891	0,035167	0,20681	0,24255	0,16191
eH	-0,73347	0,54873		0,5242	0,20284	0,26674	0,4758	0,60754	0,57179	0,74449	0,88232	0,35244	0,80913	0,59505	0,42341	0,87278	0,79213
Temp oC	-2,4614E-14	0,24019	-0,67972		0,72704	0,79094	1	0,86826	0,90401	0,73131	0,59348	0,17176	0,66667	0,88075	0,94761	0,60302	0,68367
Cond Us/cm	-0,90948	0,783	0,94967	-0,41575		0,063898	0,27296	0,4047	0,36895	0,54165	0,67948	0,55528	0,60629	0,39221	0,22057	0,66994	0,5893
O2 ppm	-0,94656	0,84138	0,9135	-0,32252	0,99497		0,20906	0,3408	0,30505	0,47776	0,61558	0,61918	0,5424	0,32832	0,15667	0,60604	0,5254
HCO3 ppm	-1	0,97073	0,73347	-9,8456E-14	0,90948	0,94656		0,13174	0,09599	0,26869	0,40652	0,82824	0,33333	0,11925	0,052389	0,39698	0,31633
Cloruros ppm	-0,97866	0,99937	0,57816	0,20547	0,80465	0,8601	0,97866		0,035752	0,13695	0,27478	0,95998	0,20159	0,012489	0,18413	0,26523	0,18459
PO4 ppm	0,98865	-0,99579	-0,62305	-0,15021	-0,83671	-0,88738	-0,98865	-0,99842		0,1727	0,31053	0,92423	0,23734	0,023263	0,14838	0,30099	0,22034
NO3 ppm	-0,91225	0,98393	0,39066	0,40964	0,65936	0,73138	0,91225	0,97695	-0,96343		0,13783	0,90307	0,064639	0,14944	0,32108	0,12828	0,047641
NO2 ppm	0,80296	-0,92261	-0,1838	-0,59604	-0,48247	-0,56781	-0,80296	-0,90829	0,88338	-0,97666		0,76524	0,073186	0,28727	0,45891	0,0095439	0,090185
N-NH3 ppm	0,26654	-0,027236	-0,85063	0,96382	-0,64312	-0,56315	-0,26654	-0,062821	0,11874	0,15167	-0,36046		0,83843	0,94749	0,77585	0,77479	0,85543
SO4 ppm	-0,86603	0,96077	0,29534	0,5	0,57976	0,65848	0,86603	0,95028	-0,9313	0,99485	-0,9934	0,25108		0,21408	0,38572	0,063643	0,016998
Ca ppm	-0,98251	0,99847	0,59405	0,18623	0,81615	0,86994	0,98251	0,99981	-0,99933	0,97257	-0,89991	-0,082386	0,94399		0,17164	0,27772	0,19708
Mg ppm	-0,99662	0,9477	0,78686	-0,082199	0,94058	0,96987	0,99662	0,95846	-0,97296	0,87549	-0,75124	-0,34487	0,82199	0,96387		0,44936	0,36872
K ppm	-0,8118	0,92829	0,19852	0,58394	0,49555	0,58009	0,8118	0,91446	-0,8903	0,97977	-0,99989	0,34643	0,99501	0,90634	0,76105		0,080641
Na ppm	-0,87907	0,96783	0,32074	0,4767	0,60131	0,67834	0,87907	0,95826	-0,9407	0,9972	-0,98998	0,22515	0,99964	0,95246	0,83691	0,99199	

## ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Tabla XI:** Cargas factoriales del ACP generado a partir de parámetros fisicoquímicos medidos in-situ, en los periodos de estratificación del Caño

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
pH	0.9688	0,1708	0,04865	0.1562	0.07433
eH	-0,7351	0.5377	0.4096	0.05125	-0,006362
Temperatura	0.9881	0,05622	0.07307	0.07717	-0.09614
Conductividad	0,07402	-0.9535	0.292	0.004456	0.009333
O2 disuelto	0.9261	0,2644	0.1729	-0.2054	0.01902

**Tabla XII:** Porcentaje de la varianza que explica cada componente, de los parámetros fisicoquímicos medidos in-situ en los periodos de estratificación del Caño

PC	Eigenvalue	% variance
1	3,31835	66,367
2	1,30056	26,011
3	0,290627	5,8125
4	0,0752015	1,504
5	0,0152583	0,30517

**Tabla XIII:** Cargas factoriales del ACP generado a partir de parámetros fisicoquímicos medidos in-situ, en los periodos de estratificación de la Zona Profunda

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
pH	0.4793	0.2471	0,7411	-0.3323	-0.2228
eH	0.3842	-0.6449	0.2756	0.5763	0.1685
Temperatura	0.4745	0.3188	-0.407	0.4061	-0.5854
Conductividad	-0.4345	0.4936	0.4154	0.6254	0.06165
O2 disuelto	0.4569	0.4216	-0.1914	0.03699	0.7586

# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

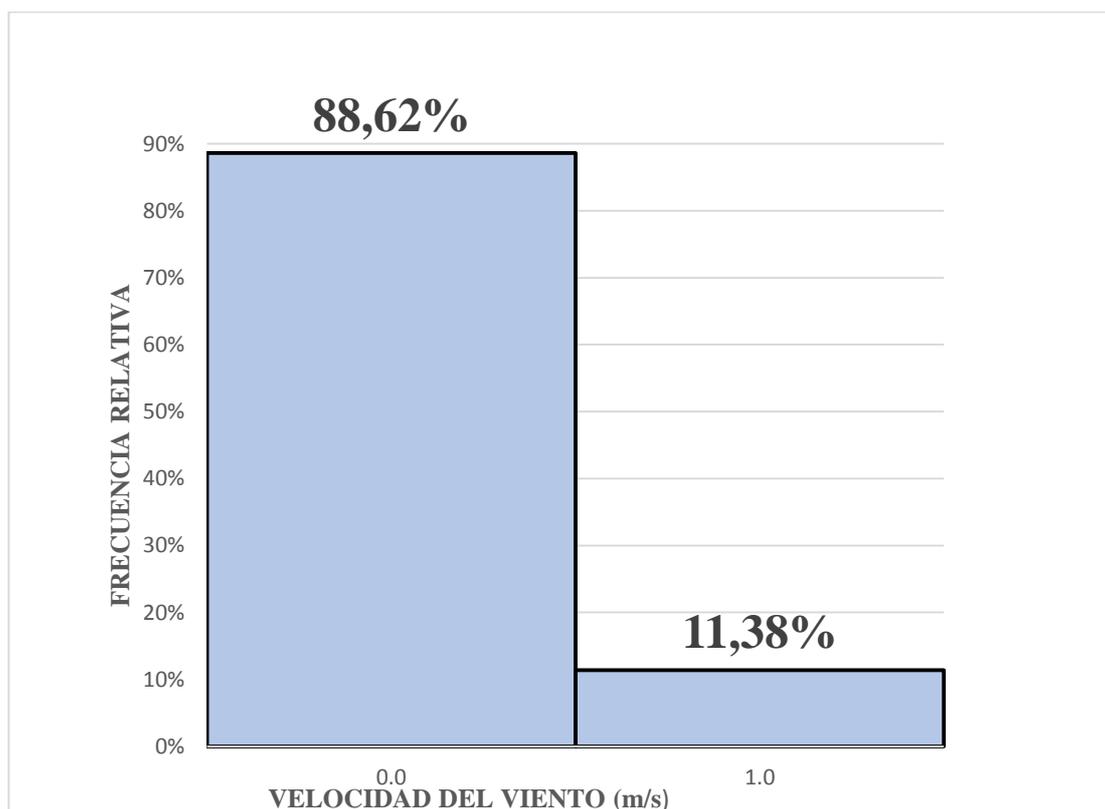
**Tabla XIV:** Porcentaje de la varianza que explica cada componente, de los parámetros fisicoquímicos medidos in-situ en los periodos de estratificación del Caño

PC	Eigenvalue	% variance
1	3,93987	78,797
2	0,982023	19,64
3	0,0602069	1,2041
4	0,0163676	0,32735
5	0,00153511	0,030702

## ANEXO B

### B-1 Figuras

**Figura III:** Frecuencia Relativa de Velocidad de la Velocidad del Viento en Diciembre-2016



# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Figura IV: Profundidad de la Termoclina en el mes más estratificado del Caño

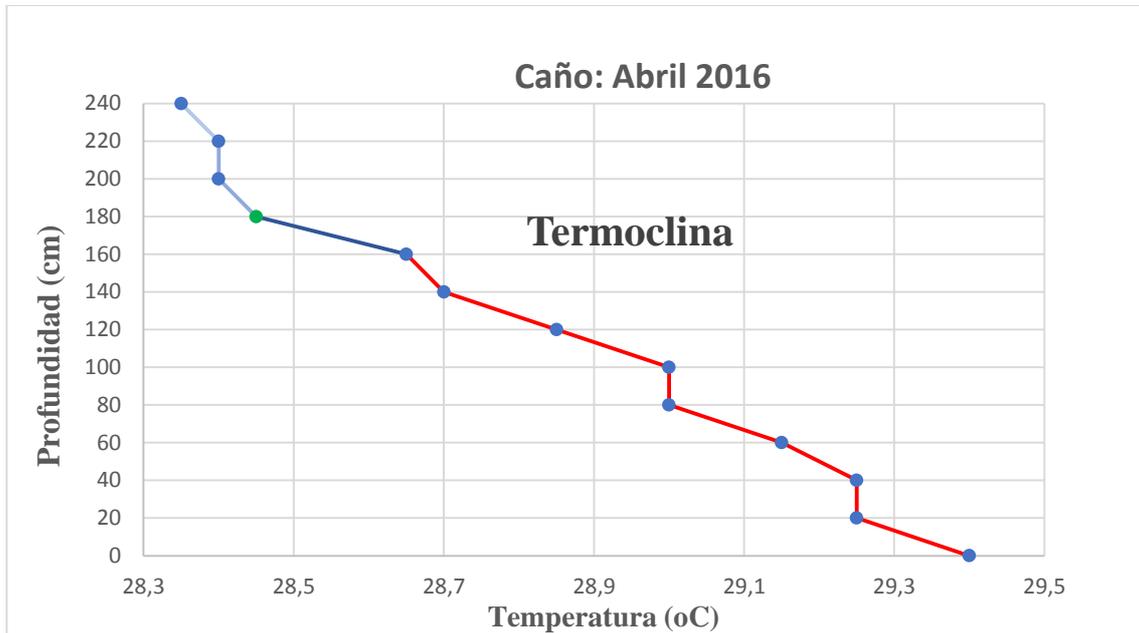


Figura V: Profundidad de la Termoclina en el mes más estratificado de la Zona Profunda

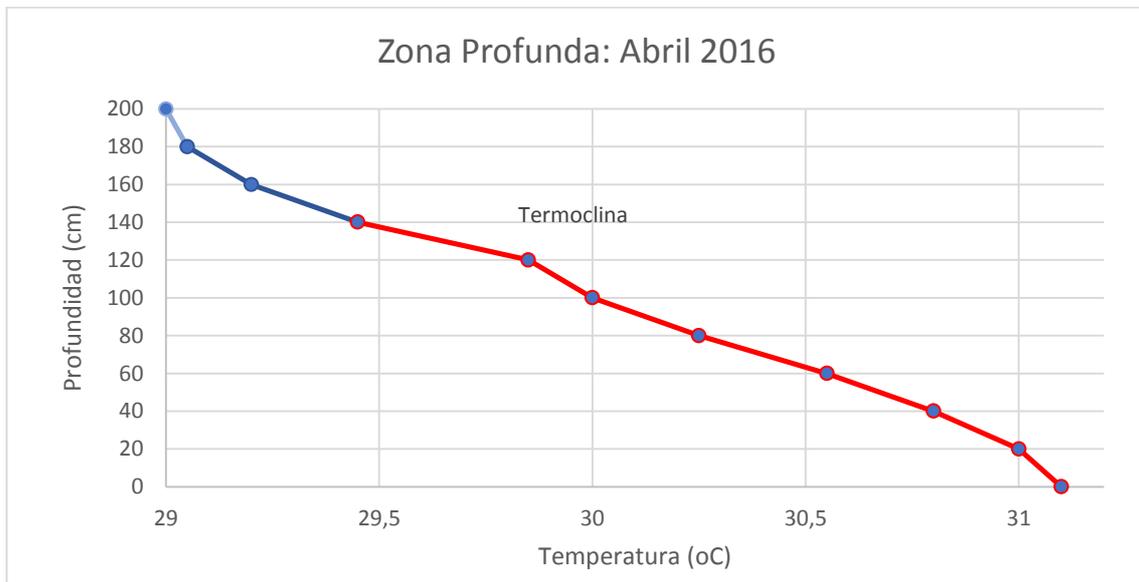
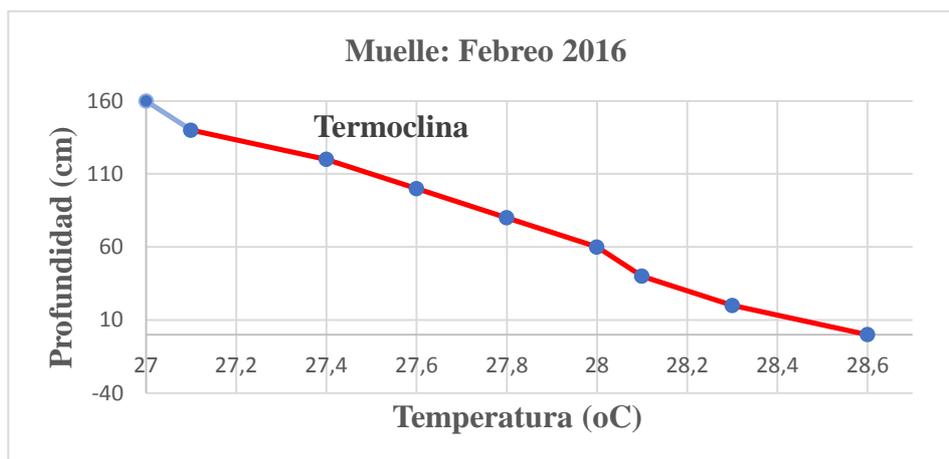
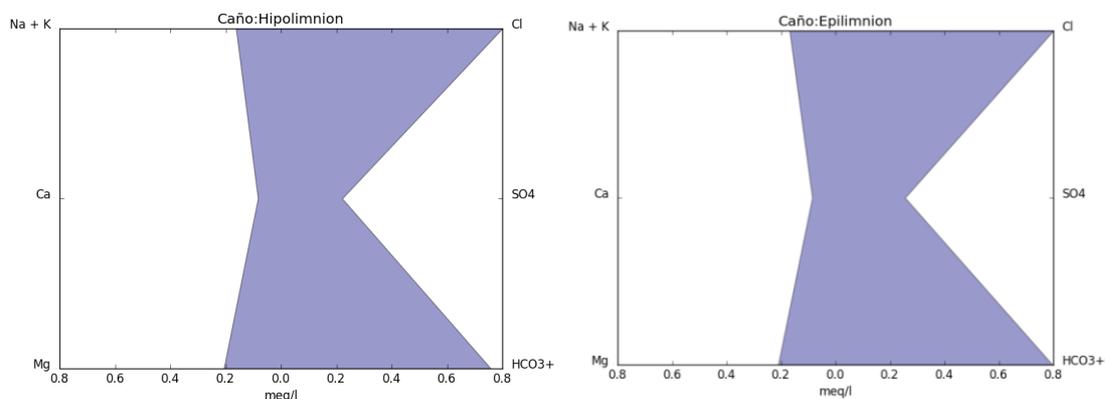


Figura VI: Profundidad de la Termoclina en el mes más estratificado del Muelle

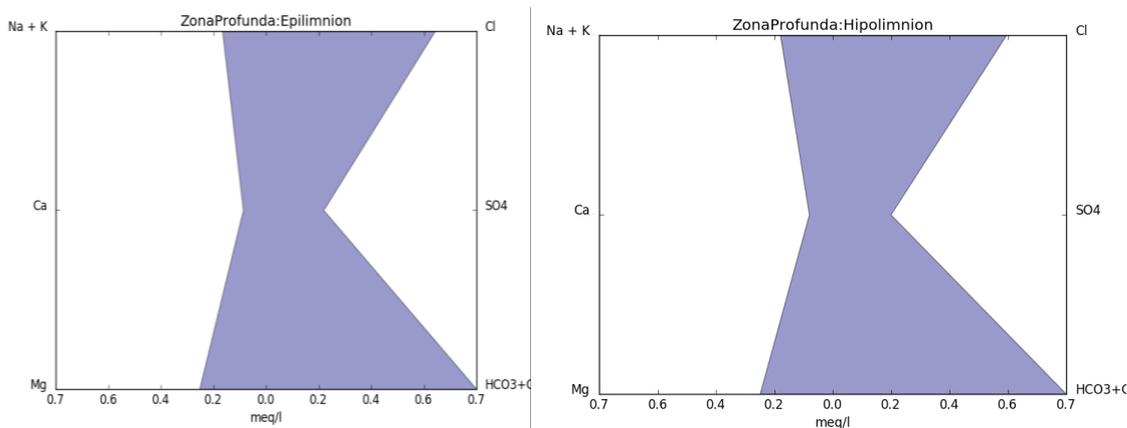
# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA



**Figura VII y VIII:** Facies Hidroquímicas del Caño (Abril-2016) en el Epilimnion y en el Hipolimnion respectivamente

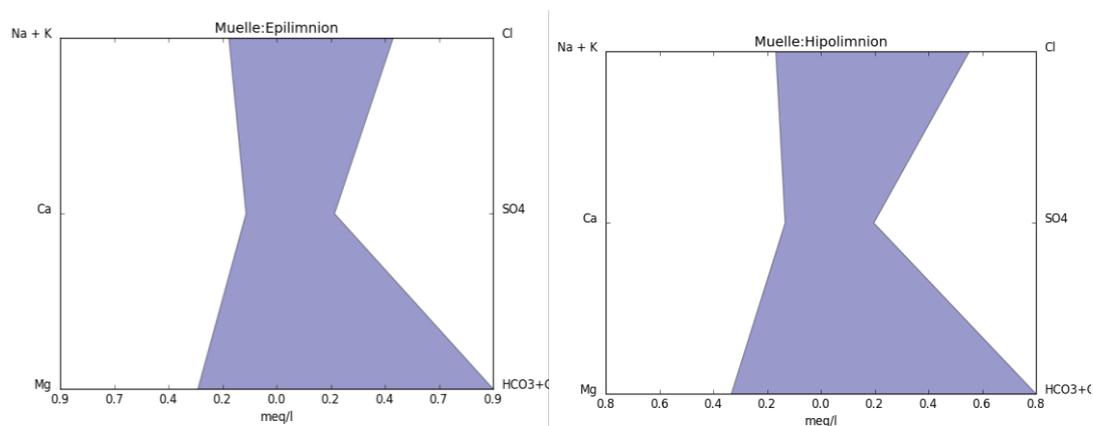


**Figura IX y X:** Facies Hidroquímicas de la Zona Profunda (Abril-2016) en el Epilimnion y en el Hipolimnion respectivamente

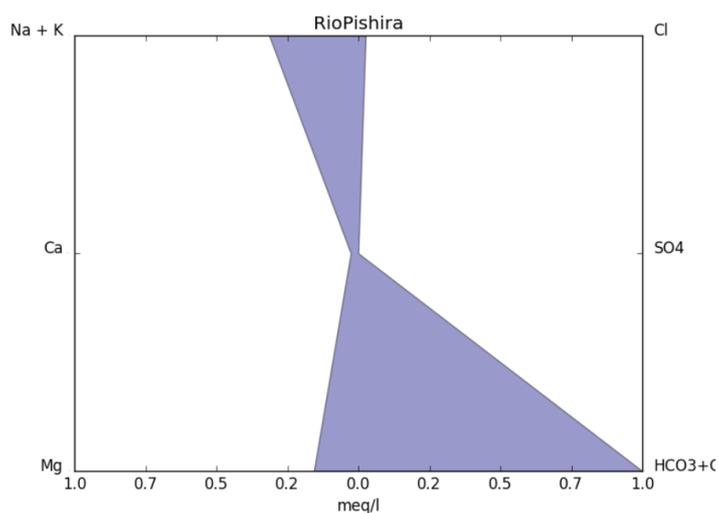


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Figura XI y XII:** Facies Hidroquímicas del Muelle (Febrero-2016) en el Epilimnion y en el Hipolimnion respectivamente

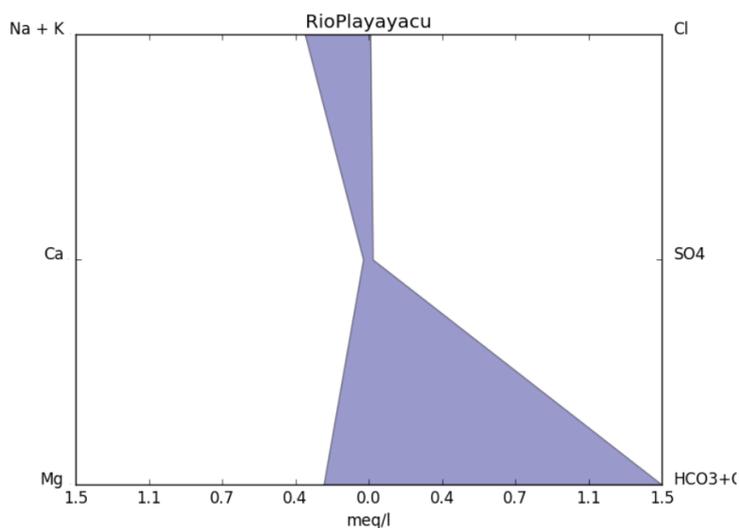


**Figura XIII:** Facies Hidroquímicas del Rio Pishira (2016-2017). Medias Globales

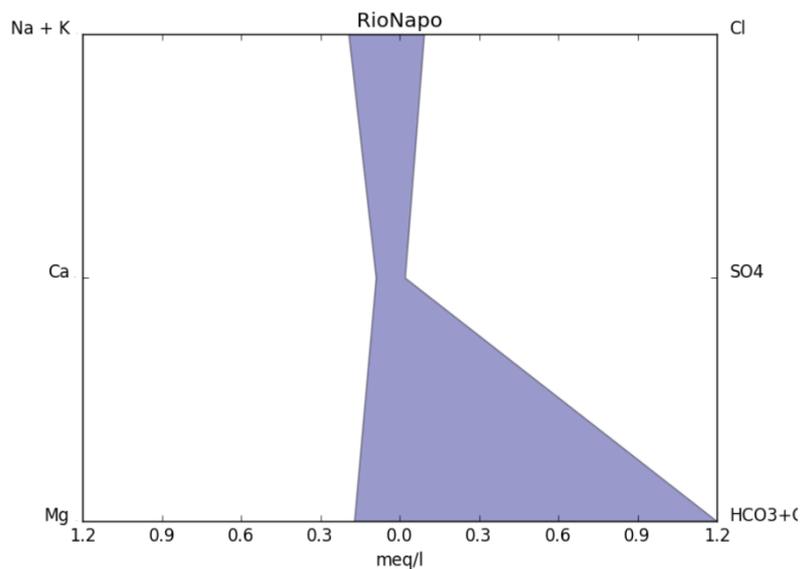


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Figura XIV:** Facies Hidroquímicas del Rio Playayacu (2016-2017). Medias Globales

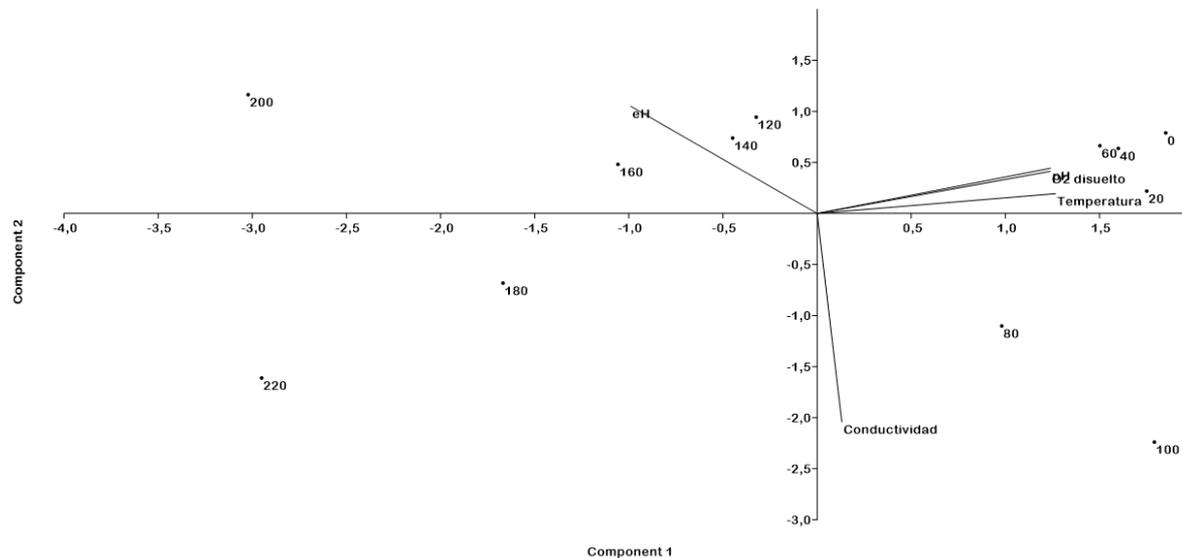


**Figura XV:** Facies Hidroquímicas del Rio Napo (2016-2017). Medias Globales

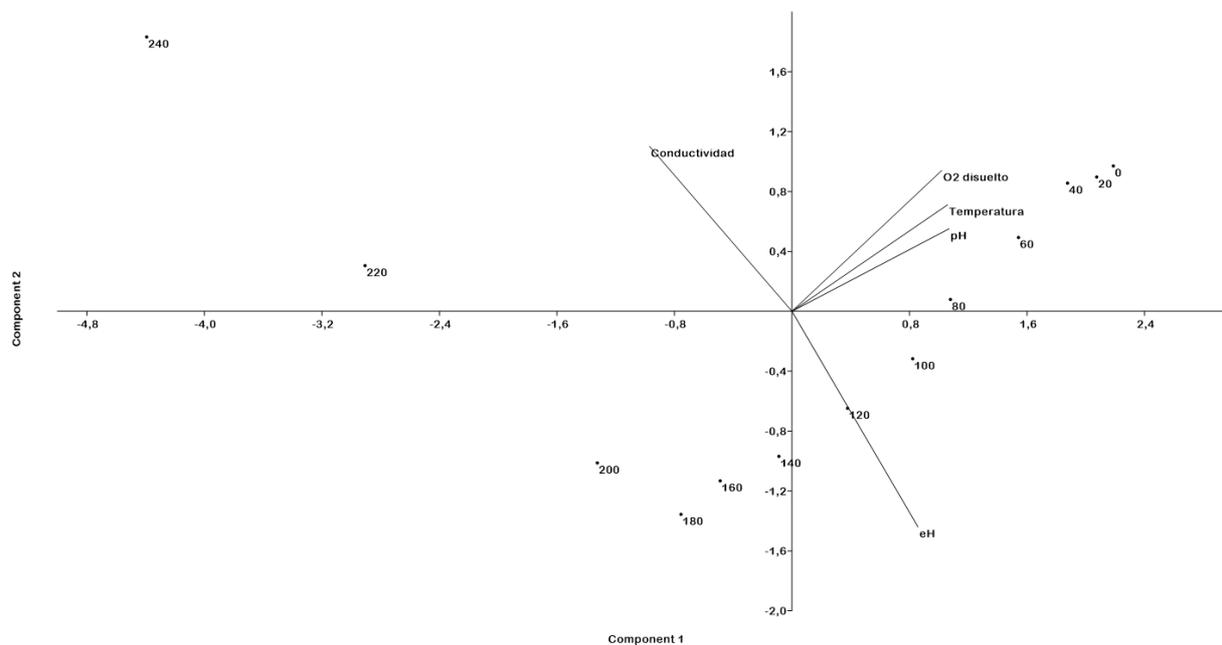


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Figura XVI:** Biplot. Diagrama de Componentes Principales generado a partir de parámetros fisicoquímicos medidos in-situ en periodos de estratificación en el Caño (CP1-CP2)



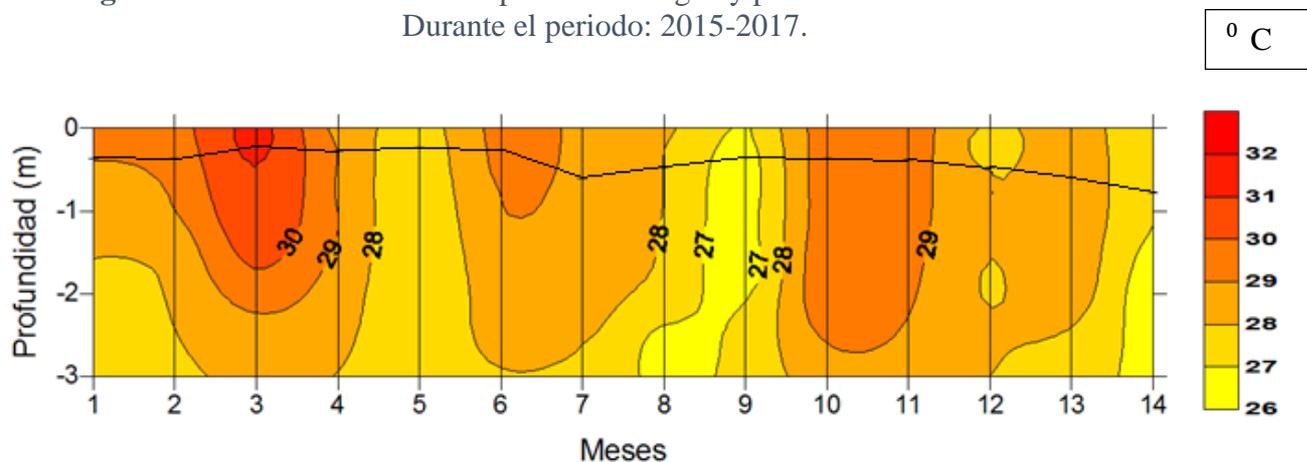
**Figura XVII:** Biplot. Diagrama de Componentes Principales generado a partir de parámetros fisicoquímicos medidos in-situ en periodos de estratificación de la Zona Profunda (CP1-CP2)



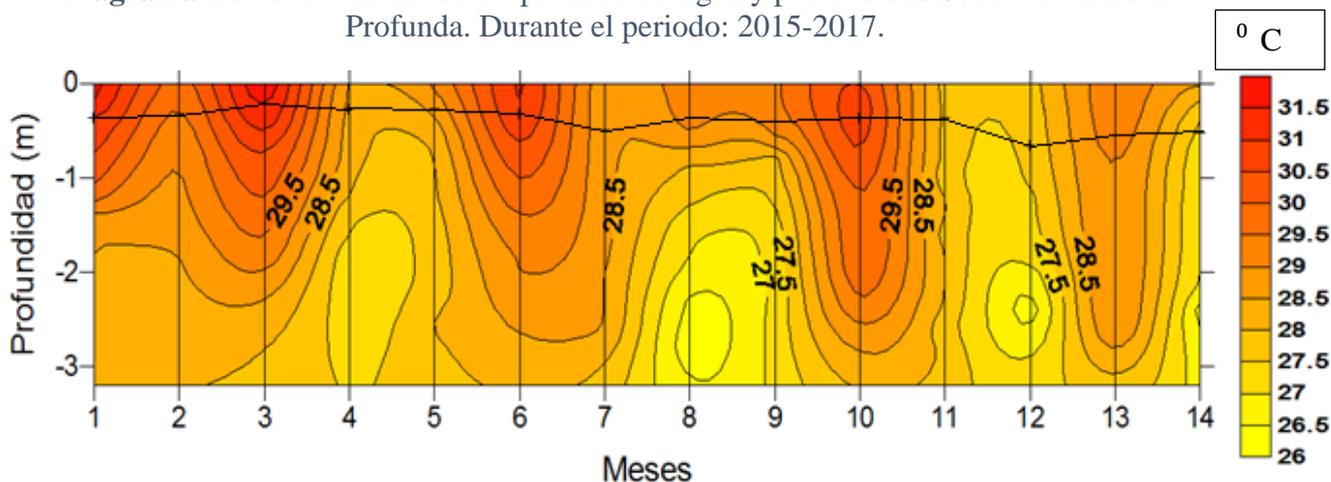
# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

## B-1 Diagramas de Isolíneas

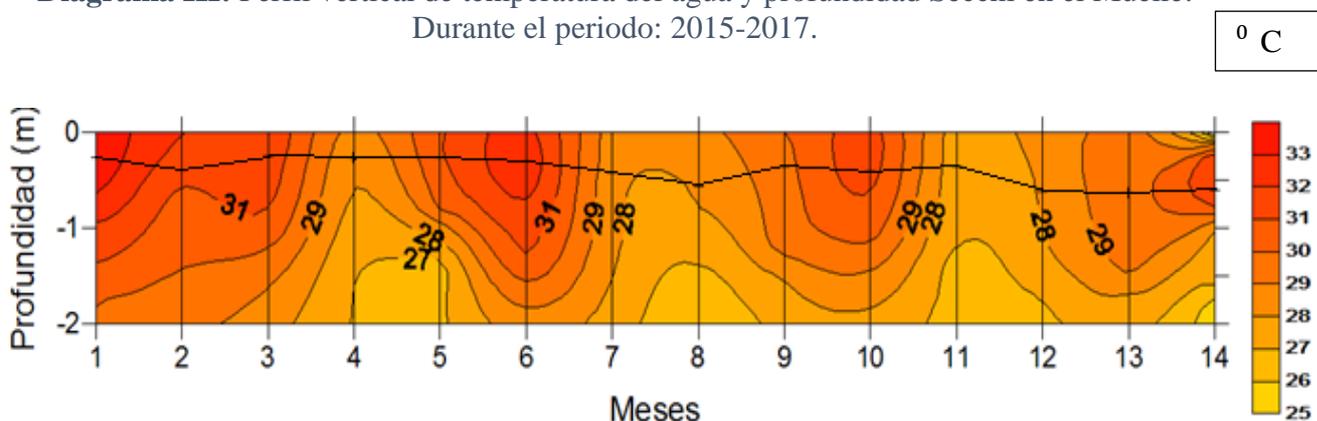
**Diagrama I:** Perfil vertical de temperatura del agua y profundidad Secchi en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.



**Diagrama II:** Perfil vertical de temperatura del agua y profundidad Secchi en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

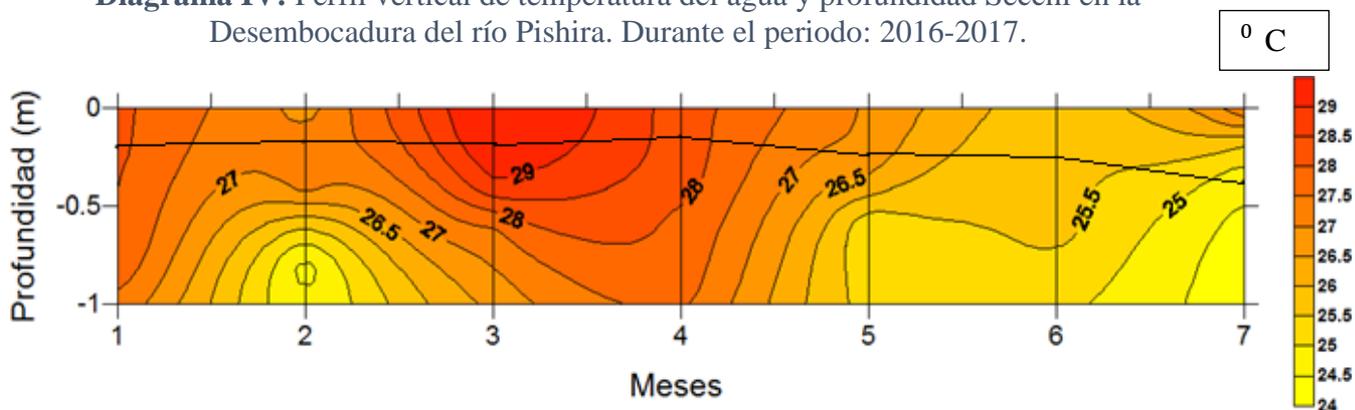


**Diagrama III:** Perfil vertical de temperatura del agua y profundidad Secchi en el Muelle. Durante el periodo: 2015-2017.

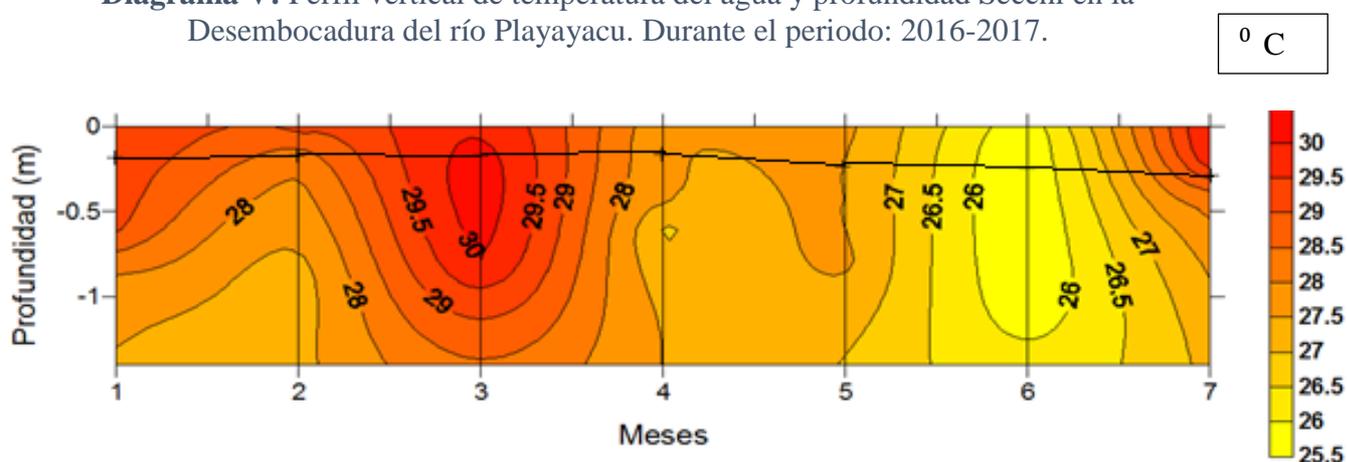


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

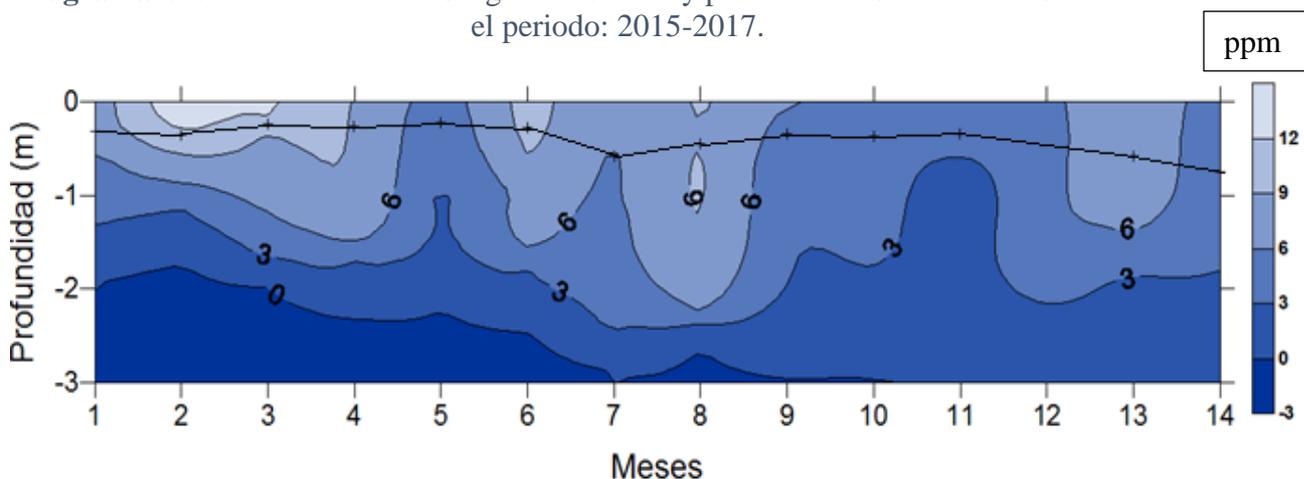
**Diagrama IV:** Perfil vertical de temperatura del agua y profundidad Secchi en la Desembocadura del río Pishira. Durante el periodo: 2016-2017.



**Diagrama V:** Perfil vertical de temperatura del agua y profundidad Secchi en la Desembocadura del río Playayacu. Durante el periodo: 2016-2017.

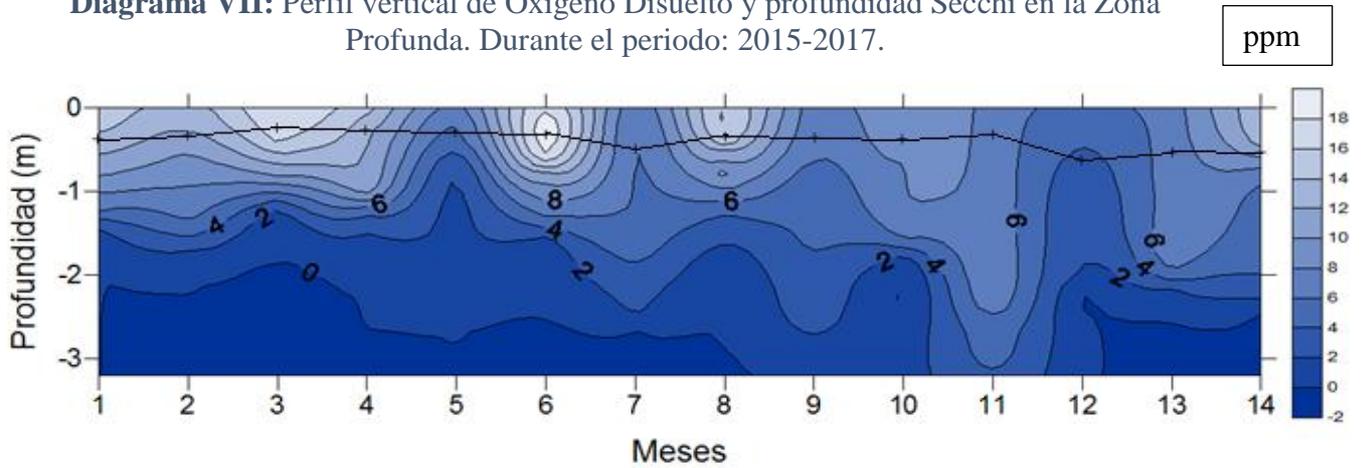


**Diagrama VI:** Perfil vertical de Oxígeno Disuelto y profundidad Secchi en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.

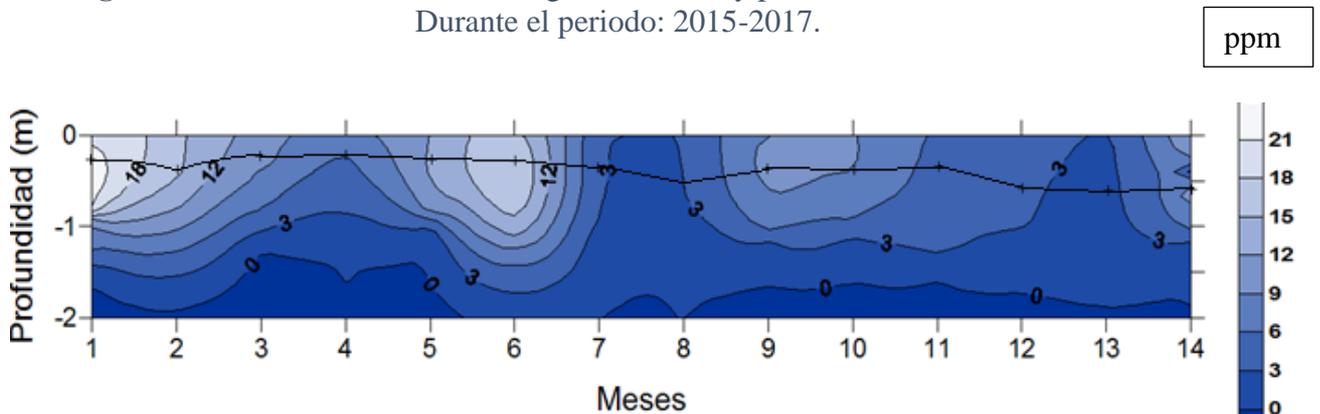


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

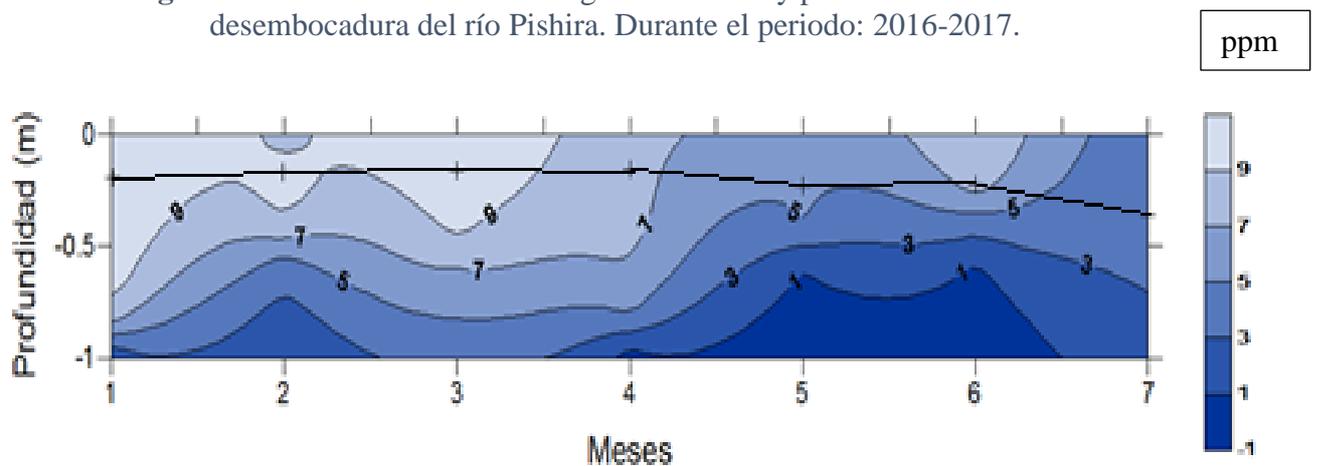
**Diagrama VII:** Perfil vertical de Oxígeno Disuelto y profundidad Secchi en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.



**Diagrama VIII:** Perfil vertical de Oxígeno Disuelto y profundidad Secchi en el Muelle. Durante el periodo: 2015-2017.

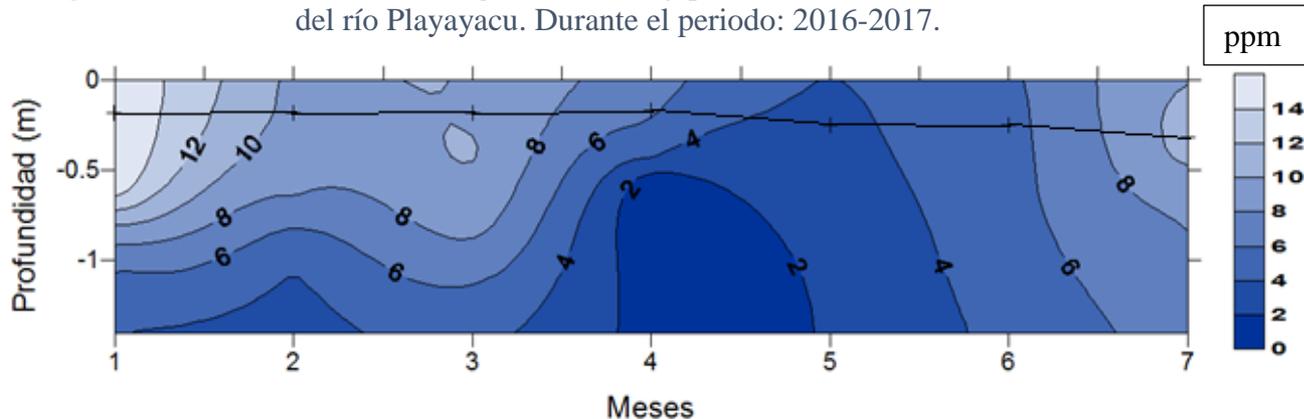


**Diagrama IX:** Perfil vertical de Oxígeno Disuelto y profundidad Secchi en la desembocadura del río Pishira. Durante el periodo: 2016-2017.

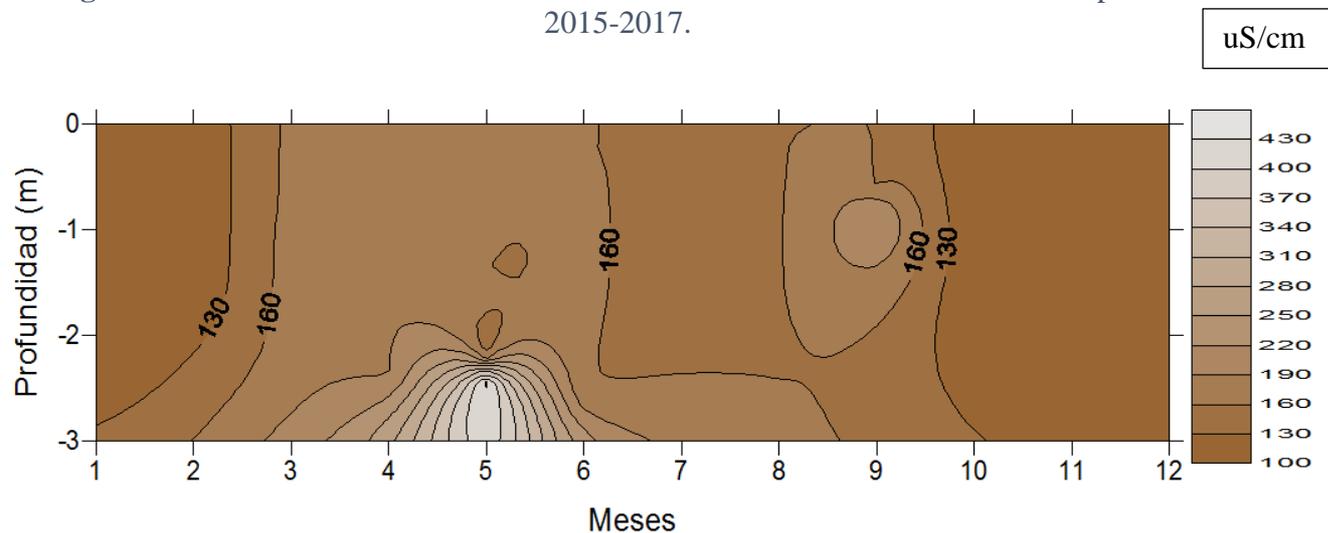


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

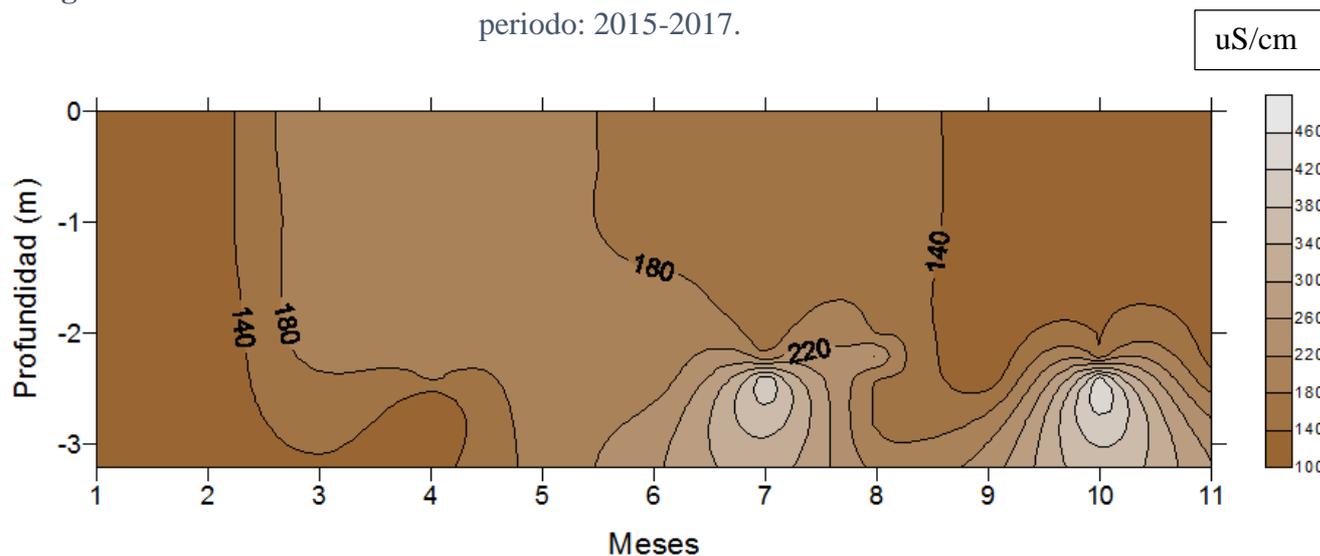
**Diagrama X:** Perfil vertical de Oxígeno Disuelto y profundidad Secchi en la desembocadura del río Playayacu. Durante el periodo: 2016-2017.



**Diagrama XI:** Perfil vertical de la Conductividad eléctrica en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.

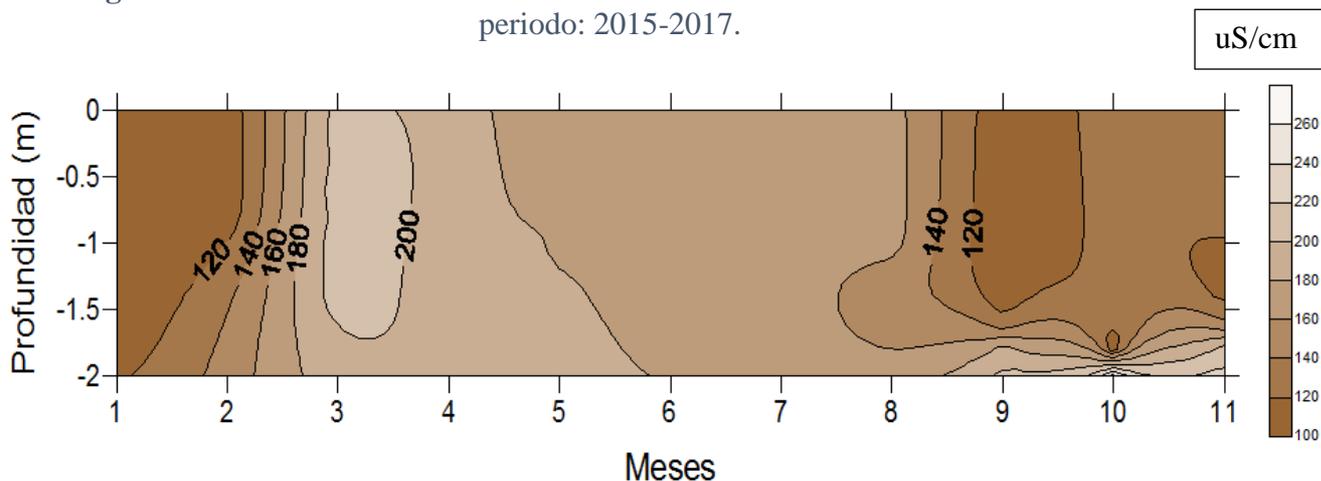


**Diagrama XII:** Perfil vertical de la Conductividad eléctrica en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

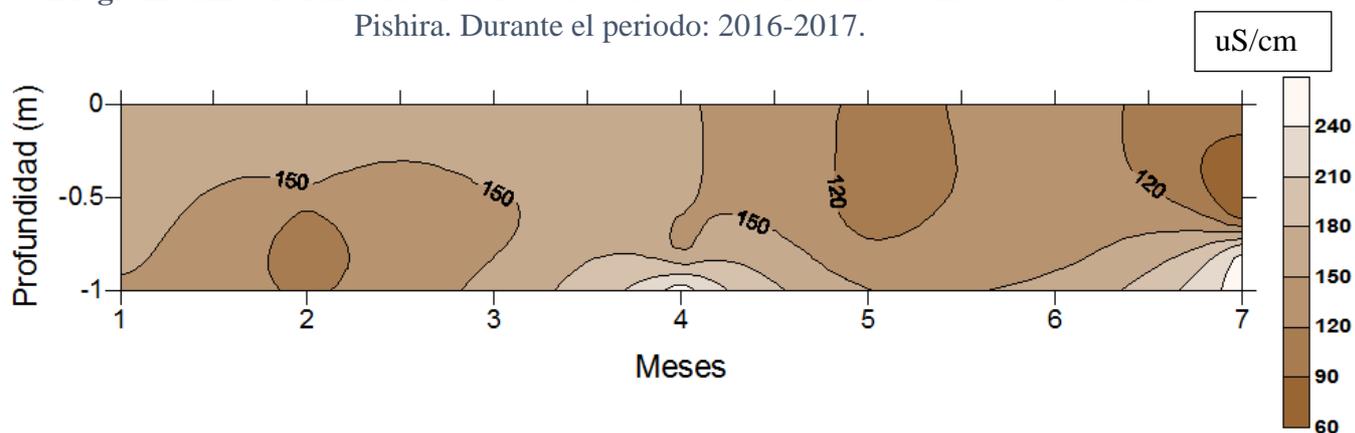


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

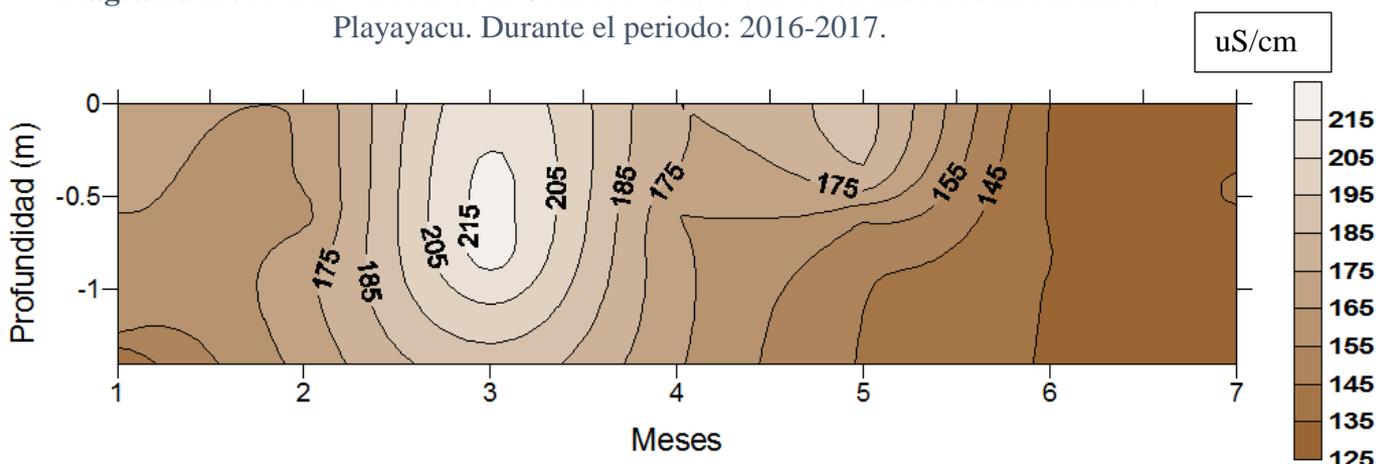
**Diagrama XIII:** Perfil vertical de la Conductividad eléctrica en el Muelle. Durante el periodo: 2015-2017.



**Diagrama XIV:** Perfil vertical de la Conductividad eléctrica en desembocadura del río Pishira. Durante el periodo: 2016-2017.



**Diagrama XV:** Perfil vertical de la Conductividad eléctrica en desembocadura del río Playayacu. Durante el periodo: 2016-2017.



# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Diagrama XVI: Perfil vertical de la pH en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.

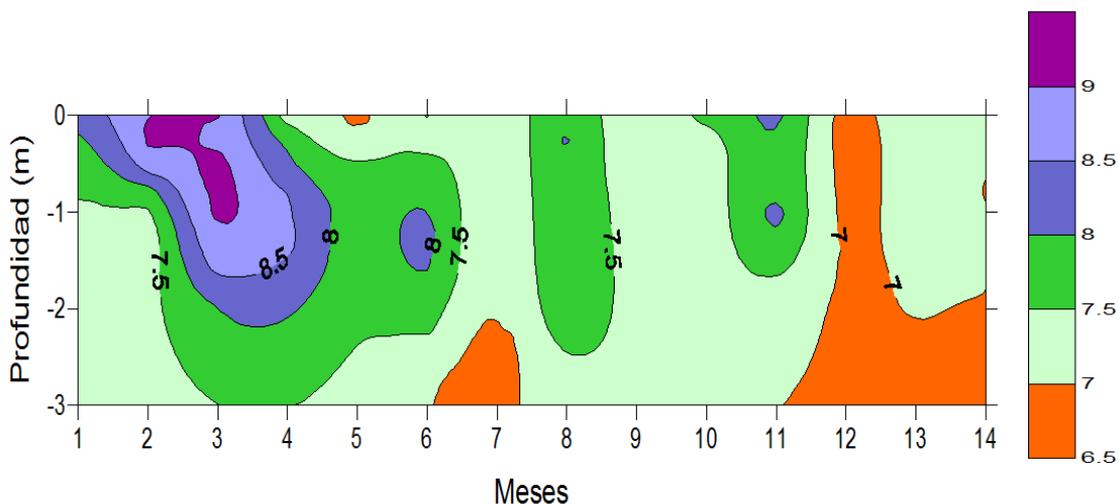


Diagrama XVII: Perfil vertical de la pH en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

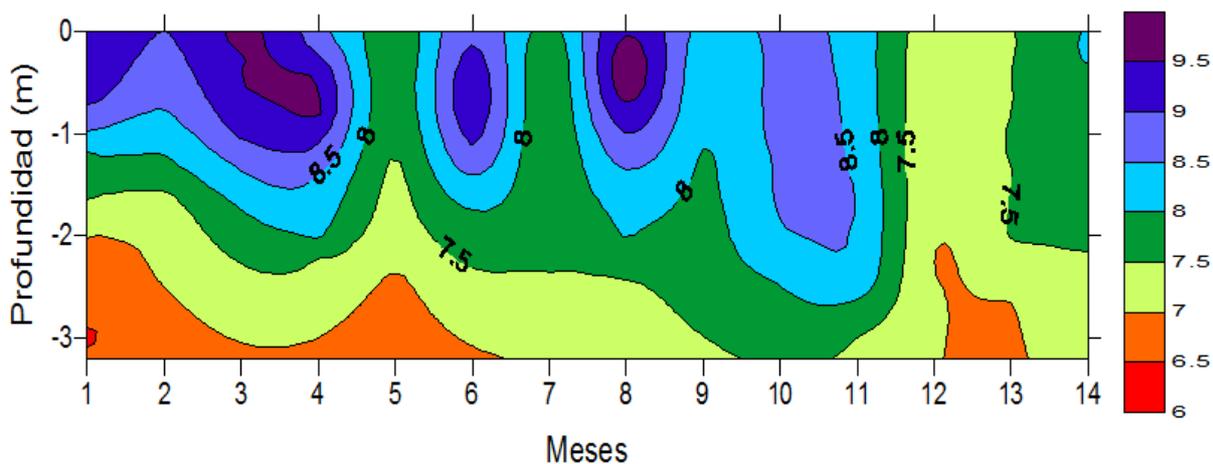
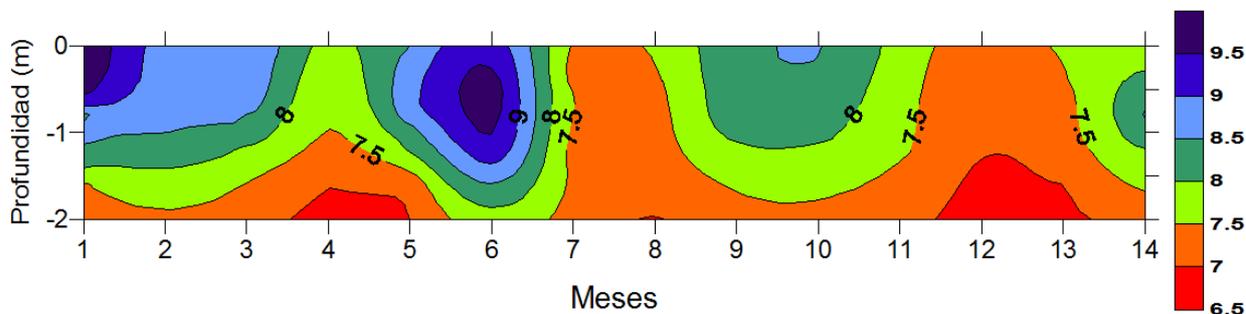
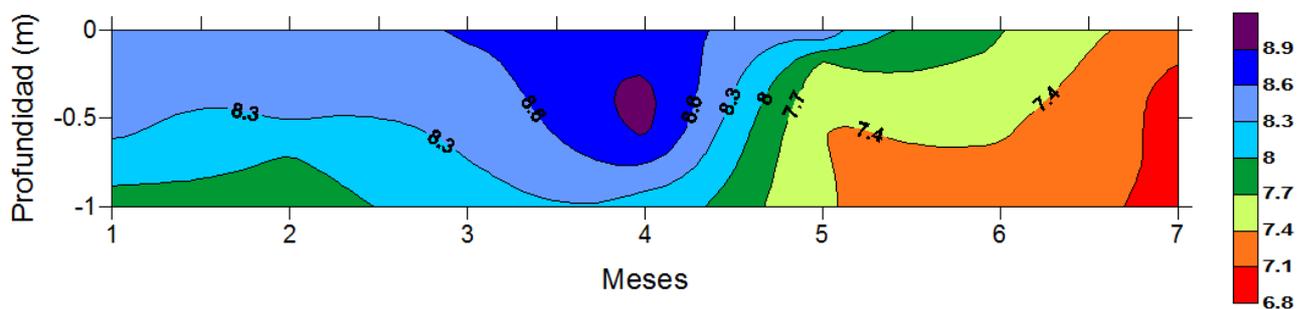


Diagrama XVIII: Perfil vertical de la pH en el Muelle. Durante el periodo: 2015-2017.

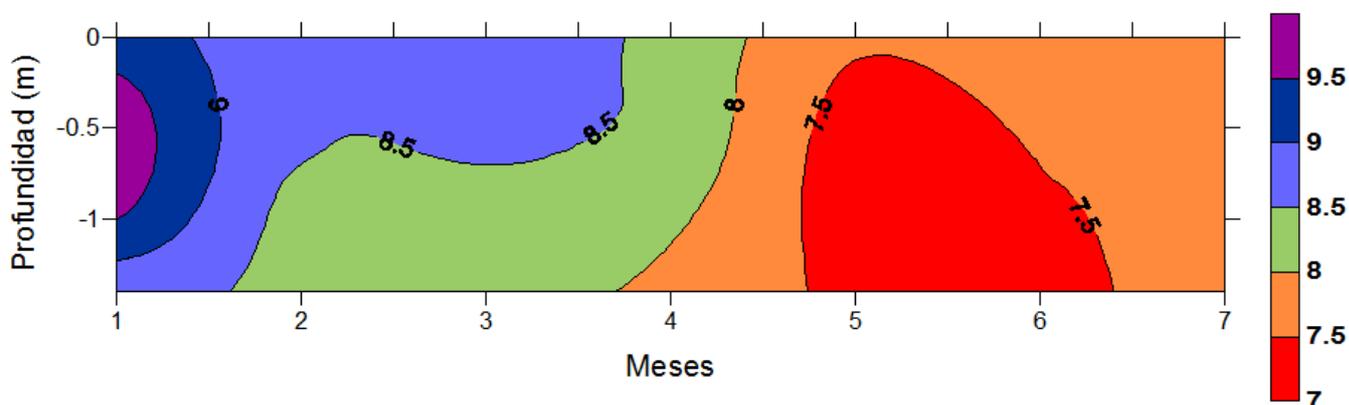


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

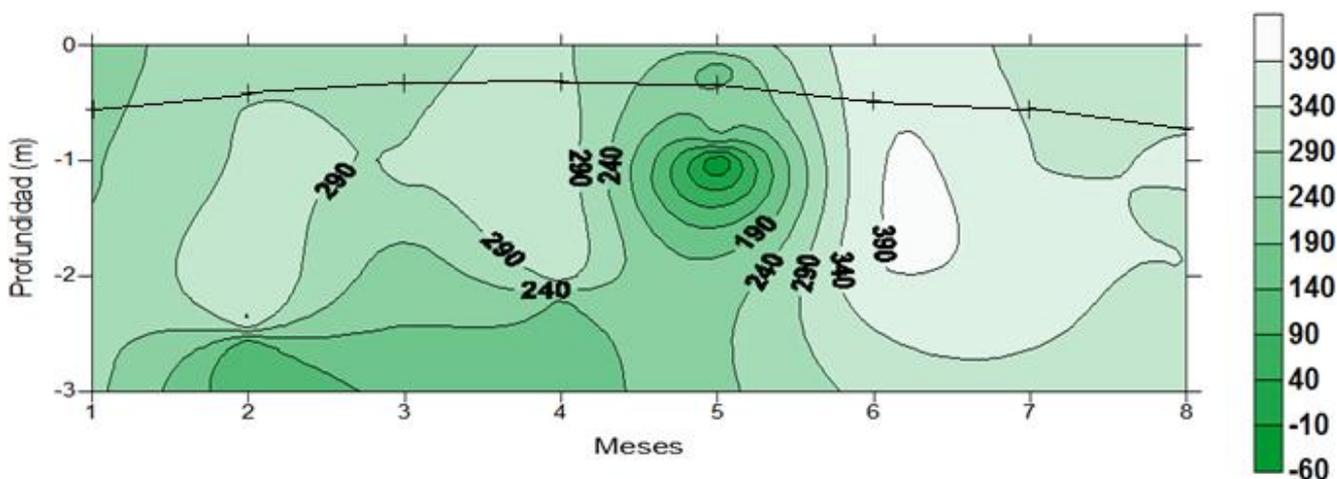
**Diagrama XIX:** Perfil vertical de la pH la desembocadura del río Pishira. Durante el periodo: 2016-2017.



**Diagrama XX:** Perfil vertical de la pH en la desembocadura del río Playayacu. Durante el periodo: 2016-2017.

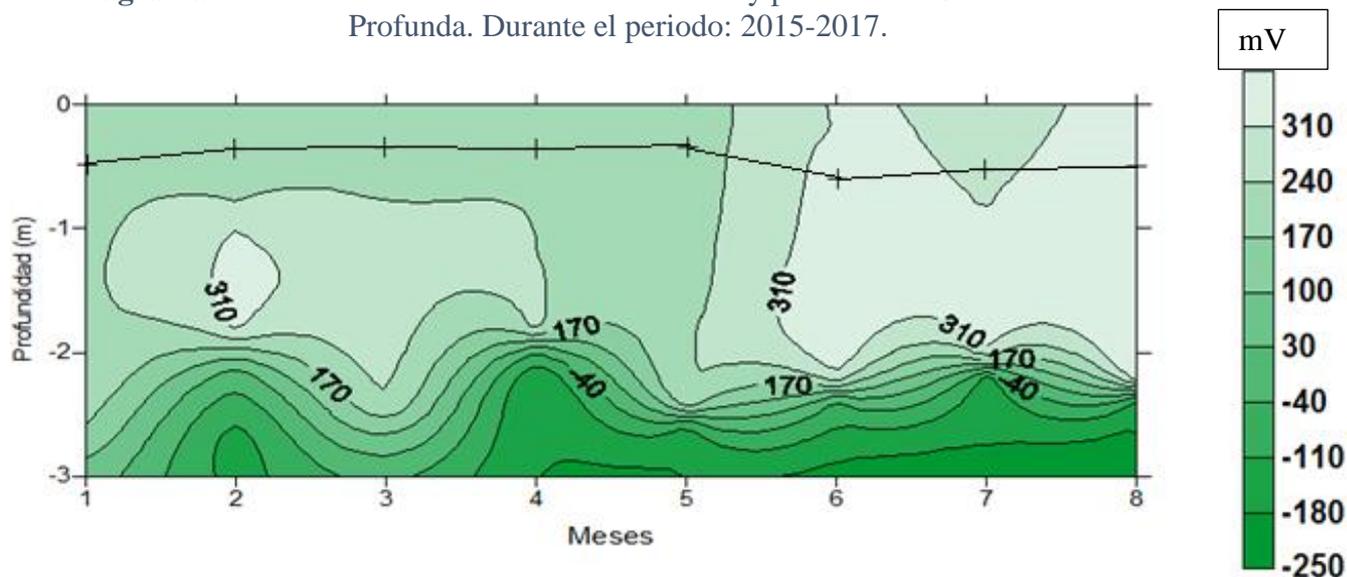


**Diagrama XXI:** Perfil vertical de Potencial Redox y profundidad Secchi en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.

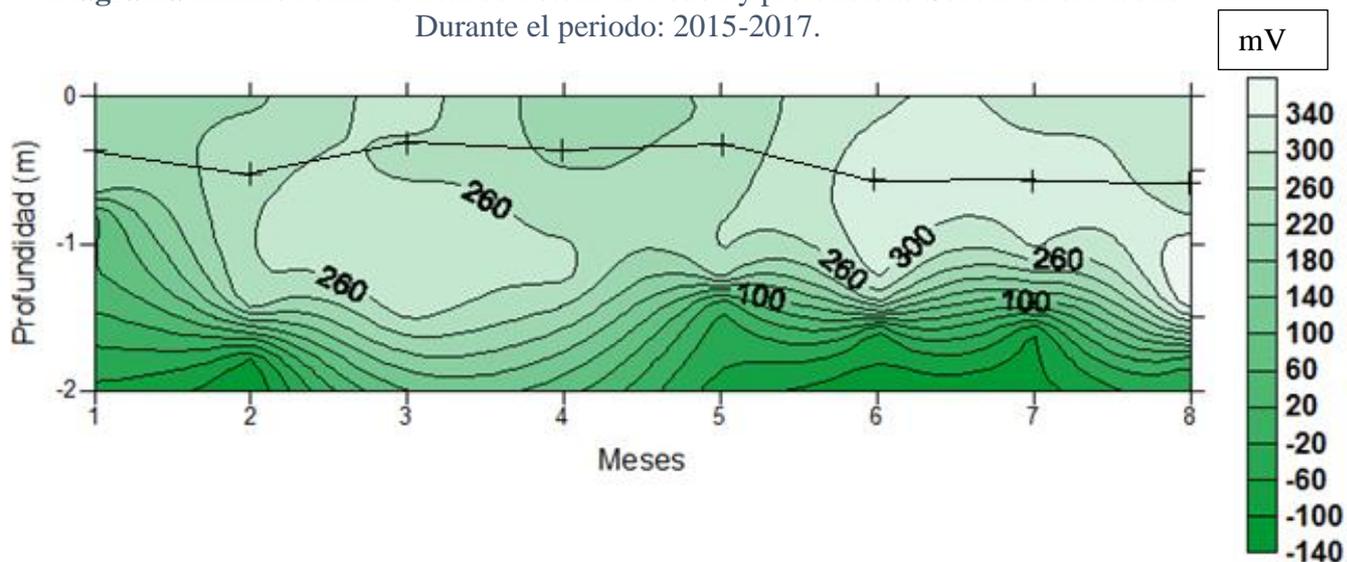


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Diagrama XXII:** Perfil vertical de Potencial Redox y profundidad Secchi en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

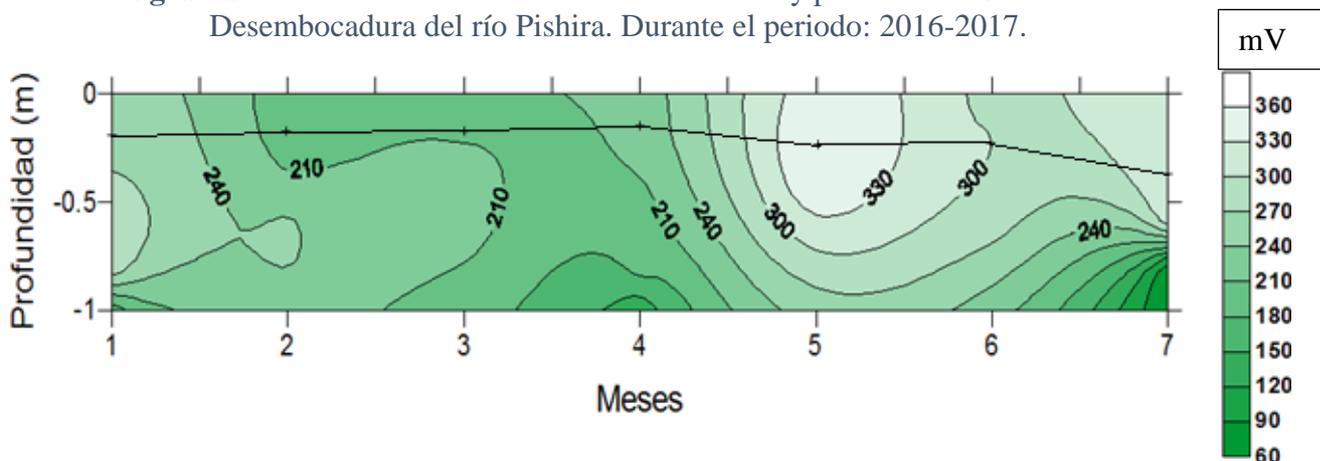


**Diagrama XXIII:** Perfil vertical de Potencial Redox y profundidad Secchi en el Muelle. Durante el periodo: 2015-2017.

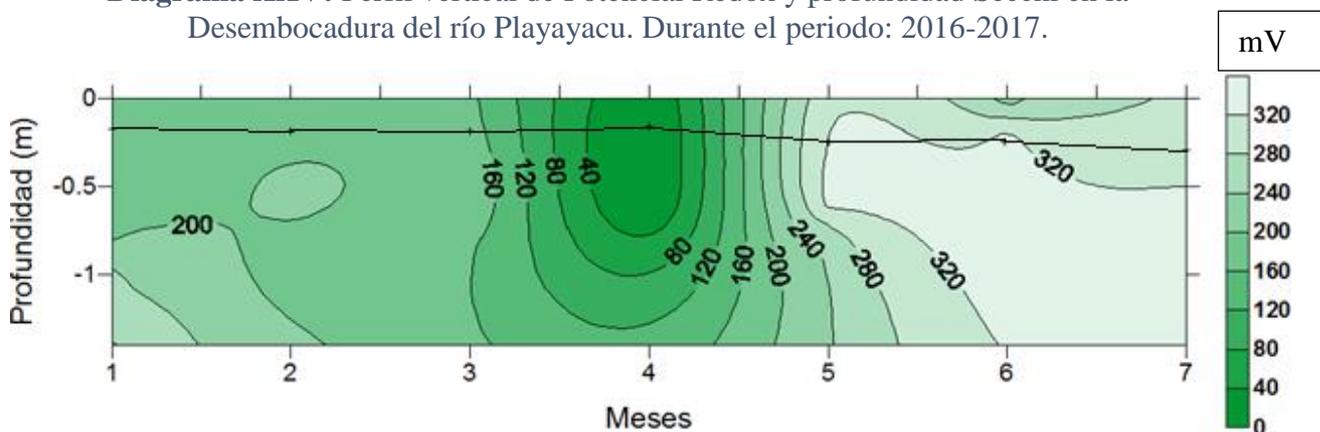


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

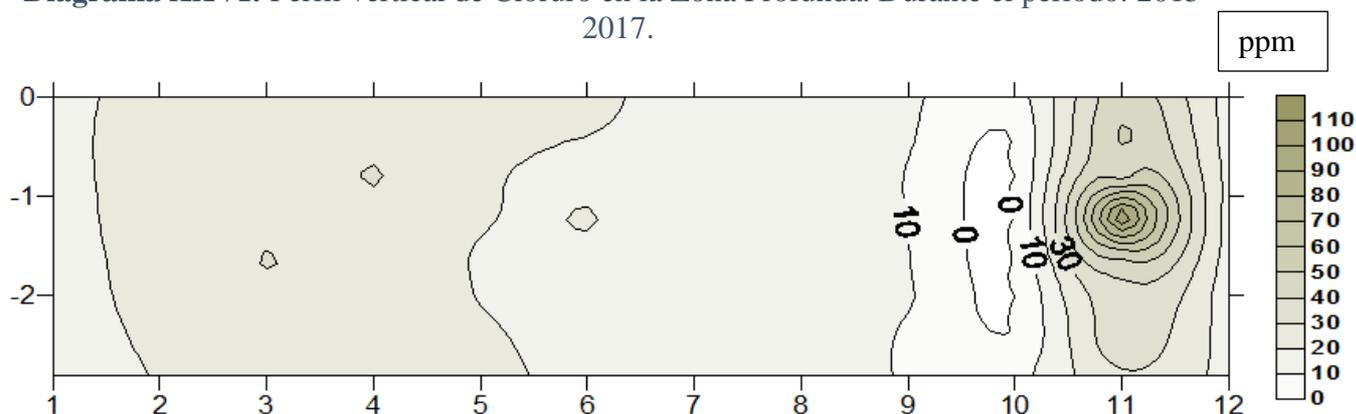
**Diagrama XXIV:** Perfil vertical de Potencial Redox y profundidad Secchi en la Desembocadura del río Pishira. Durante el periodo: 2016-2017.



**Diagrama XXV:** Perfil vertical de Potencial Redox y profundidad Secchi en la Desembocadura del río Playayacu. Durante el periodo: 2016-2017.

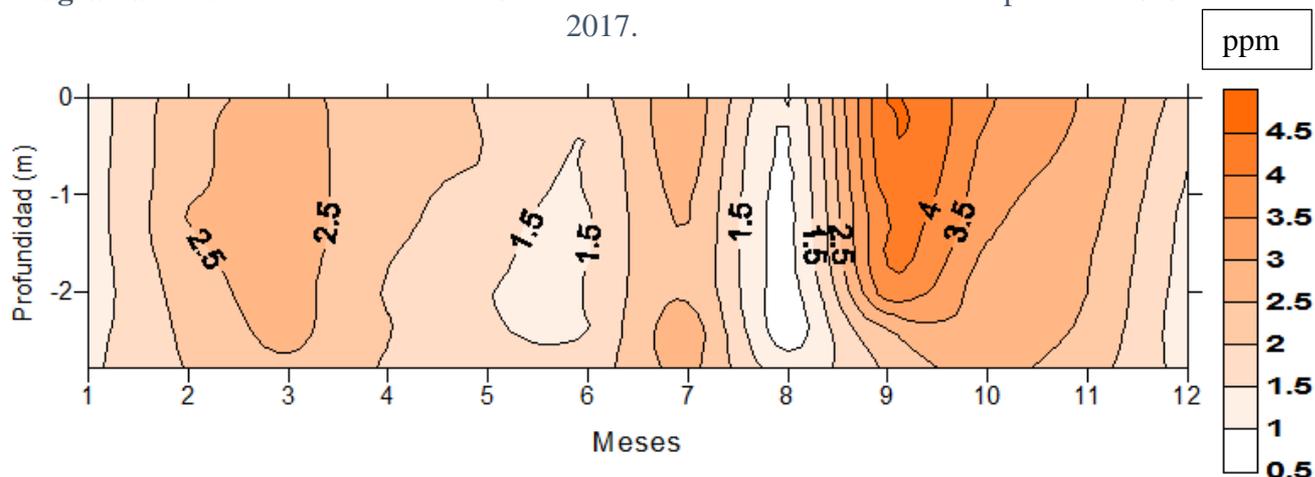


**Diagrama XXVI:** Perfil vertical de Cloruro en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

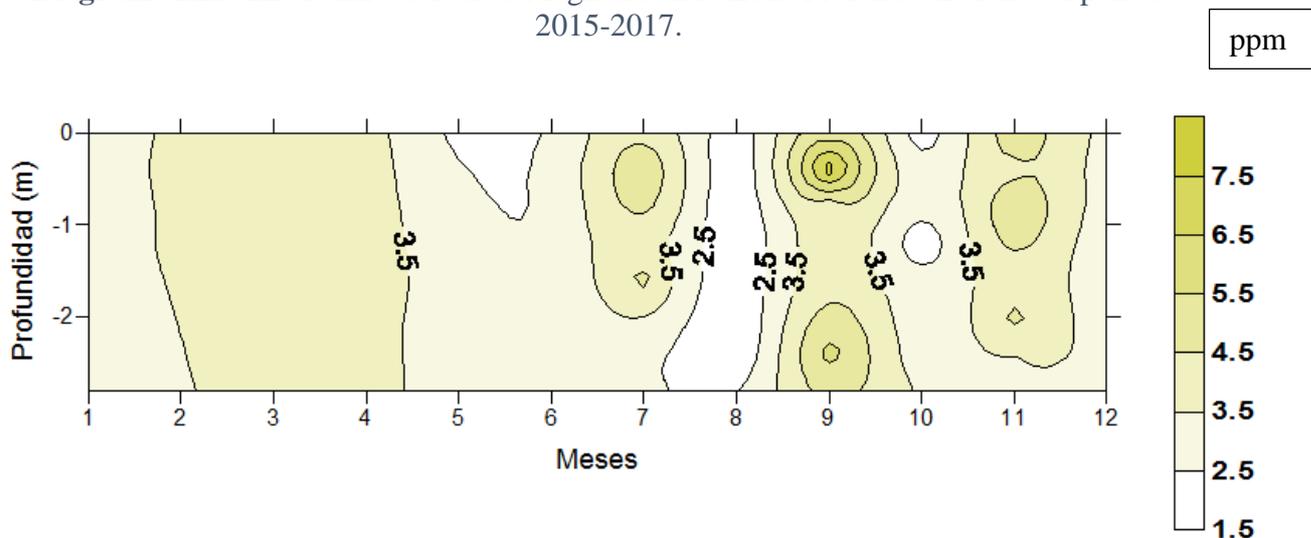


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

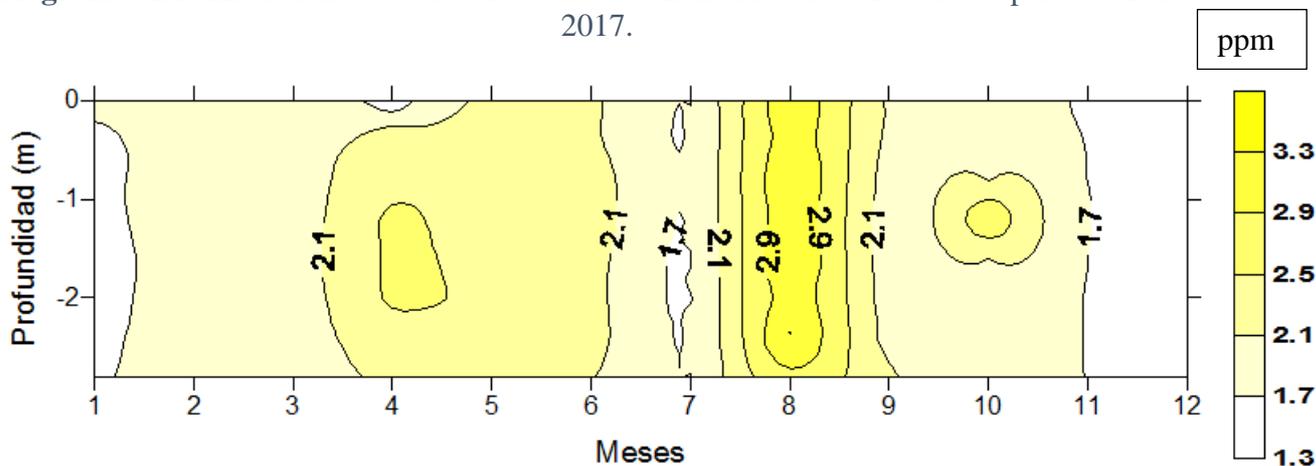
**Diagrama XXVII:** Perfil vertical de Calcio en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.



**Diagrama XXVIII:** Perfil vertical de Magnesio en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

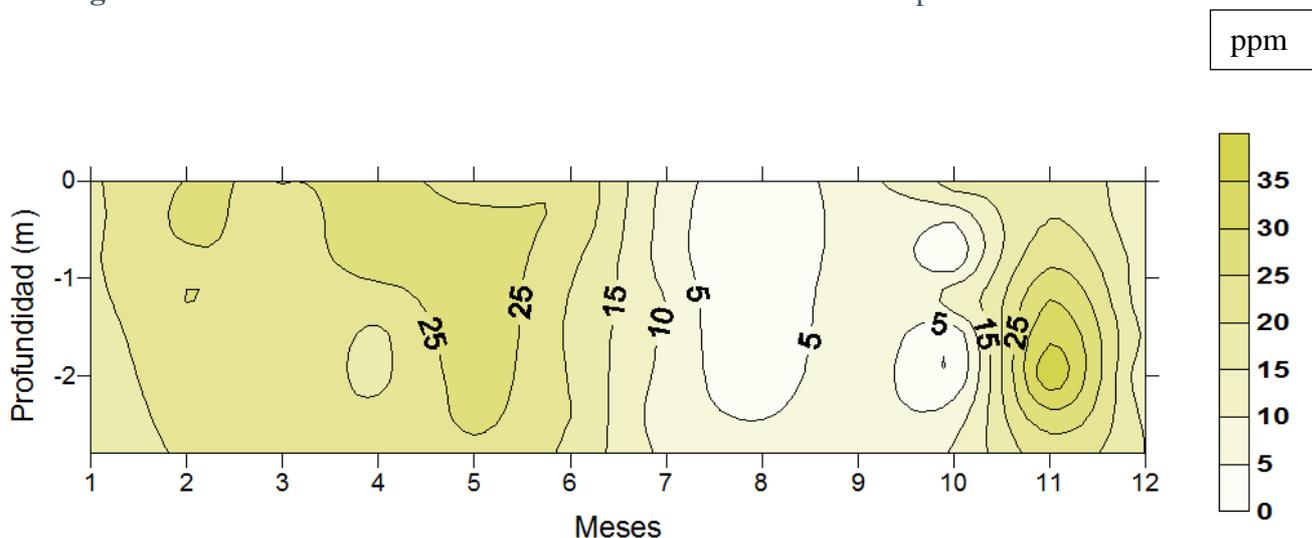


**Diagrama XXVIII:** Perfil vertical de Potasio en la Zona Profunda. Durante el periodo: 2015-2017.

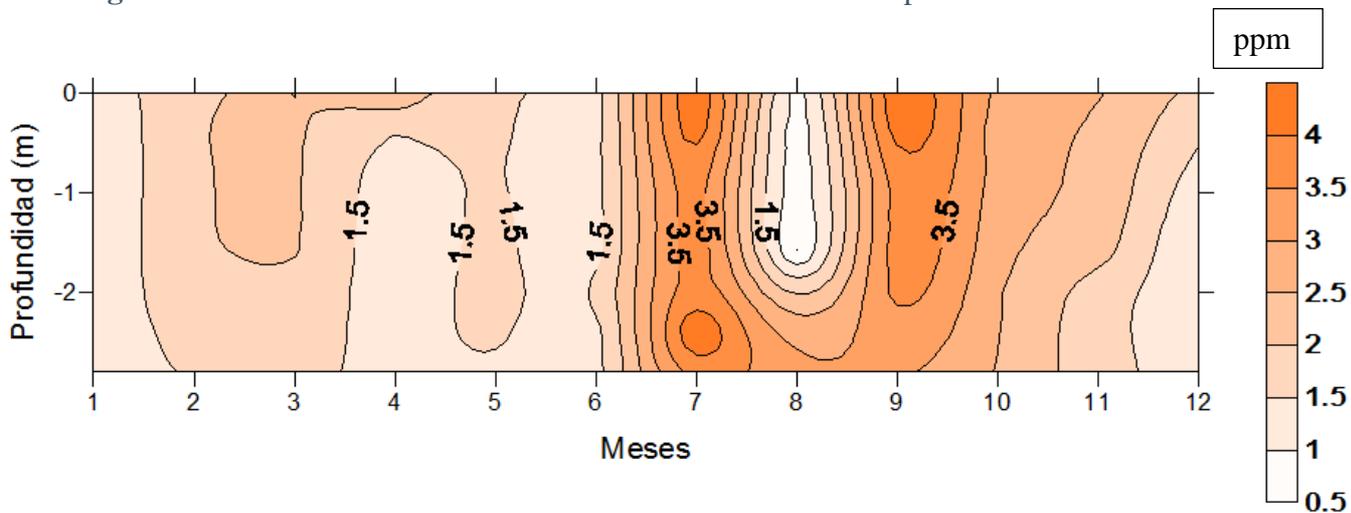


# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

**Diagrama XXIX:** Perfil vertical de Cloruro en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.



**Diagrama XXX:** Perfil vertical de Calcio en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.



# ANÁLISIS DEL QUIMISMO ESPACIO-TEMPORAL DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA COMO BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA HÍDRICO DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA

Diagrama XXXI: Perfil vertical de Magnesio en el Caño. Durante el periodo: 2015-2017.

