

## **VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN INORGÁNICA DE LAS AGUAS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL RÍO AMBI, EN RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN**

**VARIATION OF INORGANIC CONCENTRATION IN WATERS OF AMBI RIVER  
HYDROGRAPHIC SYSTEM, IN RELATION TO PRECIPITATION, EVAPORATION  
AND EVAPOTRANSPIRATION**

---

**Recibido: 19/03/2020 – Aceptado: 31/08/2020**

---

### **David Vinicio Carrera Villacres**

Docente - Universidad de las Fuerzas Armadas  
Sangolquí – Ecuador  
Magister Scientiarum Mención: Química  
dvcarrera@espe.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-7648-5356>

---

### **Paulina Valeria Guevara García**

Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas  
Sangolquí – Ecuador  
Doctora en Medio Ambiente y Recursos Naturales  
pvguevara@espe.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-1295-1228>

---

#### **Como citar este artículo:**

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>

## Resumen

*El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura-Ecuador, cantón San Miguel de Urcuquí, su economía se basa en la agricultura y en la ganadería, siendo de gran importancia el uso del suelo y realmente indispensable el recurso hídrico, parte del área de estudio está conformada por la ciudad del conocimiento Yachay con una inversión de más 15 mil millones de dólares, enfocando parte del área al sector agrícola para mejoramiento de cultivos. Los objetivos del presente trabajo fueron medir las concentraciones inorgánicas de las aguas del sistema hidrográfico del Ambi, y relacionarlo con las variables climáticas: precipitación evapotranspiración y evaporación. Existió una diferencia entre las concentraciones debido al grado de disolución de los iones en época lluviosa, obteniendo un promedio de 745.34 mg/L en época seca mientras que en época lluviosa 577,73 mg/L, la zona presentó dos zonas que registraron diferentes valores de precipitación, siendo la parte sur de la cuenca con valores por debajo de los 1900 mm anuales, mientras que la parte norte de la cuenca es el sector que presentan registros por debajo de los 1100 mm anuales*

**Palabras Clave:** Concentration, precipitation, irrigation, evaporation, variables

## Abstract

*The study area is located in the province of Imbabura-Ecuador, canton San Miguel de Urcuquí, its economy is based on agriculture and livestock, being of great importance the use of soil and really essential water resources, part of the The study area is made up of the city of knowledge Yachay with an investment of more than 15 billion dollars, focusing part of the area on the agricultural sector for crop improvement. The objectives of the present work were to measure the inorganic concentrations of the waters of the Ambi hydrographic system, and to relate it to the climatic variables: evapotranspiration precipitation and evaporation. There was a difference between the concentration due to the degree of dissolution of the ions in the rainy season, obtaining an average of 745.34 mg / L in the dry season while in the rainy season 577.73 mg / L, the area presented two zones that registered different values of precipitation, being the southern part of the basin with values below 1900 mm per year, while the northern part of the basin is the sector with records below 1100 mm per year..*

**Keywords:** : Concentration, precipitation, irrigation, evaporation, variables

Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>

## Introducción

El agua es un elemento esencial para todas las actividades humanas, conocer su disponibilidad es un factor importante para el bienestar y el progreso de un país, sin embargo, este recurso es cada vez más escaso en muchas regiones del mundo y su calidad se encuentra en detrimento (Castro, P. M., 2008; Carrera et al., 2011). La composición química natural de las aguas puede verse alterada por la incorporación de sustancias que incorporan las actividades humanas, tales como: agrícolas, ganaderas e industriales a través de vertidos de aguas residuales o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados. (Lavie, Bermejillo, y Morábito, 2011). La composición inorgánica de las aguas varía en su composición por el poder disolvente y su capacidad de combinación de los iones, entre los cationes mayoritarios se encuentra el  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , y  $\text{K}^+$ , y los aniones  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y  $\text{Cl}^-$ , la concentración de estos iones constituye el 99% del total de la salinidad en el agua y sus proporciones aportan información sobre el origen y tipología de los materiales del sector, dado que generalmente permanecen en concentraciones constantes en el agua. Se forman por la disociación de ácidos, sales y bases (Roldán, y Ramírez, 2008).

Los objetivos de este trabajo fueron medir las concentraciones inorgánicas de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi en dos épocas representativas del año, época de lluvias y de estiaje, establecer la relación existente con la precipitación, evaporación y evapotranspiración

## Materiales y Métodos

El sistema hidrográfico del río Ambi se encuentra localizada en la Provincia de Imbabura cubre 341.83 km<sup>2</sup> de extensión. El río Ambi es el cauce principal de la cuenca, desemboca en la confluencia del río Mira y el río Chota rodeado por el cerro Imbabura y el Volcán Cotacachi. De acuerdo a la nueva delimitación realizada en el 2009 en conjunto por la Secretaría Nacional del Agua del Ecuador [SENAGUA], la Secretaría General de la Comunidad Andina y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], la cuenca del río Ambi forma parte del nivel 3 en la Unidad Hidrográfica #154 con un área de 6507.65 km<sup>2</sup> correspondiente al río Mira.

Para la investigación se utilizó los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), los cuales fueron rellenados y validados con anterioridad, se utilizó información de 33 años en lo que respecta a tres estaciones meteorológicas que tenían registros mensuales de precipitación, temperatura, velocidad del viento, humedad relativa a través de los cuales se calculó la evaporación y evapotranspiración. La toma de muestras de agua se realizó en el área que comprende el río Ambi y sus afluentes, acequias y quebradas cercanas a la Ciudad del

Como citar este artículo:

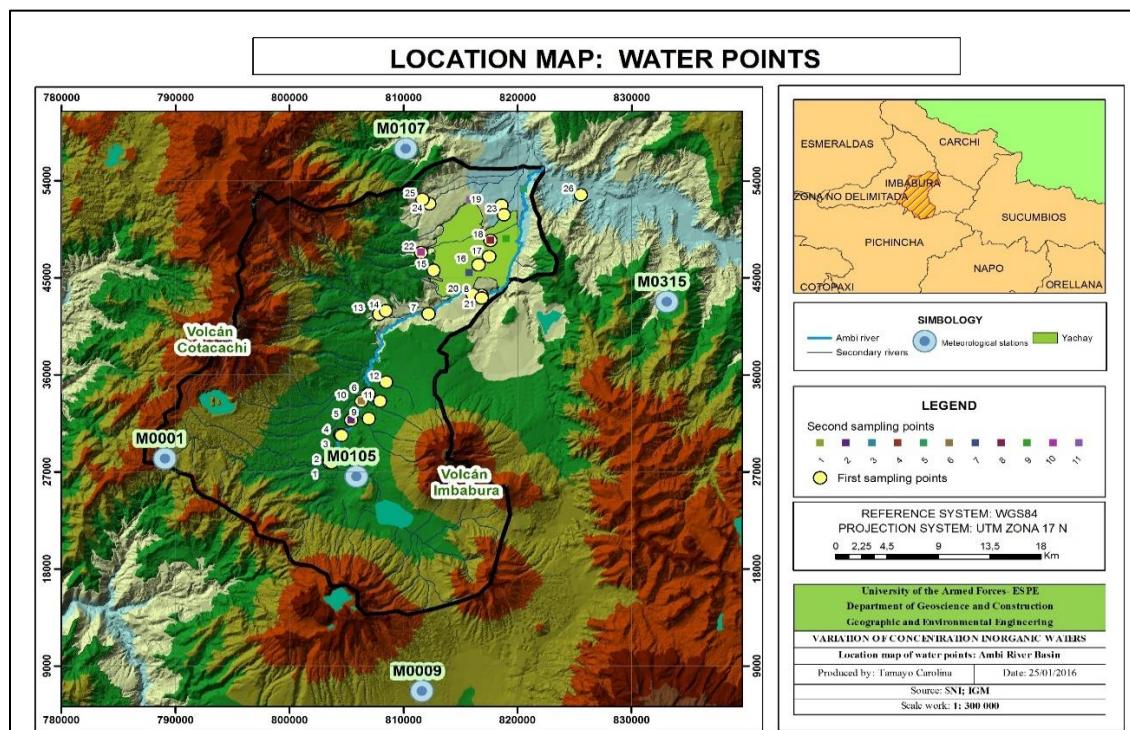
Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>

conocimiento Yachay en dos épocas representativas entre los años 2014 y 2015, se tomaron 25 puntos en época seca y 11 puntos en época lluviosa (Figura 1), posteriormente se realizaron los análisis de las concentraciones en el Laboratorio Ambiental de las Fuerzas Armadas-ESPE comprobándose la calidad de los datos de acuerdo a lo que propone el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998.

## Resultados y Discusión

### Datos de Precipitación, evaporación y evapotranspiración

Para establecer la relación existente entre las concentraciones inorgánicas y la precipitación, evaporación y evapotranspiración se buscaron tres estaciones que se encuentren distribuidas en el sistema hidrográfico del río Ambi, estas fueron la M001, M0009 y M107 (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de Ubicación de puntos de muestreo y estaciones meteorológicas – Río Ambi.

**Fuente:** Elaboración propia

La información proporcionada por el INAHMI estaba incompleta y fue necesario llenarla, homogeneizarla y validarla para empezar con la interpretación. La zona de estudio que presentó mayores registros de precipitación fue en la que se encuentra la estación M0001 (Figura 2a), debido

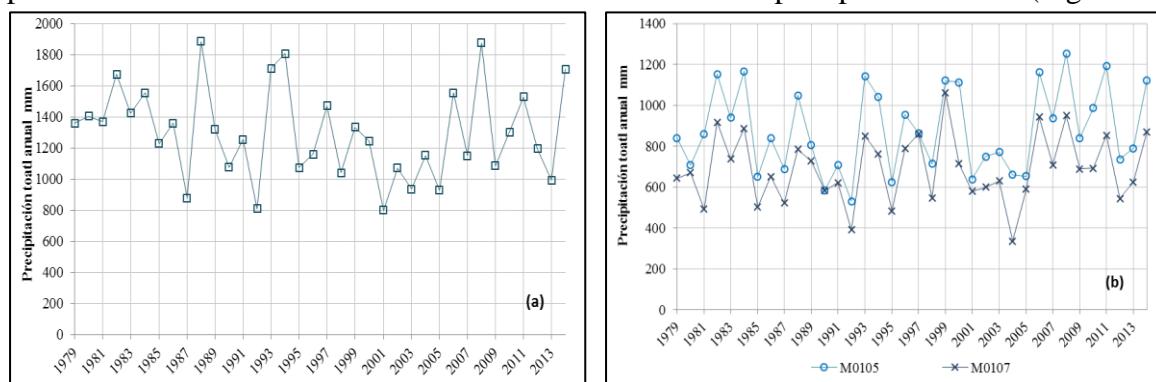
Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>

a esto la Cuenca del Ambi se destaca por su topografía ya que los efluentes del río Ambi al ubicarse en la parte baja no presentan sequias notables por el abastecimiento del agua recolectada en la zona de mayor altitud. La tendencia en las zonas altas presentó mayor cantidad de lluvia en 1998, 1993, 1994 y 2007 mientras que un déficit de agua se presentó en 1987, 1992 y 2001

Para el análisis de la variación de precipitación, evaporación y evapotranspiración anual y mensual se utilizaron tres estaciones, se escogieron las estaciones más representativas de acuerdo a su altitud, ubicación y a la información proporcionada por las estaciones climatológicas. La primera Estación es la M0001 ubicada a los 3550 m.s.n.m; zona de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, la segunda Estación es la M0105 ubicada en la parte céntrica de la Cuenca a 2550 m.s.n.m. La tercera estación es la M0107 ubicada a 2335 m.s.n.m, se la eligió por ser una de las estaciones climatológicas y presentar una tendencia similar a las estaciones M0315 y M0009 (Figura 13), dichas estaciones además generaron inconvenientes en cuanto a registros de temperatura y evaporación por lo que se las descartaron, así se analizó la variación anual y mensual de precipitación, evaporación y evapotranspiración a diferentes altitudes.

A medida que la altitud disminuye en el sistema hidrográfico del río Ambi los valores de precipitación bajan, es así, que la zona que menor cantidad de lluvias presentaron fue la parte norte conformada por los Cantones de Urcuqui, Antonio Ante, Otavalo y Cotacachi, durante el periodo de 1979-2014 los registros presentaron una tendencia variada de lluvias al igual que en la zona alta, pero con menores valores de precipitación (Figura 2b).



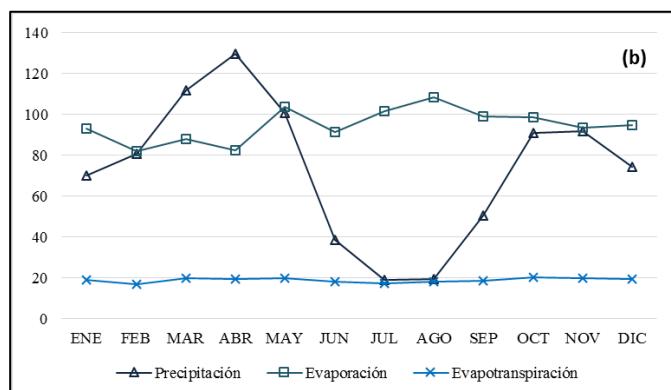
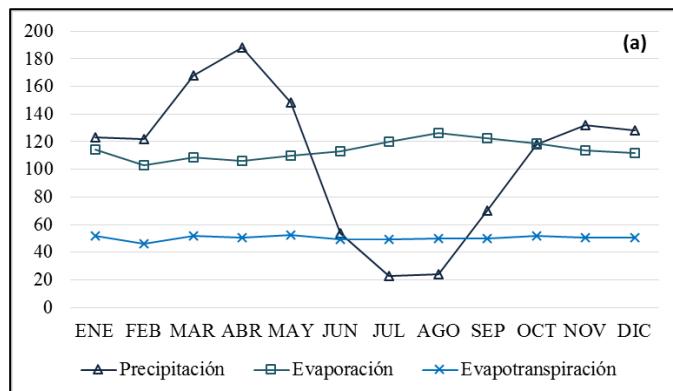
**Figura 2:** Gráfica de Precipitación total anual, Estaciones: M0105 (2 550 m.s.n.m), y M0107 (2 335 m.s.n.m).

**Fuente:** Elaboración propia

En los meses de marzo y abril se registraron las mayores precipitaciones en la serie de datos de 33 años, por otro lado, en los meses de julio y agosto fueron los meses de menores precipitaciones. Los datos promedios mensuales de precipitación, evaporación y

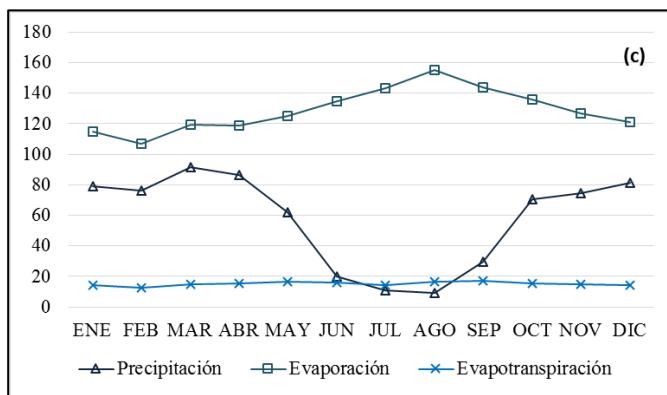
evapotranspiración en la parte alta de la Cuenca, en los meses de junio a octubre existe déficit de agua ya que presenta registros de evaporación hacia la atmósfera (Figura 3a).

La parte céntrica de la Cuenca, sector de Otavalo en los meses de Mayo a noviembre presentan falta de recurso hídrico (Figura 3b), en la parte norte de la Cuenca sector de Yachay presento mayor pérdida de agua en todos los meses (Figura 3c), el agua que es utilizada en esta zona es proveniente de la parte alta por lo que el sistema hidrográfico del Ambi no presenta cauces con falta de agua, fuera de la cuenca empieza a existir demanda de este recurso, en cuanto a la evapotranspiración existen mayor registró en la parte alta (sur) de la Cuenca por la presencia de vegetación.



Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>



**Figura 3.** Precipitación, Evaporación y Evapotranspiración Estación a) M0001, b) M0105, c) M0107

Fuente: Elaboración propia

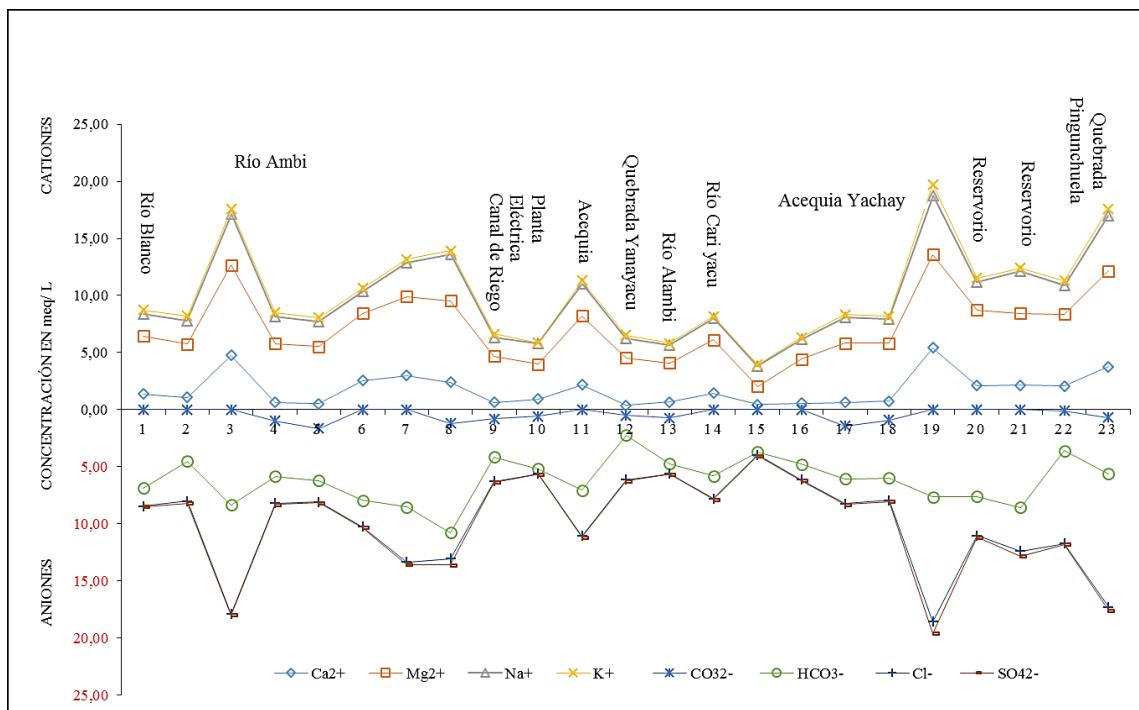
### 3.2 Concentración inorgánica de las aguas del río Ambi

Las muestras de agua del primer muestreo se enviaron al Laboratorio Analítico HAVOC en octubre del 2014, mientras que las muestras del segundo muestreo se analizaron en el Laboratorio de Ambiental de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE en el 2015, los parámetros objeto de esta investigación fueron: cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), aniones ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), CE y pH.

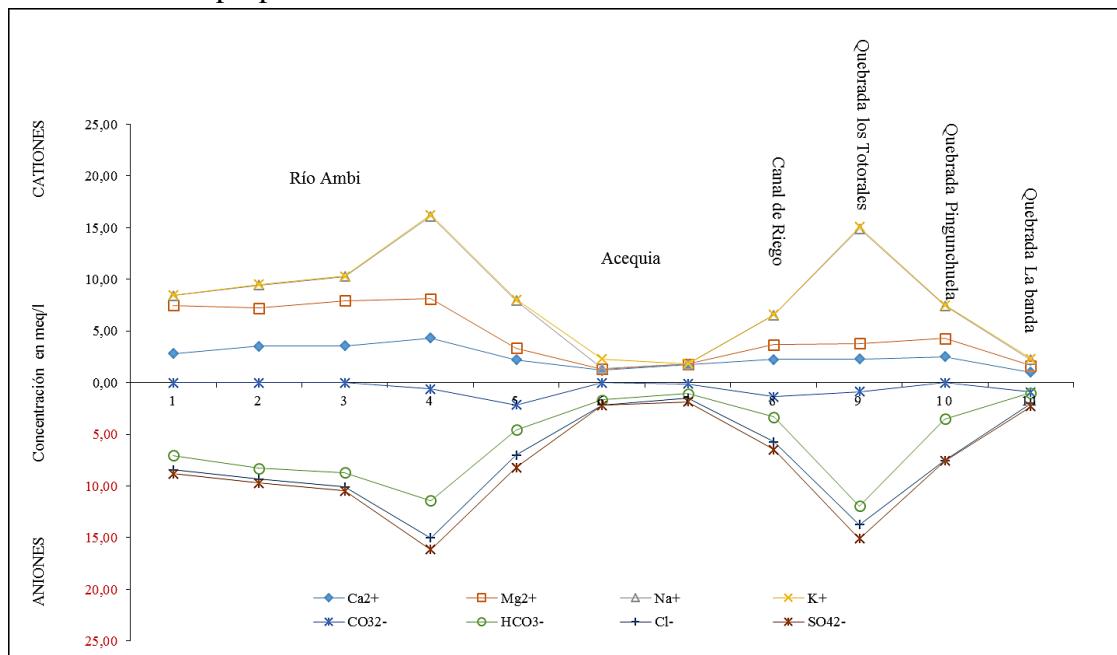
En la Figura 4 y 5 se presentan las concentraciones de los puntos de muestreo de acuerdo al cauce, el promedio de la concentración de aniones y cationes, en la época seca la concentración de iones fue de 723.89 mg/l, mientras que en la época lluviosa fue de 557.22 mg/l. En época seca los puntos 24 y 25 presentaron concentraciones altas de cloruros, al estar en una zona geológica las rocas por lo común presentan escasa proporción de cloruros, su elevada solubilidad de sus pasan rápidamente a la fase acuosa pudiendo alcanzar concentraciones muy altas, el ión Cloruro es muy soluble y de alta movilidad en el suelo, a medida que el pH del suelo incrementa hasta alcanzar valores de 6-7 este no es retenido por el complejo coloidal, bajo estas condiciones de pH es muy susceptible al lavado o a la lixiviación. (Kass, D., 1998). En época seca las concentraciones disminuyeron, sin embargo, hay predominancia de Sodio y Bicarbonatos en los puntos del río Ambi y en la Quebrada los Totorales, la cuenca al estar ubicada entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. presentó diferentes tipos de materiales volcánicos de composición andesítica, feldespatos sódicos (Eguez, A., Aspden, J., Baez, N., Beate, B., Benitez, S., y Van, F., 2011). El  $\text{Na}^+$  es el catión que se lava con facilidad en el suelo mientras que el potasio permanece casi constante. (Thompson, L., y Troeh, F., 2002).

Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>



**Figura 4:** Distribución de iones del muestreo de aguas en la cuenca del río Ambi – Época seca  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 5:** Distribución de iones del muestreo de aguas en la cuenca del río Ambi – Época lluviosa

Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>

## Conclusiones

La cuenca del Río Ambi presento datos homogéneos a lo largo de 33 años a excepción de las épocas en que se presentó el fenómeno del niño superando los 1000mm en 1997 generando impedimento al acceso a las comunidades de Pimampiro. A diferencia de 1992 que se registraron precipitaciones por debajo de los 600 mm al año, en el periodo de sequía la precipitación en conjunto con la evaporación y evapotranspiración aumentan la composición química mientras que en la época lluviosa la composición disminuye. Sin embargo, existen varios factores que influyen en la concentración como el punto 25, en época seca en el que existe registro en campo de la presencia de relleno sanitario que por los lixiviados existe mayor presencia de Cloruros.

## Referencias Bibliográficas

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: CHAIR, APHA Y AWWA.
- Eguez, A., Aspden, J., Baez, N., Beate, B., Benitez, S., y Van, F., 2011. *Mapa Geológico de la República del Ecuador*.
- Kass, D., 1998. *Fertilidad en los Suelos*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José.
- Secretaría Nacional del Agua del Ecuador [SENAGUA], Secretaría General de la Comunidad Andina, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. 2009. *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador: Metodología PFAFSTETTER*. Quito
- Thompson, L., y Troeh, F., 2002. *Los suelos y su fertilidad*. España: Reverte.

## Linkografía

- Castro, P. M., 2008. Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro: Agricultura Técnica en México, 34(4). Retrieved from <http://www.ebrary.com>
- Lavie, E., Bermejillo, A., y Morábito, J. A., 2011. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 42(1): 169-184, Retrieved from <http://www.ebrary.com>

Como citar este artículo:

Carrera, D., Guevara, P. (Enero – Diciembre 2020). Variación de la concentración inorgánica de las aguas del sistema hidrográfico del río Ambi, en relación con la precipitación, evaporación y evapotranspiración. *Tierra Infinita* (6), 55-63. <https://doi.org/10.32645/26028131.1032>