



Carrera-Villacrés, David  
dvcarrera@espe.edu.ec  
dvcarrera@uce.edu.ec  
Guevara, Paulina  
pvguevara@espe.edu.ec  
Andrade, Valeria  
vaandrade@espe.edu.ec  
Piedra, Pablo  
papietra@espe.edu.ec

## ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS PARÁMETROS POTENCIAL DE HIDRÓGENO, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y CLORUROS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL RÍO AMBI - YACHAY

### 1 RESUMEN

La subcuenca del río Ambi se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, por su proximidad a la ciudad de conocimiento Yachay y considerando que la misma pretende potenciar la producción agrícola y pecuaria con la destinación de 1.000 ha para el desarrollo de la agricultura experimental y agroindustrial. El estudio de la calidad del agua del río Ambi para usos agrícolas y las variaciones de las concentraciones de los iones a través del tiempo resulta esencial, por estas razones los objetivos de esta investigación fueron realizar un análisis multitemporal en los años 2014, 2015 y 2016 de puntos representativos muestreados a lo largo del sistema hidrográfico del río Ambi, para observar las variaciones de concentraciones de pH, conductividad eléctrica (CE) y Cl<sup>-</sup> en épocas intermedias y de lluvias, y relacionarlos con la precipitación promedio mensual de una serie de datos pluviométricos de 30 años de tres estaciones localizadas en la zona de estudio, finalmente comparar los resultados obtenidos en dichos puntos con los límites admisibles para uso agrícola, según la normativa TULSMA 2015. Las concentraciones analizadas resultaron ser mayores en el año 2014, época intermedia de precipitaciones, la relación precipitación concentraciones fue inversa, el pH en épocas intermedias se encontraron cercanos al límite admisible máximo según TULSMA, la CE de las aguas del río Ambi en promedio fueron altamente salinas tipo C3, en el caso de los cloruros los puntos tomados en la cuenca baja en épocas intermedias estuvieron en el rango leve a moderado según la normativa, siendo la quebrada de Pinguinchuela mayor al límite permisible. De manera general en épocas intermedias se tuvo un nivel más crítico de contaminación de las aguas del río Ambi desde el punto de vista agrícola.

**Palabras clave:** calidad del agua, riego agrícola, salinidad, toxicidad, precipitación.

**2 ABSTRACT**

The basin of Ambi river is located on Imbabura province, due to its proximity to the city of knowledge "Yachay" and considering that it aims to boost agricultural and livestock production with the allocation of 1,000 hectares for the development of experimental agriculture and agro-industrial. The study of the water quality of Ambi river for agricultural uses and variations of the concentrations of the ions over time is essential, considering these aspects the objectives of this research were to perform a multi-temporal analysis in 2014, 2015 and 2016 of representative sample points took along hydrographic system of Ambi river, to observe changes in concentrations of pH, EC and Cl<sup>-</sup> in intermediate and rainy seasons, and relate the average monthly rainfall of a series of rainfall data from 30 years of three stations located in the study area, finally compare the results obtained at these points with the permissible limits for agricultural use, according TULSMA 2015 regulations. The tested concentrations were higher in 2014, this year corresponding to intermediate season, the relation of precipitation and concentrations were inverse, the pH in intermediate season were found near the maximum allowable limit under the regulation, EC in the waters of Ambi river were highly saline, type C3, in the case of chlorides the points taken in the lower basin during times of drought were in the mild to moderate range according TULSMA 2015, being Pinguinchuela ravine higher than the allowable limit. In general during times of drought the level of water pollution of Ambi river for agricultural use was more critical.

**Key words:** water quality, agricultural irrigation, salinity, toxicity, precipitation.

**3 INTRODUCCIÓN**

El agua al tratarse de un líquido vital y al ser aprovechada para varios usos como el consumo humano, la alimentación, agricultura, industria, entre otros resulta fundamental conocer la calidad de la misma, la calidad del agua sirve para definir características físico, químico y biológico que se emplea como parámetros para definir la aceptabilidad de un agua cualquiera dependiendo de sus usos, La composición química de las aguas se ven alteradas por actividades agrícolas ganaderas e industriales, por el vertido de aguas residuales o por el paso del agua por terrenos tratados con productos agroquímicos dando como resultado la incorporación de sustancias de diferente naturaleza al agua natural [1] [2].

Desde el punto de vista agrícola la calidad de agua para riego se define por parámetros físico químicos siendo los criterios principales el pH, la salinidad, la sodicidad y la toxicidad [3]. El análisis del parámetro pH es fundamental ya que el mismo define la acidez neutralidad o basicidad del agua, el

criterio de salinidad en las aguas para riego está definida principalmente por la conductividad eléctrica (CE), la misma que registra la presencia de sólidos disueltos en el agua, según la clasificación de Riverside aguas con salinidad altas representan un gran riesgo para cultivos limitando el uso de este tipo de agua a cultivos que posean un buen drenaje [4].

La toxicidad está definida principalmente por la cantidad de sodio, cloruros y boros en las aguas de riego, los cloruros a pesar de ser esenciales para los cultivos en altas concentraciones pueden afectar a los mismos siendo los principales efectos puntas quemadas, caída de las hojas, bronceado y clorosis [5].

La hipótesis en esta investigación fue la disminución de la concentración de los iones según la precipitación, dado que se asumió que en épocas de estiaje las concentraciones de los iones en el agua se encontraban concentradas mientras que las mismas se diluyeron con el aumento de las precipitaciones [6].

Este estudio resulta fundamental para observar los cambios de pH, CE y Cl<sup>-</sup> a lo largo del tiempo en intervalos conocidos permitiendo detectar cambios en las fechas de referencia estudiadas, definiendo así según las concentraciones y las precipitaciones la calidad del agua para uso agrícola y preservación de la vida acuática según los límites permisibles en normativa.

La precipitación promedio de la cuenca del río Ambi es de 589.17 mm/ anuales calculada por el método de las isoyetas [7]. Una evaporación media de 1247,23 mm/ anuales y una evapotranspiración de 201,9 mm/ anuales, Como se muestra en el la Figura 1, los meses de mayor precipitación correspondieron a abril y mayo mientras que los meses de sequía correspondieron a julio y agosto, los datos promedios mensuales de precipitación, evaporación y evapotranspiración en la parte alta de la cuenca presentaron mayor registro de agua que ingresó, a excepción de los meses de Junio a Octubre en el que el agua es evaporada hacia la atmosfera presentando un déficit en dichos meses [8].

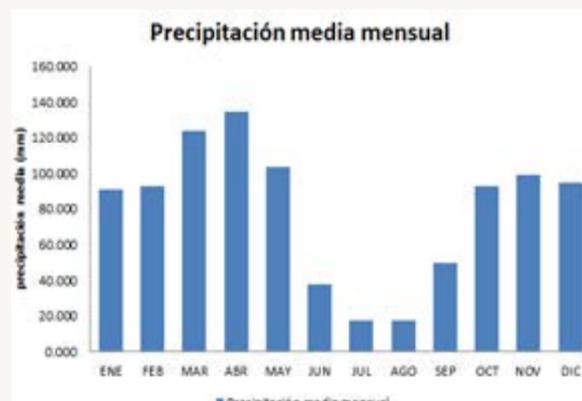


Figura 1. Precipitaciones medio mensuales en la subcuenca del río Ambi

Los objetivos de esta investigación fueron analizar multitemporalmente el pH, la CE y los Cl<sup>-</sup> de los años 2014, 2015 y 2016, y relacionarlos con la precipitación promedio mensual de una serie de datos pluviométricos de 30 años de tres estaciones localizadas en la zona de estudio, finalmente comparar los resultados obtenidos en dichos puntos con los límites admisibles para uso agrícola, según la normativa TULSMA 2015.

**4 MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto se llevó a cabo en el sistema hidrográfico del río Ambi ubicado en la provincia de Imbabura, La cuenca del río Ambi cubre un área de 341.83 km<sup>2</sup> de extensión y está conformada por los cantones: San Miguel de Urququí, Antonio Ante, Cotacachi y Otavalo, se encuentra limitada al

norte por el río Chota- Mira al Sur por el nudo de Mojan-da, al oriente por Pimampiro y el río Chota y al occidente por las estribaciones internas de la Cordillera Occidental de los Andes. Parte de la cuenca está conformada por la ciudad del conocimiento Yachay en las Parroquias de Urququí y Tumbabiro abarcando un área de 45.93 km<sup>2</sup>.

El río Ambi nace en el cerro Imbabura a 4000 m.s.n.m, con los afluentes Itambí que alimenta al lago Imbakucha-San Pablo que luego con el nombre de Jatunyacu se une al Blanco y al Yanayacu formándose así el río Ambi [9].

El río Ambi es el cauce principal de la cuenca, que desemboca en la confluencia del río Mira y el río Chota rodeado por el cerro Imbabura y el Volcán Cotacachi, como se muestra en la Figura 2.

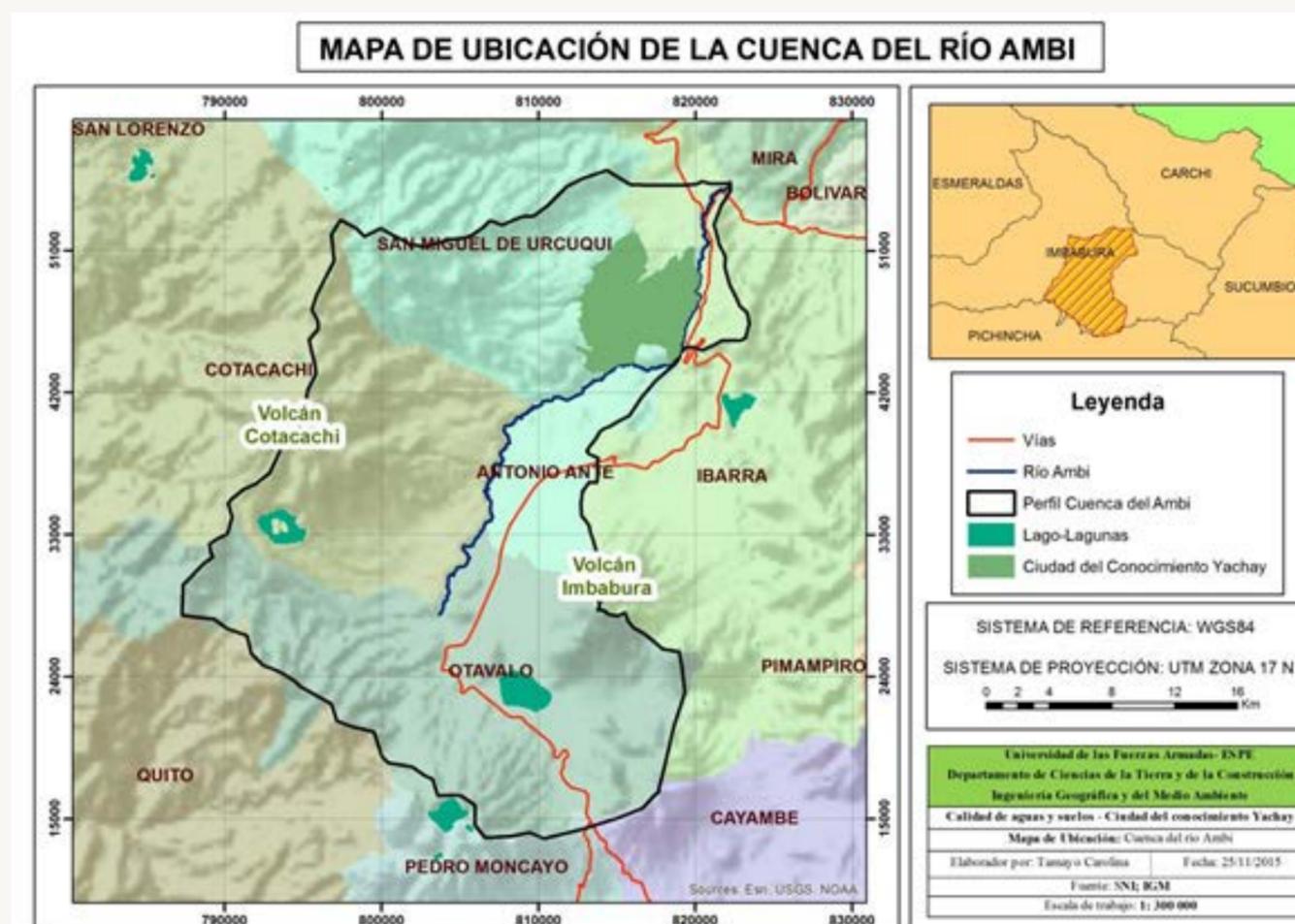


Figura 2. Mapa de ubicación de la subcuenca del río Ambi Fuente: [8].

La toma de muestras de agua se realizó en el área que comprende la cuenca del río Ambi en afluentes, acequias y quebradas cercanas a la ciudad del conocimiento Yachay.

Este trabajo fue una investigación no experimental, el estudio fue prospectivo, en donde toda la información se

recogió de acuerdo a los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación. De acuerdo a la evolución esta investigación fue longitudinal, porque se midió en tres años consecutivos las variables para lograr generar una función. De acuerdo a la comparación de las poblaciones el estudio fue descriptivo, porque cuenta con

una población, aguas, las cuales se pretendieron describir en función de un grupo de variables y respecto de las cuales no existen hipótesis centrales. Pueden tener grupos de hipótesis que se refieren a la búsqueda sistemática de asociaciones entre varias variables dentro de las mismas poblaciones, tal como se planteó en el apartado de las hipótesis de este trabajo.

El muestreo se realizó en épocas representativas de lluvias y sequía, determinadas a partir de los datos de precipitación proporcionados por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INHAM).

Se cuentan con tres épocas de muestreo el primero realizado en octubre 2014, el segundo en abril de 2015 y el tercero en mayo de 2016, la descripción de los puntos y las coordenadas geográficas de la misma se encuentran detalladas en la Tabla 1. Para el muestreo se siguió lo establecido en las normas NTE INEN 2-176 y NTE INEN 2-169 para la toma y conservación de las muestras tomadas en campo.

El mapa de ubicación de los puntos muestreados, se indican en la Figura 3.

El trato de la muestras se las realizó con las debidas precauciones dadas en la normativa tomando en cuenta los recipientes de almacenamiento temperaturas y tiempo de conservación de la muestra, Los frascos fueron llenados completamente y tapados de tal forma que no exista aire sobre la muestra para evitar la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH y concentraciones inorgánicas.

Los parámetros analizados en las muestras fueron pH, conductividad eléctrica y cloruros, los mismos que se realizaron en el laboratorio de Ambiente de la Universidad de Las Fuerzas Armadas-ESPE.

Para la medición de pH y conductividad eléctrica se utilizó el medidor multiparamétrico marca HACH mientras que para el análisis de cloruros se realizó el método titulométrico con nitrato de plata según el Standar Methods 20<sup>va</sup> edición.

Para el análisis de los datos climatológicos y la determinación de los histogramas de precipitación media con los que se obtuvieron las épocas representativas de muestreo se contó con los datos proporcionados por el INAMHI de las estaciones

meteorológicas principales que se ubican en la zona del estudio: Inguincho (M001), Otavalo (M105) y Cahuasqui-Fao (M107); ubicadas en la provincia de Imbabura de las cuales se cuentan con datos de precipitación, desde el año 1979 hasta el 2014, los datos proporcionados por el INAMHI no son completos por lo que los mismos fueron rellenados mediante dos metodologías la de regresión lineal y la de la razón normal, debido a la gran cantidad de datos faltantes la mejor metodología fue la de regresión lineal, se utilizó la estación M0009 como estación de referencia para el relleno de datos, y la validación de los datos rellenos se las realizó mediante dos metodologías la primera fue la prueba de rachas y la segunda la curva de doble masa [7].

### 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las mediciones de los parámetros pH, conductividad eléctrica y cloruros de los años 2014 a 2016 del río Ambi en la zona de Yachay, presentan un comportamiento variado correspondiente a cada época del año donde el factor precipitación tiene relación con estos parámetros en sus niveles de concentración en este sistema hidrográfico.

En la Tabla 2, se observa los resultados de estos parámetros obtenidos en laboratorio de las muestras analizadas del río Ambi en diferentes sectores.

#### 5.1 pH EN LAS MUESTRAS DEL RÍO AMBI-YACHAY

El pH determina la clasificación de un agua como ácida (pH<7) ó básica (pH >7). Se recomienda que un agua ideal este cerca de la neutralidad o que sea ligeramente ácida, es decir que su pH oscile entre 5 y 7.5 [10]. Sin embargo, no se requiere que el agua de un cuerpo superficial entre en una de estas dos clases, tanto si al agua se la pretende usar primero para riego agrícola, segundo para preservación de la vida acuática y silvestre y tercero para recreación. La norma ambiental que rige en el país es el TULSMA, la misma que da un rango de valores para los cuales se considera apta el agua para los tres casos de usos antes mencionados, que fueron los potenciales a ser considerados por la zona del río

Ambi y su cercanía con ciudad Yachay. El rango para estos casos es de 6 a 9 [11].

Normalmente las aguas de un cuerpo superficial cumplen con el pH dentro de este límite permisible [12]. Sin embargo, en algunas muestras de las aguas del río Ambi, se observaron valores cercanos especialmente al límite superior.

La variación en el nivel del pH está dado por factores intrínsecos y extrínsecos, siendo estos últimos los de mayor relevancia. Dentro de este grupo de factores se encuentra la composición de los suelos adyacentes, las fuentes de contaminación, la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y la temperatura [13].

Los puntos analizados en esta investigación, para los cuales se midió este parámetro en tres diferentes años (2014, 2015 y 2016) reflejaron una disminución de uno del valor de pH en los últimos dos años con relación al primero, en promedio.

Los valores correspondientes al año 2014 fueron tomados en época intermedia y los correspondientes a 2015 y 2016 en época de lluvias, esto probablemente justifica la disminución en el nivel de pH o lo que es lo mismo la acidificación de las aguas por mezclarse en épocas de lluvias con un agua que tiene un pH de alrededor de 5 [14].

El escenario crítico para este parámetro entonces sería en época intermedia, en donde los valores tienden a crecer y a acercarse al límite superior admisible, debido a la poca presencia de aguas ácidas que neutralicen el pH a niveles recomendados por Ref. [10].

En la Figura 4, se aprecia que para esta investigación, todos los puntos de muestreo se encuentran dentro de los límites y por lo tanto el nivel de pH en las aguas del río Ambi no presenta ningún inconveniente ambiental para su aprovechamiento en actividades agrícolas especialmente así como también en la preservación de la vida acuática y recreación.

Tabla 1. Coordenadas y descripción de puntos de muestreo

PTO	2014		2015		2016		DESCRIPCIÓN
	N	E	N	E	N	E	
1	818802	50836	819001	48600	818999	48609	Quebrada los Torales, puente hidrogeológico, ojo de agua
2	817600	48469	817615	48487	817611	48462	Yachay, Canal de riego Salinas
3	811535	47344	811534	47349	811540	47385	Quebrada Pinginchuela
4	806965	34232	806965	34232	806944	34482	Río Ambi, Puente Atuntaqui Cotacachi
5	805394	31797	805394	31797	805382	31803	Cotacachi Río Ambi, puente Cotacachi
6	803670	27870	803670	27870	803914	28354	Otavalo, inicio río Ambi, antes de PTAR



Figura 3. Mapa de ubicación puntos de muestreo de la subcuenca del río Ambi

Tabla 2. Resultados de las muestras en laboratorio.

Pto	2014			2015			2016		
	pH	CE (µS/cm)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	pH	CE (µS/cm)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)	pH	CE (µS/cm)	Cl <sup>-</sup> (meq/l)
1	8.41	1790	11.67	8.41	1543.3	1.823	8.3	1123	1.876
2	8.46	853.5	1.98	8.32	682.8	2.398	8.22	531	1.484
3	8.26	1164.5	8.12	7.82	746.7	4.046	7.78	751	3.36
4	7.73	1122.5	2.31	7.56	1032.4	1.403	7.68	444	0.952
5	8.63	849.5	1.86	7.6	962.1	1.064	7.84	406	0.896
6	7.16	838.5	3.49	7.62	806.7	1.402	7.67	319	0.798

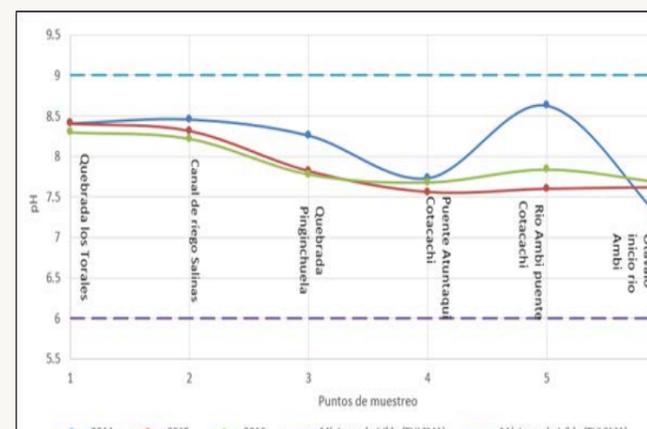


Figura 4. Variación del pH en las muestras del río Ambi.

### 5.1.1 PRECIPITACIÓN vs pH

La Figura 5 indica la relación del pH con la precipitación. El gráfico muestra el promedio de datos históricos de precipitación, desde el año 1979 al 2014, para cada uno de los meses en relación al promedio de niveles de pH de todos los puntos muestreados en cada año y en el mes correspondiente de muestreo. Por consiguiente, se observa gráficamente que en época de precipitaciones altas (2015 y 2016) se tiene valores promedios de pH menores que en precipitaciones bajas (2014). Es decir se aprecia una relación inversa entre pH y precipitación.

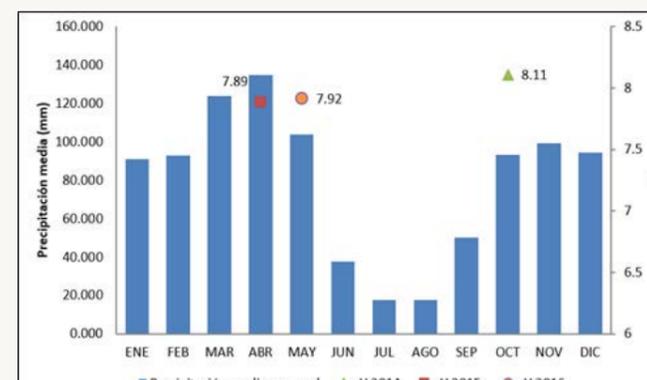


Figura 5. Relación de la precipitación con el pH en las muestras del río Ambi.

### 5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS MUESTRAS DEL RÍO AMBI – YACHAY

La CE es un parámetro relacionado a la salinidad del agua y por lo tanto su valor toma importancia especialmente en usos de riego agrícola. La CE es la medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica [14]. Al igual que para el pH, la norma ambiental determina para la conductividad ciertos valores límites permisibles para su aprovechamiento.

Si la CE del agua tiene un valor alrededor de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o menor, no existe restricción para el uso de dicha agua. Por

otra parte si tiene un valor entre los 700 y 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tiene un grado de restricción de ligero mientras es más cercano a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y de moderado conforme se acerca a los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Finalmente, si el valor de conductividad asciende los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el grado de restricción es severo y dicho cuerpo de agua no puede emplearse para actividades de riego [11].

La variación de la conductividad puede relacionarse a factores como la pureza química del agua, mientras más pura es un agua menor es la concentración de electrolitos en el agua y por lo tanto la CE es baja [15]. Tiene estrecha relación también a la cantidad de sólidos disueltos.

En las muestras ensayadas del río Ambi se determinó que para épocas intermedias la conductividad eléctrica es alta y disminuye en épocas de lluvias, alcanzando niveles de alrededor de los 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que se muestra favorable para la mayoría de cultivos. Esto se da ya que no existe mayor afectación por factores naturales como los vulcanológicos y por factores humanos como la actividad minera, lo que ocasiona una mineralización extrema del agua, tal como lo señala el estudio de calidad de los ríos de Perú realizado por la SENAMHI.

En la Figura 6, se observa el comportamiento y variación de los niveles de CE para las diferentes muestras tomadas en esta investigación en el río Ambi. En la misma se aprecia que todos los puntos se encuentran dentro de un rango que puede considerarse como sin restricción o de uso permisible. Esto significa que las aguas del río Ambi se muestran favorables al uso agrícola. En la Tabla 3, se indica la clasificación de las aguas según su conductividad eléctrica:

Tabla 3. Clasificación de las aguas en base a la CE.

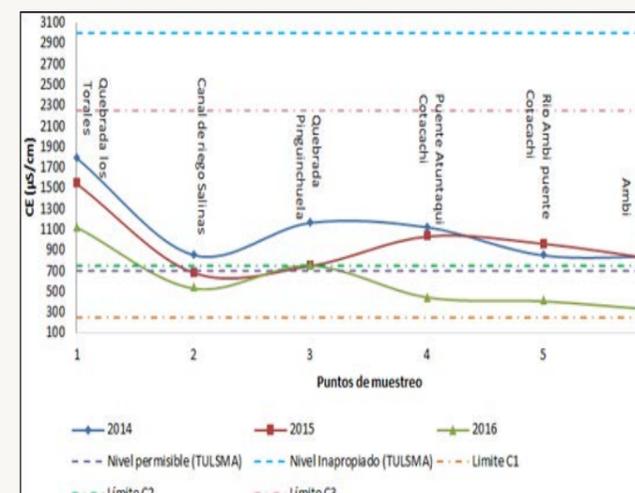
Clasificación	Tipo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
C1	Aguas de baja salinidad	Menor a 250
C2	Aguas de salinidad media	250-750
C3	Aguas altamente salinas	750-2250
C4	Aguas muy altamente salinas	Mayor a 2250

Fuente: (2)

De conformidad con lo mostrado en la Figura 6 y según lo indicado en la Tabla 3, las aguas de la cuenca del río Ambi son en su mayoría altamente salinas. Por otra parte, la alta salinidad en las aguas, limita el uso de estas en suelos sin drenaje [16].

La alta salinidad además causa pérdidas de rendimiento en una gran variedad de cultivos, ya que puede inhibir el crecimiento de la planta y reducir la productividad, principalmente por el desbalance nutricional y la toxicidad

por iones [17].



### 5.2.2 PRECIPITACIÓN vs CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Las variaciones de CE están condicionadas por las precipitaciones y el caudal del río, los usos del suelo y sus modificaciones, la aplicación de riego y los focos de contaminación presentes.

Por lo general, la relación entre estas variables es inversa, es decir a mayor precipitación menor es la CE y viceversa. Esto no siempre ocurre en un río y se debe probablemente a que el exceso o la falta de riego puede generar el lavado de las sales del suelo que forma parte del sistema hidrográfico y aumentar o disminuir la CE [18].

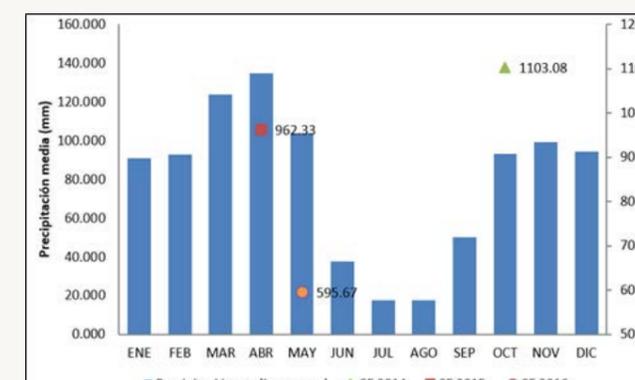


Figura 7. Relación de la precipitación con la CE en las muestras del río Ambi.

En la Figura 7, se observa la relación antes mencionada, donde se tiene una menor CE para precipitaciones altas y mayor CE para precipitaciones bajas. El punto que corresponde al año 2016, presenta un comportamiento que no va acorde a lo señalado. Es factible que los niveles de salinidad y por lo tanto de CE se hayan visto afectados por el problema de lavado del suelo, como lo señaló Ref. [18].

Para este caso de relacionar la precipitación con la conductividad, es necesario incorporar a este análisis multitemporal un punto adicional tomado en los meses de julio o agosto, en donde se tiene los niveles de precipitación más bajos y por lo tanto se esperan niveles altos de conductividad eléctrica, lo que confirmaría la relación inversa entre precipitación y CE o bien justificaría el comportamiento del punto de 2016, que por ahora no se reconoce su comportamiento.

### 5.3. CLORUROS EN LAS MUESTRAS DEL RÍO AMBI-YACHAY

La presencia de cloruros en las aguas naturales se deben a la disolución de depósitos de minerales de sal, contaminación proveniente de efluentes de actividad industrial, aguas excedentarias de riego agrícola y minas de sales potásicas, también se puede tener un incremento de contenido de cloruros como consecuencia de contaminaciones domésticas provenientes de la orina del hombre y animales [19].

En el río Ambi el análisis del contenido del ión cloruro en las aguas fue de suma importancia ya que uno de los potenciales usos del agua por la cercanía de la

ciudad del conocimiento Yachay es para uso agrícola, un contenido de cloruro elevado en el agua interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal, si la concentración de cloruros excede la tolerancia se presenta síntomas de toxicidad en las plantas las cuales incluyen quemazón o secamiento de los tejidos foliares [20].

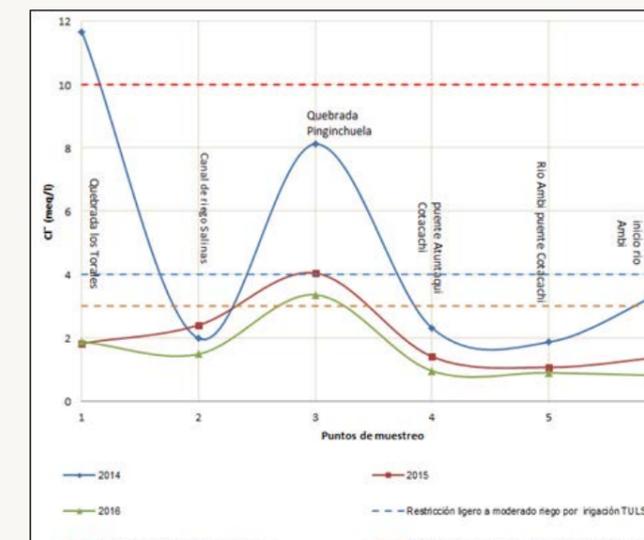


Figura 8. Variación de cloruros en las muestras del río Ambi.

Para riegos de irrigación superficial concentraciones de cloruros menores a 4 meq/l no presentan ningún grado de restricción, en concentraciones de 4 a 10

meq/l se tiene una restricción ligero a moderado y concentraciones mayores a 10 meq/l representan un grado de restricción severo, para el caso de riegos por aspersión concentraciones de 3 meq/l representan un grado de restricción ligero a moderado [11].

En la Figura 8, se presenta los resultados de las concentraciones de cloruros en meq/l correspondientes a los años 2014 a 2016, de los puntos muestreados a lo largo de la cuenca del río Ambi, en el año 2014 tomado en época intermedia en el punto correspondiente a la quebrada los torales se tiene una concentración mayor a la máxima permitida por la norma TULSMA 2015, en el caso del punto de la quebrada de Pinguinchuela a pesar de que la concentración de cloruros no sobrepasa el límite máximo se debe tener precaución debido a que tiene una restricción ligera a moderada y los cultivos pueden verse afectados por dichas concentraciones.

Un factor predominante en el cambio de la concentración de cloruros es la geología del lugar, los puntos correspondientes a la cuenca baja del río Ambi fueron los que en los tres años de análisis presentaron mayores concentraciones de cloruros en sus aguas estos puntos son la quebrada de Torales, Yachay, canal de riego Salinas y la quebrada Pinguinchuela. Lo que indica que las aguas en la cuenca media y baja están en contacto con zonas volcánicas [2].

### 5.3.3 PRECIPITACIÓN VS CLORUROS

El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, tanto natural como residual. El nivel de cloruros en el agua es variable y se debe principalmente a la naturaleza de los terrenos atravesados por un cuerpo de agua [21].

Las concentraciones de cloruros en los años 2015 y 2016 correspondientes a épocas con mayores precipitaciones son menores a las del 2014, en épocas intermedias las concentraciones fueron mayores, tal como se muestra en la Figura 9. Esto se podría explicar debido a que en menores precipitaciones por la disminución de caudales la composición de las especies químicas en el agua se encuentran concentradas mientras que a mayores precipitaciones las mismas se encuentran diluidas [6].

Otros autores, creen que la precipitación no tiene relación alguna con el nivel de cloruros en el agua de un río; esto debido a que el agua lluvia presenta valores

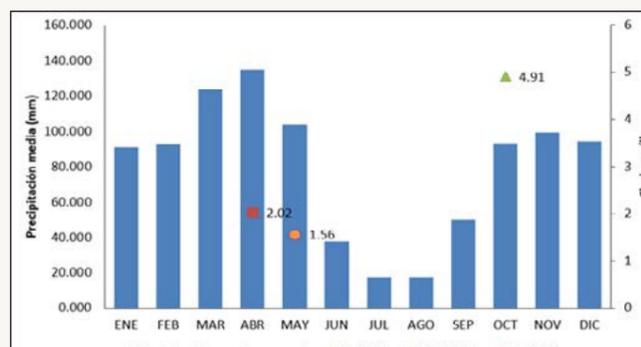


Figura 9. Relación de la precipitación con cloruros en las muestras del río Ambi.

de concentración de este ion de 0.05 a 0.1 meq/l, mas podrían tener su afectación en el momento en que las aguas lluvias lavan el suelo permitiendo el ingreso de este ion al río de forma natural [22].

Los resultados de esta investigación comprobaron una cierta relación inversa entre la precipitación y los cloruros en agua, debiendo comprobarse esto con otro punto adicional en épocas de estiaje en 2016, lo cual concluirá sobre la relación existente o inexistente de la precipitación sobre el nivel del ion cloruro en un cuerpo de agua.

### 6. CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio realizado, la relación de los parámetros pH, CE, y Cl<sup>-</sup> con las precipitaciones medias de la zona fueron inversas, ya que la mayor concentración de estos parámetros se dio en el año 2014 (épocas intermedias), donde se observó que a menor precipitación mayores son las concentraciones de los iones analizados, se concluye que para verificar esta tendencia es necesario realizar el mismo análisis en meses correspondientes a sequía.

La calidad del agua del río Ambi en la mayoría de puntos analizados no representaron un riesgo para su potencial uso desde el punto de vista agrícola, ya que las concentraciones se encontraron en los rangos permisibles según normativa, en parámetros como la CE y los Cl<sup>-</sup> se debe tener cuidado ya que en el análisis en épocas intermedias que fue el más crítico en el estudio se presentó una alta salinidad y una concentración de cloruros para la cuenca baja de un rango de leve a moderado por lo que debido a la relación concentraciones de los iones-precipitación se puede aumentar las concentraciones de estos iones en sequía y las

mismas podrían estar fuera del rango permisible por lo que el estudio en esta temporada resultará fundamental.

### 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

[1] YACHAY. YACHAY, Ciudad del conocimiento . Proyectos agrícolas y agroindustriales . [En línea] 2016. <http://www.yachay.gob.ec/proyectos-agricolas-y-agroindustriales/>.

[2] Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., Guallichico, D. Análisis multivariado de las aguas de la subcuenca del río Ambi en época de estiaje y su relación con la calidad desde el punto de vista agrícola. Universidad De Las Fuerzas Armadas -ESPE. 2015.

[3] Jimenez, Antonio. Mejora de una finca en el término municipal de Daimel . Unversidad de castilla la mancha, trabajo de titulacion . 2001.

[4] Jarsum, Rafael. Manul de usos e interpretación de aguas . Secretaria del medio ambiente, Cordova . 2008.

[5] Beltran, M., Guerra, V. Cuando los nutrientes esenciales se vuelven toxicos . Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria . 2013.

[6] Carrera, D., Guevara, P., Crisanto, T., Maya, M. Relación entre la composición química inorgánica del agua, la precipitación y la evaporación en la cuenca de Río Grande, Chone, Ecuador. 2015.

[7] Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., Balarezo, A., Narvaez, C., Morocho, D. Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e iterandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media . 2016, IDESA CHILE.

[8] Tamayo, Lizeth. Calidad de aguas y suelos en la cuenca del río Ambi para uso agrícola en los campos experimentales en la ciudad del conocimiento Yachay mediante análisis físico-químico. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. 2016.

[9] A. B. L. Antonio. "Una revisión de la evaluación de la calidad de agua de los ríos de la provincia de Imbabura,". Universidad Técnica Particular de Loja. 2014.

[10] Hernandez, Fernando. Asistencia Técnica Agrícola. El ph del agua de riego. [En línea] 2015. <http://www.agro-tecnologia-tropical.com/>.

[11] MAE. Acuerdo Ministerial 097-A. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua libro VI anexo 1. 2015.

[12] SENAMHI. Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. 2008.

[13] Dotro, P., Nardi, M., Rodriguez, D., Rodriguez, V. Estudio de la evolución del pH en función de la temperatura. 1994.

[14] Orozco, C., Pérez, A., Gonzales, M N., Rodriguez, F., Alfayate, J M. Contaminación Ambiental. s.l. : Thomson, 2004.

[15] Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas . Jiménez, Aznar. 2001, Vol 2.

[16] Carrera, David. Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí. Montecillo, Mexico : s.n., 2011.

[17] Carranza, Carlos., Lancho, O., Miranda, D., Chaves. Análisis del crecimiento de lechuga cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. 2009.

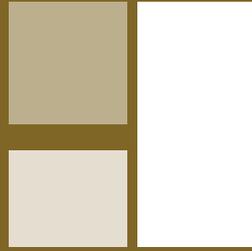
[18] Rodriguez, C., Duque, C., Calvache, M L., López, M. Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña, España. 2010, GEOGACETA, págs. 107-110.

[19] Catalán L, J.G., Olver, B., Alonso, J.J. Estudio hidrologico del Rio Llobregat. Litocotor S.A-Verdi 65. 1971.

[20] García, Álvaro. Critrios modernos para evaluacion de la calidad del agua para riego . 2012.

[21] UNNE. Química general y tecnológica. Volumetría de precipitación. 2010.

[22] Gómez, Luis Fernando. Indicadores de calidad de agua. Potencial de hidrógeno, Dureza, Cloruros. 2009.



## MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PETRÓLEOS CON MENCIÓN EN RECUPERACIÓN MEJORADA

Modalidad de estudios: **Presencial**

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA

El objetivo del Programa de Maestría Profesional en Ingeniería de Petróleo con mención en Recuperación Mejorada es formar expertos con una preparación rigurosa y sólida en los diversos campos de conocimientos y disciplinarios que integra la malla curricular a través de la alta especialidad en su práctica profesional que lleve como sustento la investigación, como la estrategia formativa transversal de tal forma que sean capaces de proponer soluciones para maximizar las reservas remanentes en los yacimientos explotados en la República del Ecuador.

### Perfil de egreso

- Planificar los conocimientos adquiridos sobre el campo de la planificación, diseño, operación y control de proyectos de Recuperación Mejorada de Petróleos EOR, incluyendo el manejo ambiental y social de sus actividades, que no se muestran como intensivas en el ámbito de cambiar el uso del suelo.
- Diseñar propuestas relacionadas con la adaptación, cambios e instalación de nuevas facilidades de producción y almacenamiento, así como la transformación de pozos cerrados de baja o nula productividad en pozos inyectores para Recuperación Mejorada.
- Aplicar las competencias necesarias para dar soluciones a problemas pertinentes del ámbito de las reservas y producción de petróleo a partir de la formulación, dirección y ejecución de proyectos de investigación, innovación y aplicación tecnológica dentro del marco de la Recuperación Mejorada de Petróleo.
- Administrar los recursos científicos en la búsqueda de resultados y en la aplicación de tecnologías, que le permitan desarrollar apropiada y adecuadamente sus actividades profesionales en el marco de la Recuperación Mejorada de Petróleo.
- Aplicar las competencias adquiridas para proactivamente ayudar a solventar las necesidades que el país tiene en el ámbito de la incorporación de nuevas reservas y la adición de nueva producción de petróleo, ejerciendo la profesión de manera responsable, legal y ética, comprometida con el desarrollo sustentable; propiciando un balance adecuado entre el desarrollo profesional, el desarrollo tecnológico y la calidad de vida.

### Malla Curricular

#### Primer Semestre

Ingeniería de yacimientos  
Caracterización estática y dinámica  
Simulación de yacimientos  
Ética y saberes ancestrales  
Metodología de la investigación

#### Segundo Semestre

Fundamentación de RM  
Inyección de agua  
Inyección de gas  
Métodos EOR con polímeros

Métodos EOR con surfactantes

#### Tercer Semestre

Métodos termales EOR  
Otros métodos EOR  
Macro desplazamiento  
Economía y finanzas  
Legislación sectorial

#### Cuarto Semestre

Salud, seguridad e higiene  
Gestión de proyectos  
Seminario de investigación