

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

David Vinicio Carrera Villacrés; Paulina Valeria Guevara Garcia; Lizbeth Carolina Tamayo Bacacela; Daniela Estefanía Guallichico Loya

Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE
Quito-Ecuador
dvcarrera@espe.edu.ec

Abstract— The basin of the river Ambi is located in the province of Imbabura, canton of San Miguel de Urcoquí, it's economy is based on agriculture and animal husbandry, is of great importance the use of the land and water resources are really necessary. The objectives of this study were to measure the inorganic concentrations in the basin of the river Ambi, To analyze statistically with the multivariate technology of principal components the concentrations and to relate it to the quality of the water from the agricultural point of view by means of the multivariate analysis and to relate it to the local Geology. There was a marked difference in the upper, middle and lower basin. In the upper basin predominance of potassium ions from the andesites and potassium feldspars in the middle and lower prevailing chloride ions and sulfate indicating a volcanic contact zone. Multivariate analysis confirmed the geology of the site. Hydrochloric such waters have high solubility and soils and crops are affected.

Keywords— ions, multivariate analysis, agents, geology

Resumen— La subcuenca del río Ambi se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón de San Miguel de Urcoquí, 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. Los objetivos del presente trabajo fueron medir las concentraciones inorgánicas en la subcuenca del río Ambi, analizar estadísticamente con la técnica multivariada de componentes principales las concentraciones y relacionarlo con la calidad del agua desde el punto de vista agrícola mediante el análisis multivariado y relacionarlo a la Geología del lugar. Existió una diferencia marcada en la cuenca alta, media y baja. En la cuenca alta predominio los iones de potasio provenientes de las andesitas y feldspatos potásicos, en la cuenca media y baja predominó los iones cloruros y sulfatos lo que indica un contacto con la zona volcánica. El análisis multivariado confirmó la geología del lugar. Las aguas del tipo clorhídricas tienen alta solubilidad, así los suelos y cultivos están afectados.

Palabras clave—iones, análisis multivariado, agentes, geología.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un compuesto esencial para la vida, se la utiliza en la alimentación, en la agricultura, en la industria, etc. Y es el medio en el que se producen la mayoría de las reacciones físicas químicas y bioquímicas que son fundamentales para la vida. Conocer la calidad y la disponibilidad del agua para sus diferentes usos, son factores importantes para el bienestar y el progreso de un país; pero no solo depende del tipo de suelo, clima, condiciones de drenaje, técnicas de riego y caudales disponibles, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química del agua [1].

La composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales. La consecuencia es la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través de vertidos de aguas residuales

o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados.

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. Esto hace que las aguas dulces puedan presentar un elevado o escaso número de sustancias en su composición química natural. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos, como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono[2].

Existen diferentes parámetros físico-químicos que se analizan para determinar el estado de las aguas desde el punto de vista agrícola entre ellos se encuentran: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, orgánicos, inorgánicos, bicarbonato, boro, calcio, cloruros, fosfatos, magnesio, nitratos, potasio, sílice, sodio y sulfatos. La temperatura tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que se realiza en el agua, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. El pH influye en la acidez, basicidad o neutralidad, aguas con valores de pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de las piezas metálicas en contacto con ellas, y las que poseen valores mayores de 7 se denominan básicas y pueden producir precipitación de sales insolubles (incrustaciones). En las medidas de pH hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura. La Conductividad Eléctrica (CE) en el agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Los Cloruros se forman generalmente debido a la cloración del

agua para su desinfección, así como a procesos de salinización por aguas marinas. Los Fosfatos en aguas naturales es fundamental conocer la concentración para evaluar el riesgo de eutrofización. Este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de los vegetales, y un gran aumento de su concentración puede provocar la eutrofización de las aguas. Así, Los fosfatos están directamente relacionados con la eutrofización de ríos, pero especialmente de lagos y embalses [3].

Cuando se recoge la información de una muestra de datos, lo más frecuente es tomar el mayor número posible de variables. Sin embargo, si se toma demasiadas variables sobre un conjunto de objetos, se tiene varios coeficientes de correlación, mientras más variables se analicen este número aumenta. Evidentemente, en este caso es difícil visualizar relaciones entre las variables. El análisis multivalente (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resultan al observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Las variables observables son homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás. La información estadística del AM es de carácter multidimensional, por lo tanto la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivalentes juegan un papel fundamental [4]. El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información,

o reducción de la dimensión (número de variables), es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

Relacionar las dos ciencias la geología y la química sirve para identificar características que presentan las aguas de forma natural. Los recursos naturales representan un importante foco en donde la Geología a través de los procesos de intemperismo libera los iones desde los minerales. Estos recursos son el agua y el suelo, una gran variedad de minerales metálicos y no metálicos. En conjunto, forman la verdadera base de la civilización moderna. La Geología aborda no sólo la formación y la existencia de estos recursos vitales, sino también el mantenimiento de sus existencias y el impacto ambiental de su extracción y su uso [5].

Desde el punto de vista geomorfológico se puede descartar 3 zonas principales

- La zona interandina
- Depresión geomorfológica del Chota
- Etribaciones de la cordillera occidental

Zona interandina: comprendida entre las cordilleras Real y Occidental. En cuanto a su geología se observa que a causa de la intensa actividad volcánica, los sedimentos que recibe la zona interandina, son cenizas, cangahuas, lavas andesíticas y otros productos volcánicos que reciben y modelan el paisaje, las tillitas y morreras existentes son productos de las glaciaciones acaecidas en la zona. Los sedimentos acarreados por los ríos desde las partes altas, fueron depositadas en las partes bajas formando amplios valles.

Depresión Geomorfológica del Chota: Causado por los movimientos epigénicos del cuaternario (pleistoceno) en el callejón interandino se formó el "Valle del Chota", se encuentra atravesado por una falla geológica, por la que corre el río Chota, el que en su trayectoria, desde su nacimiento en la estribación occidental de la cordillera Real hasta el Juncal ha profundizado su cauce, formando un valle de etapa juvenil amplio. En el cauce del río se encuentran afloramientos de las rocas más antiguas.

Etribaciones de la cordillera Occidental: Entre el litoral y la zona interandina se desarrolla una zona de transición que se extiende hacia la costa hasta los 1000m de altura, es una zona irregular con pendientes medias a altas, recubierta con rocas volcánicas resistentes masiva en su base, pero fracturadas e diaclasadas exteriormente [6].

En Estados Unidos, han elaborado un sistema para clasificar a los suelos conocidos como la Taxonomía del suelo. Haciendo énfasis en las propiedades físicas y químicas del perfil del suelo y se organiza según las características observables del suelo. El sistema reconoce 12 órdenes de suelo: Alfisoles, Andisoles, Aridisoles, Entisoles, Gelisoles, Histosoles, Inceptisoles, Mollisoles, Oxisoles, Esposoles, Ultisoles, Vertisoles.

La subcuenca del río Ambi presenta suelos de tipo Inceptisoles y gran parte del área suelos tipo Mollisoles *ver mapa 1*. Los Inceptisoles son suelos jóvenes poco desarrollados en los que el comienzo o principio del desarrollo del perfil es evidente. Más habituales en los climas húmedos, existen desde el Ártico hasta los trópicos. La vegetación nativa suele ser bosque.

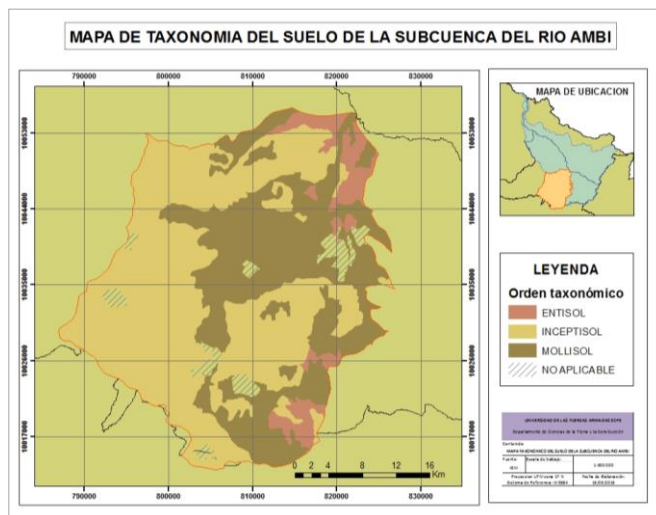
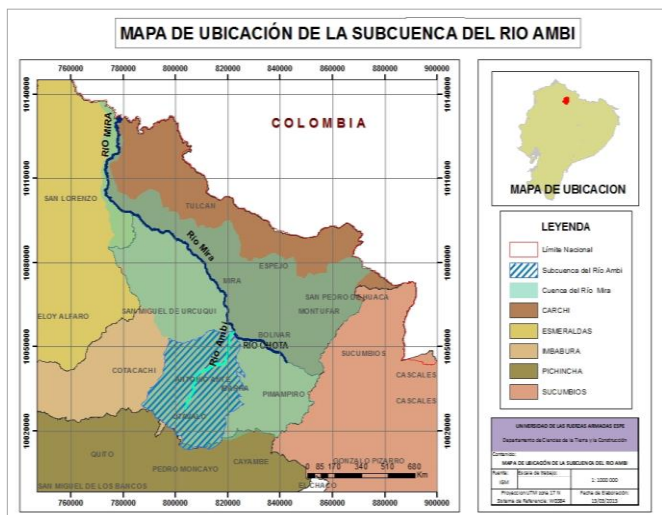
Los Mollisoles son suelos oscuros y suaves que se han desarrollado bajo una vegetación herbosa y en general se encuentran en áreas de pradera. El horizonte superficial es rico en humus, calcio y magnesio. Por lo que la fertilidad del suelo es excelente [5].

Los objetivos de este trabajo fueron medir las concentraciones inorgánicas en la subcuenca del Ambi, analizar estadísticamente con la técnica multivariada de componentes principales las concentraciones y relacionarlo con la calidad del agua desde el punto de vista agrícola en esta zona.

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Mira cubre un espacio entre las provincias de Imbabura, Carchi y Esmeraldas. Su régimen hidrográfico depende de la gradiente de su lecho y del caudal que el río recibe en su origen y en su curso. Este caudal es variable y depende de la temporada anual de precipitación pluvial: así, el río Mira crece más entre los meses de julio a agosto. Se acrecienta su caudal por los ríos afluentes o tributarios y por las quebradas, corrientes superficiales de agua que se escurren por la montaña por ambos márgenes del río. Esta cuenca cubre los territorios de los cinco municipios que la conforman: Urucuquí, Pimampiro, Mira, Bolívar y Espejo; distribuidos sobre las provincias del Carchi al norte (Mira, Bolívar, y Espejo), y de Imbabura al sur (Urucuquí y Pimampiro).

Tiene fronteras con los cantones de Tulcán y Montufar al norte, con la provincia de Esmeraldas al oeste, con los



Mapa 1: Mapa taxonómico de la subcuenca del río Ambi.

Mapa2: Mapa de ubicación de la subcuenca del río Ambi

cantones Cotacachi y Antonio Ante al sur, y con las provincias de Sucumbíos al este, *ver mapa 2*.

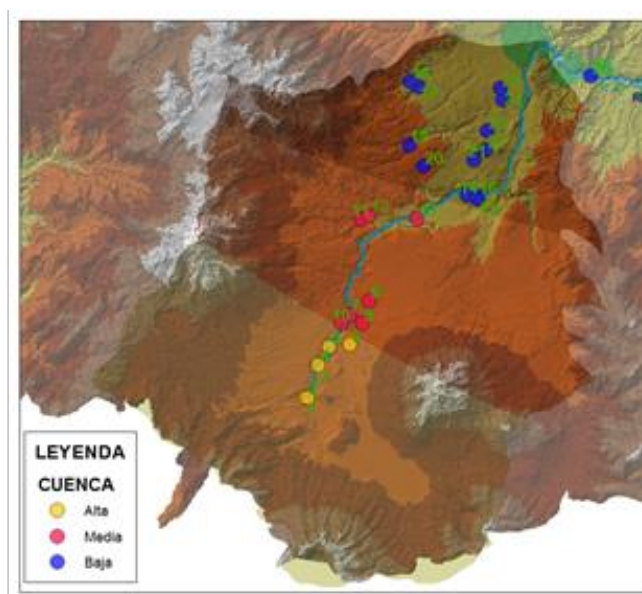
El principal afluente de la cuenca del Mira es el río Chota, que circula en dirección este-oeste, y al cual convergen por el sur los ríos Mataquí al este y el Ambi al oeste. El río Ambi nace en el cerro Imbabura a 4000 m.s.n.m, con los afluentes Itambí que alimentaba al lago Imbakucha- San Pablo que luego con el nombre de Jatunyacu se une al Blanco y al Yanayacu formándose así el río Ambi [7].

III. METODOLOGÍA

Esta investigación fue no experimental porque no se controló las variables físico-químicas del agua; transversal porque se midió los parámetros en una época del año y descriptiva porque se pretendió explicar las concentraciones en la subcuenca del río Ambi con la toma de una muestra simple de agua. El muestreo se realizó en lugares donde nacen los ríos, pozos y a lo largo de toda la subcuenca. Se tomaron 26 muestras según la Norma INEN2169 y el Estándar Methods 20va edición, para el análisis se dividió a la subcuenca en tres grupos: alta, media y baja según la ubicación de los puntos, *ver mapa 3*.

Las muestras de agua se enviaron al Laboratorio Analítico HAVOC, laboratorio especializado y acreditado a la OAE, el cual se encargó de medir los parámetros objeto de ésta investigación los cuales fueron: cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), aniones (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), B^- , Si. Además, se midió en el Laboratorio de Ambiental de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE los parámetros pH, CE, residuo seco evaporado y calcinado. La temperatura se obtuvo in situ.

Una vez obtenidos los resultados se utilizó el programa Minitab para realizar el análisis de los componentes principales; Minitab es un programa estadístico que permite determinar la correlación que existe entre dos o más variables. Los valores del coeficiente de correlación puede variar desde -1.00 hasta 1.00, el valor de cero indica que no existe ninguna correlación [8].



Mapa 3: Ubicación de los puntos de muestreo.

Minitab proporciona valores propios (eigenvalue) de cada componente principal, también la proporción de varianza explicada (proportion) y la varianza explicada acumulada (cumulative).

Los datos de varianza explicada son importantes para saber cuántos componentes principales se va a utilizar en el análisis. No hay una regla definida sobre el número que se debe utilizar, con lo cual se debe decidir en función del número de variables iniciales (hay que recordar que se trata de reducirlas en la medida de lo posible) y de la proporción de varianza explicada acumulada [9].

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Datos de concentración de las aguas de la subcuenca del río ambi

Los datos obtenidos por el Laboratorio HAVOC se presentan en la tabla 1.

La cuenca del río Ambi al estar rodeada de volcanes como el Imbabura y el Cotacachi, las concentraciones de Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , pueden estar relacionadas con la geología del sector. Las formaciones geológicas identificadas a lo largo del río debido a las erupciones volcánicas originadas en el periodo Cuaternario dio lugar a las formaciones geológicas como: piroclastos primarios (tefra, flujos piroclásticos, ignimbritas) y retrabajados (Cangahua); avalanchas de escombros, lahares, flujos de lava, los cuales fueron arrastrados desde las partes altas y depositados en la cuenca baja del río Ambi. Es por ello que se han generado la presencia de cationes, aniones y otros elementos debido a las rocas ígneas como es la andesita, sedimentarias y metamórficas, las cuales están compuestas principalmente por silicatos, los cationes que más a menudo enlazan las estructuras silicatadas son los correspondientes a los elementos hierro (Fe), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), aluminio (Al) y calcio (Ca) [5].

También son formadores de minerales como el cuarzo, feldspatos y diversos silicatos ferromagnesianos, además posee grandes cantidades de cationes como el Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} .

Una de las causas que generan dureza en el agua es debido a la presencia de estos iones: calcio (Ca^{2+}) y iones magnesio (Mg^{2+}) disueltos en el agua. Además, cationes como el aluminio (Al^{3+}) y el fierro (Fe^{3+}), sin embargo su presencia es menos crítica ya que el carbonato de calcio es el que contribuye más a la dureza del agua. Esto genera a través del contacto del agua y la caliza (roca sedimentaria) [10].

El B es un importante micronutriente de difícil manejo debido a que su movilidad en el floema varía. En aguas de pozo cercano a fallas sísmicas o geotérmicas se tiene altas concentraciones. La toxicidad es más frecuente por el boro contenido en aguas, que en la que se encuentra en el suelo.

Las concentraciones críticas de fósforo disuelto, para que se inicien los procesos de eutrofización; el límite máximo del fósforo es de 0,05 mg/l, es necesario controlar estos límites ya que es peligroso debido a su carácter irreversible, hay crecimiento excesivo de algas, la materia orgánica no se descompone totalmente lo que provoca emanaciones de gas carbónico, sulfuro y sales amoniacales. El incremento de este elemento se debe a la agricultura intensiva y a la producción de ganado, además de los lodos proveniente de las aguas residuales. Altas concentraciones de fósforo indican contaminación de aguas por efluentes urbano industriales [11].

B. Análisis multivariado de los componentes principales

Para la determinación de los componentes principales se estableció once parámetros en 26 puntos muestreados de los cuales se dividieron en tres zonas, llamadas cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. En la tabla 1 se presenta los datos analizados en el programa Minitab de los componentes principales. En la Figura 1, 2 y 3 se representan los

componentes principales cuenca alta, media y baja respectivamente.

Tabla 1: Análisis de los componentes principales (CP) y 11 variables químicas de las 26 muestras de agua, dividida en cuenca alta, media y baja.

Variable	Cuenca Baja	Cuenca Media	Cuenca Alta
Temperatura	0,272	0,242	0,269
pH	-0,169	0,083	-0,289
CE	0,290	0,423	0,384
B	0,249	0,338	0,307
Ca ²⁺	0,231	0,158	0,176
Mg ²⁺	0,319	0,411	0,324
Na ⁺	0,125	0,251	0,344
K ⁺	0,462	0,412	0,386
HCO ₃ ⁻	0,364	0,077	-0,110
Cl ⁻	0,388	0,208	0,351
SO ₄ ²⁻	0,289	0,407	0,218

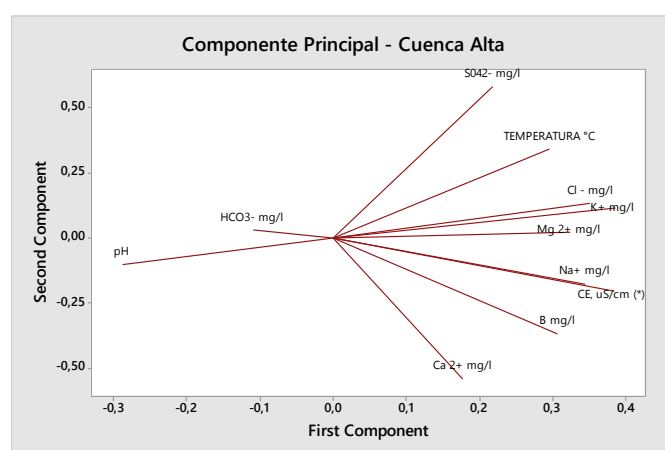


Figura 1: Representación gráfica de las 11 variables químicas con respecto a los dos primeros componentes principales en la cuenca alta.

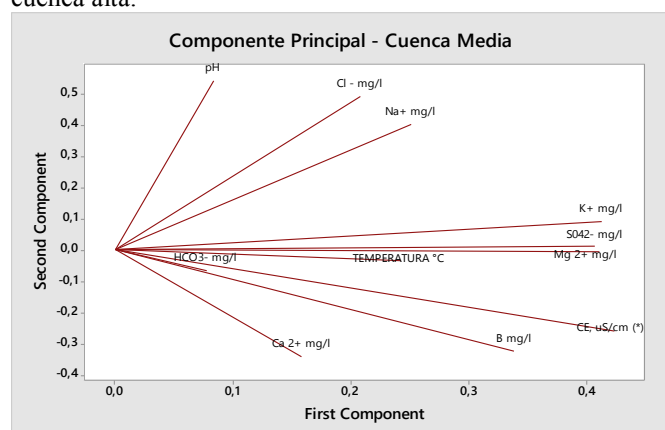


Figura 2: Representación gráfica de las 11 variables químicas con respecto a los dos primeros componentes principales en la cuenca media.

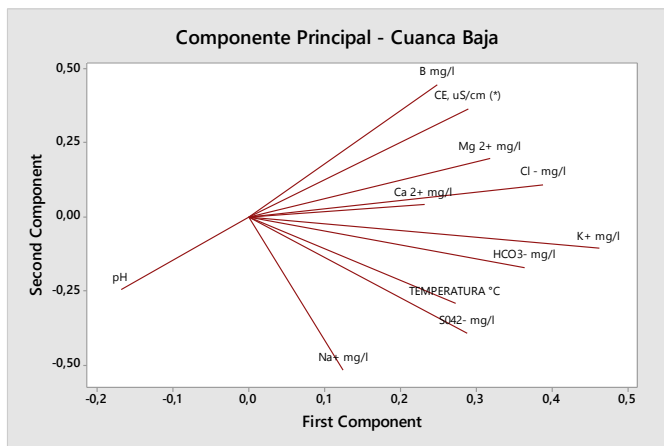


Figura 3: Representación gráfica de las 11 variables químicas con respecto a los dos primeros componentes principales en la Cuenca baja.

Según el análisis multivariado de las componentes principales se determinó que los dos componentes principales en la cuenca alta son la conductividad eléctrica y el potasio, siendo esta igual a la de la cuenca media, en cuanto se refiere a la cuenca baja los dos principales componentes son los cloruros y potasio.

La presencia abundante de potasio en la subcuenca del Río Ambi se probablemente debido a la presencia de un terreno continental (Na^+ y K^+), según la geología esta subcuenca en la parte superficial rellenan las rocas volcano-sedimentarias del Plioceno(Cuaternario).

El exceso de iones de sodio desplazan al calcio(Ca^{2+}) y al (Mg^{2+}), provocando la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo [11].

En cuanto se refiere a la conductividad eléctrica, la cuenca alta, media y baja, tiene una conductividad eléctrica de 864,2; 720,4; y 1587,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente [11]. Establece que la calidad de las aguas para riego está determinada por la concentración y la composición de constituyentes disueltos en el agua, durante la evaluación del uso de una agua de riego en la agricultura es necesario establecer la salinización e incremento de las concentraciones de algunos iones. En la Tabla 3 se indica la clasificación de las aguas desde el punto de vista agrícola

TABLA 3: Clasificación de las aguas con base a la conductividad eléctrica

Clasificación	Tipo	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	Observaciones
C1	Aguas de Baja salinidad	<250	Existe en condiciones normales de riego
C2	Aguas de salinidad media	250-750	Necesita un moderado lavado
C3	Aguas altamente salinas	750-2250	No utilizar en suelos sin drenaje
C4	Aguas muy altamente salinas	>2250	Debe lavarse

Fuente: Carrera, 2011

De acuerdo a la tabla 3, los valores de la conductividad eléctrica de las cuencas establecidas, alta y baja tienen una conductividad eléctrica entre (750-2250 $\mu\text{S/cm}$) lo que

significa que son aguas altamente salinas, mientras que la cuenca media tiene un riesgo de salinidad medio.

La cuenca media se encuentra en la clasificación C2, lo que quiere decir que las aguas de salinidad media se utilizan siempre que haya un lavado moderado. Sin embargo, es factible la producción de cultivos moderadamente tolerantes a las sales, sin un control riguroso. La cuenca alta y baja están dentro de la clasificación C3, lo que significa que son aguas altamente salinas las cuales no se pueden utilizar en suelos sin drenaje. Si existiera un tipo de drenaje, se necesitaría prácticas especiales de control de salinidad y los cultivos a regar deberían ser muy tolerantes a las sales [11].

C. Calidad de Agua desde el punto de vista agrícola

Según los datos obtenidos de la Relación de Adsorción del Sodio (RAS)(ver tabla 4) con relación a la conductividad eléctrica la cuenca alta y baja tiende a tener un rango de sodificación bajo (C3-S1); en general, agua conveniente la irrigación de cultivos tolerantes a la sal en suelos con buen drenaje (Jiménez, 2001). La evaluación de la salinidad puede ser controlada, se considera de calidad admisible; mientras que la cuenca media también tiende a tener un rango de sodificación bajo (C2-S1); en general, el agua que se puede emplear sin un control especial para el riego de plantas con tolerancia media a sales en suelos con buena permeabilidad, es decir tiene una calidad excelente [12].

La alta salinidad en el suelo causa considerables pérdidas en el rendimiento en una amplia variedad de cultivos. La salinidad puede inhibir el crecimiento de la planta y reducir la productividad, principalmente por tres factores: el déficit hídrico, la toxicidad por iones y el desbalance nutricional, El efecto general de la salinidad es reducir la tasa de crecimiento obteniendo hojas más pequeñas, menor altura, y a veces menos hojas [13]

TABLA 4: Porcentaje de error en los resultados analíticos

Cuenca	CE $\mu\text{S/cm}$	RAS	Suma de cationes meq/L	% Error
Alta	864.1666667	1.144134583	5	± 2
Media	720.4285714	1.200757987	6	± 2.5
Baja	1587.384615	1.038872496	4	± 2.5

TABLA 1: Datos de las concentraciones de agua de la subcuenca del río Ambi

No.	CUENCA	pH	T °C	CE μS/cm	CATIONES				ANIONES			B TOTAL mg/l	Si mg/l
					Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		
1	ALTA	7.16	18	838.5	54.25	16.21	42.4	15.84	80	81	8	0.12	26.8
2		9.145	15	640	52.89	10.66	42.9	18.58	200	66	< 2	0.15	14.6
3		7.855	17	890	60.42	13.13	42.9	25.29	400	45	3	0.42	16.2
4		8.51	16	238	37.06	3.63	41.1	18.77	160	15	< 2	0.14	8.5
5		8.74	18	817.5	56.51	12.18	43.1	3.05	320	72	5	0.54	11.6
6		7.29	18	1761	59.67	17.44	44.1	35.34	80	91	4	2.73	< 0.1
7	MEDIA	9.205	19	571.5	54.1	10.64	46.7	13.56	220	350	5	0.18	25.3
8		8.625	15	849.5	57.26	12.96	43.8	4.42	840	66	3	1.73	< 0.1
9		7.725	18	1022.5	58.31	11.19	43.7	29.12	440	57	4	2.09	7
10		7.68	14	265.5	21.78	3.87	41.2	13.01	360	13	2	0.14	20.7
11		8.565	19	400	53.34	6.07	40.5	13.92	220	17	< 2	0.13	16.2
12		7.68	21	816.5	56.81	6.69	43.1	28.76	340	64	4	0.75	28.4
13		7.945	19	1117.5	58.46	11.47	41.3	19.86	320	78	6	2.55	11.6
14	BAJA	8.26	22	1164.5	58.01	17.27	23.3	11.46	360	500	< 2	2.27	17.7
15		8.485	18	4805	57.26	18.48	41.5	7.98	400	1450	7	4.08	19.2
16		8.255	19	3180	59.07	13.51	4.8	24.92	240	860	6	5.72	10.1
17		8.115	18	1288	59.07	12.89	43	9.99	420	96	7	4.08	25.3
18		7.435	16	485.5	51.69	6.28	12.4	19.4	260	30	4	0.14	34.5
19		8.18	22	1240.5	59.37	12.27	56.8	14.84	400	64	22	0.19	29.9
20		8.45	18	864	57.86	9.53	43.1	5.15	340	73	4	1.37	8.5
21		8.15	22	1352	59.52	13.27	44.4	20.05	520	170	10	4.67	8.5
22		8.365	18	1435	59.67	12.75	42.3	4.33	520	74	26	1.04	< 0.1
23		8.455	18	853.5	58.31	9.41	43.1	10.82	300	70	5	1.19	< 0.1
24		8.405	22	1758.5	59.07	23.6	42.7	5.51	640	1900	13	2.65	< 0.1
25		8.055	21	1977	58.92	37.48	43.3	42.65	440	1400	48	2.14	< 0.1
26		9.365	19	232.5	7.05	4.55	33.3	11.09	120	19	11	0.16	< 0.1

V. CONCLUSIONES

Las aguas de la subcuenca del río Ambi presentaron una diferencia marcada en la parte alta, media y baja. En la parte alta predominó los iones potasio y bicarbonatos aguas de baja concentración que esta en contacto con andesitas y feldespatos potásicos. En la cuenca media y baja lo iones relevantes fueron los cloruros y sulfatos lo que indica que las aguas están en contacto con zonas volcánicas. El análisis multivariado de componentes principales confirmó la geología del lugar. Las

sales del tipo clorhídricas tienen una alta solubilidad que en suelos con pobre estructura y poco drenaje perjudicará a los suelos y cultivos.

References

- [1] INAMHI, "Indicadores Físico-Químicos del agua de los ríos de la Cuenca del río Mira." [Online]. Available: http://issuu.com/inamhi/docs/mira_fisico_quimic/3.

- [2] UPDC, “Análisis de Aguas.” [Online]. Available: http://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf.
- [3] A. Aznar Jiménez, “Determinación de los parámetros Físico-Químicos de calidad de las aguas.,” *Vol.2 (23)*, vol. 2, pp. 12–19, 2000.
- [4] C. M. Cuadras, “Nuevos métodos de análisis multivariante,” p. 304, 2014.
- [5] T. E. J and F. K. Lutgens, *Ciencias de la Tierra*, Octava. Madrid: PEARSON, 2005, p. 736.
- [6] INAMHI, “Estudio Hidrológico del río Mira,” p. 55, 2005.
- [7] 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.
- [8] MINITAB, “Aprendiendo estadística: Antes y después de Minitab.” [Online]. Available: <http://www.minitab.com/es-mx/News/Aprendiendo-estad%C3%ADstica--Antes-y-despu%C3%A9s-de-Minitab/>.
- [9] M. T. Gurrea, “Análisis de Componentes Principales,” pp. 1–11, 2006.
- [10] M. Carenas, María; Guiner, Jogue ; Gonzales, Javier ; pozo, *Geología*. Madrid: Paraninfo, 2014, p. 504.
- [11] D. C. Villacrés, “Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala, San Luis Potosí.,” *Montecillo, México*, p. 317, 2011.
- [12] B. Jiménez, *La contaminación ambiental en México*, Primera. México: Limusa, 2001, p. 928.
- [13] B. Carranza, Carlos ; Lancho, Octavio; Miranda , Diego ; Chaves, “Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) ‘Batavia’ cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá,” in *SciELO*, 2009.