



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“INCIDENCIA DEL pH EN EL INTERCAMBIO ANIÓNICO ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  
 $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) Y CATIÓNICO ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  Y  $\text{Ca}^{+2}$ ) DEL  
ESTRATO PALUSTRE ATILLO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para obtener al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: ANGEL ROBERTO SÁNCHEZ SINMALEZA**

**DIRECTOR: Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS**

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Angel Roberto Sánchez Sinmaleza**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, ANGEL ROBERTO SÁNCHEZ SINMALEZA, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de Julio de 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, with the initials 'A.R.S.' visible in the center.

**Angel Roberto Sánchez Sinmaleza**

**210076404-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**INCIDENCIA DEL pH EN EL INTERCAMBIO ANIÓNICO ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) Y CATIONICO ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  Y  $\text{Ca}^{+2}$ ) DEL ESTRATO PALUSTRE ATILLO**”, realizado por el señor: **ANGEL ROBERTO SÁNCHEZ SINMALEZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA                      FECHA**

Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce. MSc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2022-08-04

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos. MSc

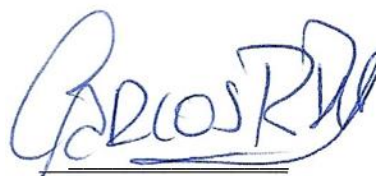
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**



2022-08-04

Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo. MSc

**ASESOR DEL TRABAJO**



2022-08-04

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitir que día a día siga en pie en búsqueda de mis objetivos. A mi madre Ruth Isabel Sinmaleza Arteaga la mujer más hermosa del planeta que con su perseverancia, inteligencia y valores me ha sabido guiar y estar conmigo en los mejores y peores momentos de mi vida para así ser una persona de éxito, gracias también por sus consejos para ser un mejor hombre. A mis hermanos David Sánchez y Ariel Sánchez por su apoyo intelectual y económico. A la Ing. Maritza Yáñez y Dra. Jenny Moreno por ayudarme a explotar mi potencial. De igual manera a mis amigos y familiares que tuvieron un impacto importante para los logros de mis metas.

*Angel*

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad. A Grupo de Investigación y Desarrollo para el Cambio Climático GIDAC por la oportunidad para formar parte de loable investigación.

Al Ing. Andrés Agustín Beltrán quien impartió excelente cátedra para ser un profesional de alto valor que con sus conocimientos sentaron las bases para ser emprendedores, fomenta las ganas de investigación y amor por el campo ambiental. A Ing. Freddy Armijos por su ayuda, asesoría y orientación durante el desarrollo de esta investigación.

Y a mi familia y amigos por el apoyo incondicional.

*Angel*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Bases Teóricas.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1 Biodiversidad del Ecuador.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2 El suelo.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1. Materia orgánica del suelo.....</b>	<b>6</b>
<i>1.2.1.1. Meteorización.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.2. Meteorización química.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1.3. Agua como disolvente.....</i>	<i>7</i>
<b>1.3. El uso del Agua en Ecuador.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.1. Contaminación del agua.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.2. Calidad del agua y salud.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.3. Enfermedades por contaminación del agua.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. Conservación y protección de las fuentes de agua en Ecuador.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.1. Control y vigilancia de la calidad del agua en Ecuador.....</b>	<b>10</b>
<i>1.4.1.1. Carbonatación.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.1.2. Conductividad eléctrica.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.1.3. Salinidad.....</i>	<i>11</i>
<i>1.4.1.4. Dureza.....</i>	<i>11</i>
<b>1.5. Cuenca hidrográfica.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1. El clima.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.2. La vegetación.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.3. Páramo.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.4. Humedal.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6. Ciclo hidrológico.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.1. Regulación hídrica.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.2. Capacidad de intercambio catiónico.....</b>	<b>14</b>

<b>1.6.3.</b>	<b>Equilibrio químico</b> .....	14
<i>1.6.3.1.</i>	<i>Agua de Poro</i> .....	15
<b>1.6.4.</b>	<b>Palustre</b> .....	15
<b>1.6.5.</b>	<b>Lacustre</b> .....	15
<b>1.6.6.</b>	<b>pH</b> .....	15
<b>1.6.7.</b>	<b>Salinidad</b> .....	16
<b>1.6.8.</b>	<b>Edafotransferencia</b> .....	17
<b>1.6.9.</b>	<b>Espectrometría</b> .....	17
<b>1.7.</b>	<b>Marco legal</b> .....	18

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	23
<b>2.1.</b>	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	23
<b>2.1.1.</b>	<b>Por el tipo de investigación</b> .....	23
<b>2.1.2.</b>	<b>Población de estudio</b> .....	23
<b>2.2.</b>	<b>Unidad de análisis</b> .....	23
<b>2.3.</b>	<b>Área de estudio</b> .....	23
<b>2.3.1.</b>	<b>Ubicación geográfica</b> .....	24
<b>2.3.2.</b>	<b>Climatología</b> .....	24
<b>2.3.3.</b>	<b>Temperatura media anual</b> .....	25
<b>2.3.4.</b>	<b>Humedad relativa</b> .....	25
<b>2.4.</b>	<b>Descripción de los puntos de control</b> .....	25
<b>2.5.</b>	<b>Metodología</b> .....	27
<b>2.5.1.</b>	<b>Selección de Puntos</b> .....	27
<b>2.5.2.</b>	<b>Monitoreo</b> .....	28
<b>2.6.</b>	<b>Metodología para determinación de propiedades fisicoquímicas</b> .....	28
<b>2.6.1.</b>	<b>Metodología para determinación de aniones</b> .....	29
<b>2.7.</b>	<b>Metodología para determinación de cationes</b> .....	30
<b>2.7.1.</b>	<b>Espectrofotometría de absorción atómica</b> .....	30
<b>2.7.2.</b>	<b>Determinación de cationes sodio, potasio, calcio y magnesio</b> .....	31
<b>2.7.3.</b>	<b>Determinación</b> .....	31
<b>2.8.</b>	<b>Metodología para el análisis estadístico</b> .....	32
<b>2.8.1.</b>	<b>Equipos y Materiales</b> .....	32
<b>2.8.2.</b>	<b>Análisis Estadístico</b> .....	33
<b>2.9.</b>	<b>VARIABILIDAD ESPACIAL</b> .....	35
<b>2.9.1.</b>	<b>Nivel freático por puntos</b> .....	35



<b>2.9.2.</b>	<b>Temperatura del agua por puntos.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9.3.</b>	<b>pH por puntos .....</b>	<b>41</b>
<b>2.9.4.</b>	<b>Conductividad eléctrica por puntos .....</b>	<b>45</b>
<b>2.10.</b>	<b>VARIABILIDAD TEMPORAL.....</b>	<b>48</b>
<b>2.10.1.</b>	<b>Nivel freático por fecha .....</b>	<b>48</b>
<b>2.10.2.</b>	<b>Temperatura del agua por fecha .....</b>	<b>51</b>
<b>2.10.3.</b>	<b>pH por fecha.....</b>	<b>54</b>
<b>2.10.4.</b>	<b>Conductividad eléctrica por fecha .....</b>	<b>57</b>

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.</b>	<b>Análisis descriptivo.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Punto 1.....</b>	<b>61</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Punto 2.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Punto 3.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>Punto 4.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1.5.</b>	<b>Punto 5.....</b>	<b>67</b>
<b>3.1.6.</b>	<b>Punto 6.....</b>	<b>68</b>
<b>3.1.7.</b>	<b>Punto 7.....</b>	<b>69</b>
<b>3.2.</b>	<b>Componentes principales.....</b>	<b>70</b>
<b>3.3.</b>	<b>Variabilidad espacial de los componentes .....</b>	<b>71</b>
<b>3.4.</b>	<b>Variabilidad multitemporal de los componentes .....</b>	<b>73</b>

	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
--	--------------------------	-----------

	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
--	-----------------------------	-----------

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Nivel de precipitación de la parroquia Cebadas .....	24
<b>Tabla 2-2:</b>	Estratificación del factor temperatura de la parroquia Cebadas .....	25
<b>Tabla 3-2:</b>	Resumen estadístico aniones .....	33
<b>Tabla 4-2:</b>	Resumen estadístico cationes .....	33
<b>Tabla 5-2:</b>	Correlaciones pH Cationes y Aniones.....	34
<b>Tabla 2-6:</b>	Resumen estadístico para nivel freático .....	35
<b>Tabla 7-2:</b>	Resumen estadístico para nivel freático .....	36
<b>Tabla 8-2:</b>	Anova de nivel freático .....	36
<b>Tabla 9-2:</b>	Prueba de múltiples rangos para nivel freático por puntos.....	36
<b>Tabla 10-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para nivel freático por puntos.....	37
<b>Tabla 11-2:</b>	Resumen estadístico para temperatura del agua.....	39
<b>Tabla 12-2:</b>	Resumen estadístico para temperatura del agua.....	39
<b>Tabla 13-2:</b>	Anova temperatura del agua.....	39
<b>Tabla 14-2:</b>	Prueba de múltiples rangos para temperatura de agua.....	40
<b>Tabla 15-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura del agua.....	40
<b>Tabla 16-2:</b>	Resumen estadístico para pH.....	42
<b>Tabla 17-2:</b>	Resumen estadístico para pH.....	42
<b>Tabla 18-2:</b>	Anova de pH.....	43
<b>Tabla 19-2:</b>	Prueba de múltiples rangos para pH.....	43
<b>Tabla 20-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para pH.....	44
<b>Tabla 21-2:</b>	Resumen estadístico de conductividad eléctrica.....	45
<b>Tabla 22-2:</b>	Resumen estadístico de conductividad eléctrica.....	46
<b>Tabla 23-2:</b>	Anova Conductividad eléctrica .....	46
<b>Tabla 24-2:</b>	Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica.....	46
<b>Tabla 25-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para conductividad eléctrica.....	47
<b>Tabla 26-2:</b>	Resumen estadístico nivel freático .....	49
<b>Tabla 27-2:</b>	Anova nivel freático .....	49
<b>Tabla 28-2:</b>	Pruebas de múltiples rangos para nivel freático .....	49
<b>Tabla 29-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para nivel freático.....	50
<b>Tabla 30-2:</b>	Resumen estadístico de temperatura del agua .....	51
<b>Tabla 31-2:</b>	Resumen estadístico de temperatura del agua .....	52
<b>Tabla 32-2:</b>	Anova temperatura del agua.....	52
<b>Tabla 33-2:</b>	Pruebas múltiples rangos para temperatura del agua.....	52
<b>Tabla 34-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura del agua.....	53
<b>Tabla 35-2:</b>	Resumen estadístico de pH.....	54

<b>Tabla 36-2:</b>	Resumen estadístico de pH.....	55
<b>Tabla 37-2:</b>	Anova de pH.....	55
<b>Tabla 38-2:</b>	Pruebas de múltiples rangos para pH .....	55
<b>Tabla 39-2:</b>	Prueba de Kruskal-Wallis para pH .....	56
<b>Tabla 40-2:</b>	Resumen estadístico de conductividad eléctrica.....	57
<b>Tabla 41-2:</b>	Resumen estadístico de conductividad eléctrica.....	58
<b>Tabla 42-2:</b>	Anova de conductividad eléctrica.....	58
<b>Tabla 43-2:</b>	Pruebas de múltiples rangos para conductividad eléctrica .....	58
<b>Tabla 44-2:</b>	Pruebas de múltiples rangos para conductividad eléctrica .....	59
<b>Tabla 1-3:</b>	Concentración de cationes en punto .....	61
<b>Tabla 2-3:</b>	pH en punto 1 .....	62
<b>Tabla 3-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 1 .....	63
<b>Tabla 4-3:</b>	Oxígeno disuelto puntos 1 .....	63
<b>Tabla 5-3:</b>	Concentración de aniones punto 1 .....	63
<b>Tabla 6-3:</b>	Concentración de cationes punto 2 .....	63
<b>Tabla 7-3:</b>	pH punto 2 .....	64
<b>Tabla 8-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 2 .....	64
<b>Tabla 9-3:</b>	Oxígeno disuelto punto 2.....	64
<b>Tabla 10-3:</b>	Concentración aniones punto 2.....	64
<b>Tabla 11-3:</b>	Concentración de cationes punto 3 .....	65
<b>Tabla 12-3:</b>	pH punto 3 .....	65
<b>Tabla 13-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 3 .....	65
<b>Tabla 14-3:</b>	Concentración aniones punto 3.....	65
<b>Tabla 15-3:</b>	Concentración cationes punto 4.....	66
<b>Tabla 16-3:</b>	pH punto 4 .....	66
<b>Tabla 17-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 4 .....	66
<b>Tabla 18-3:</b>	Concentración aniones punto 4.....	66
<b>Tabla 19-3:</b>	Concentración cationes punto 5.....	67
<b>Tabla 20-3:</b>	pH punto 5 .....	67
<b>Tabla 21-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 5 .....	67
<b>Tabla 22-3:</b>	Concentración punto 5.....	67
<b>Tabla 23-3:</b>	Concentración cationes punto 6.....	68
<b>Tabla 24-3:</b>	pH punto 6 .....	68
<b>Tabla 25-3:</b>	Conductividad eléctrica punto 6 .....	68
<b>Tabla 26-3:</b>	Concentración aniones punto 6.....	68
<b>Tabla 27-3:</b>	Concentración cationes punto 7.....	69
<b>Tabla 28-3:</b>	pH punto 7 .....	69

<b>Tabla 29-3:</b> Conductividad eléctrica punto 7.....	69
<b>Tabla 30-3:</b> Concentración aniones punto 7.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Procesos flujo de agua de páramo.....	14
<b>Figura 2-1:</b> Efecto del pH en la absorción de metales pesados.....	16
<b>Figura 1-2:</b> Prueba de Kruskal-Wallis .....	38
<b>Figura 2-2:</b> Variabilidad espacial de nivel freático.....	41
<b>Figura 3-2:</b> Variabilidad espacial pH por puntos .....	44
<b>Figura 4-2:</b> Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica.....	48
<b>Figura 5-2:</b> Variabilidad temporal del nivel freático (cm).....	50
<b>Figura 6-2:</b> Variabilidad temporal de la temperatura del agua (°C) .....	53
<b>Figura 7-2:</b> Variabilidad temporal del Ph .....	56
<b>Figura 8-2:</b> Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica.....	59
<b>Figura 1-3:</b> Bigráfica de los componentes aniones .....	70
<b>Figura 2-3:</b> Componentes reducidos .....	70

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Variabilidad espacial del pH .....	71
<b>Gráfico 2-3:</b> Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica .....	71
<b>Gráfico 3-3:</b> Variabilidad espacial del nivel freático (cm).....	72
<b>Gráfico 4-3:</b> Variabilidad temporal del nivel freático (cm) .....	73
<b>Gráfico 5-3:</b> Variabilidad temporal de la temperatura del agua (cm) .....	73
<b>Gráfico 6-3:</b> Variabilidad temporal del Ph.....	74
<b>Gráfico 7-3:</b> Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica .....	74

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO

**ANEXO B:** ADECUACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

**ANEXO C:** FILTRACIÓN DE MUESTRAS

**ANEXO D:** ANÁLISIS DE AGUA

**ANEXO E:** ANÁLISIS DE ANIONES

**ANEXO F:** INDUCCIÓN AL USO DE LABORATORIO

**ANEXO G:** FOTÓMETRO

**ANEXO H:** ESPECTROFOTÓMETRO DE LLAMA

**ANEXO I:** CURVA DE CALIBRACIÓN

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia del pH en el intercambio aniónico y catiónico del estrato palustre Atillo en su cuenca hidrográfica para lo cual se obtuvo muestras de agua intersticial, mediante el método de fotometría y espectrofotometría de absorción atómica de llama se analizaron diferentes aniones y cationes para conocer las concentraciones y como el pH lo influye. La determinación de aniones se realizó con un Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, PhosVer® 3 reactivo de fosfato para 10 mL de muestra, NitriVer® Reactivo Nitrito para 10 mL de muestra, NitraVer® Reactivo de Nitrato para 10 mL de muestra, Vario Sulfa 4 para 10 mL de muestra, Bomba de vacío ROCKER modelo 420 de 110V-60Hz con potencia de 1/6 HP. Con estas características espectrofotométricas de análisis se determinaron de cuantificación de los parámetros: Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). La determinación de cationes en la espectrofotometría de absorción atómica de llama, se aspira una muestra en una llama y se atomiza. Para el análisis estadístico se utilizó el ANOVA dando como resultado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Puntos y otro; de los 7 puntos analizados los valores de pH más destacados en el sitio de muestreo fueron 7,14 para el valor más alto y 6,34 para el valor más bajo. Se concluye que en la incidencia del pH en el intercambio aniónico ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) teniendo una mayor correlación siendo que sus concentraciones pueden variar en función del rango de pH. En el caso catiónico ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  Y  $\text{Ca}^{+2}$ ) la correlación del pH es débil lo que la variación del rango del pH tiene poca influencia. Se recomienda actualizar la información ya que existen escasas referencias con relación a la investigación.

**Palabras clave:** <LACUSTRE>, <AGUA INTERSTICIAL>, <ESPECTROMETRÍA DE LLAMA>, <ANIÓN>, <CATIÓN>, <PALUSTRE>, <ATILLO>, <CUENCA HIDROGRÁFICA >.



2315-DBRA-UPT-2022



## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the incidence of pH in the anionic and cationic exchange of the stratum of marsh vegetation of the Atillo lagoon in its hydrographic basin. Interstitial water samples were obtained using the photometry and spectrophotometry method of atomic absorption of flame. Different anions and cations were analysed to determine the concentrations and how the pH influences them. The determination of anions was carried out with a HACH® Spectrophotometer model DR2800, PhosVer® 3 phosphate reagent for 10 mL of sample, NitriVer® Nitrite Reagent for 10 mL of sample, NitraVer® Nitrate Reagent for 10 mL of sample, Vario Sulfa 4 for 10 mL of sample. With these spectrophotometric characteristics of analysis, quantification parameters were determined: Phosphates (P043-), Nitrites (N02-), Nitrates (N03-), and Sulfates (S042-). The determination of cations in flame atomic absorption spectrophotometry aspirates to have a sample in a flame and is atomized. For the statistical analysis, the ANOVA analysis of variance was used, resulting in the existence of a statistically significant difference between the average pH between one level of points and another; Of the 7 points analyzed, the most outstanding pH values in the sampling site were 7.14 for the highest value and 6.34 for the lowest value. s concluded that the incidence of pH in the anion exchange (S04-2, N03-, N02- P04-3) has a more significant correlation since their concentrations can vary depending on the pH range. In the cationic case (Na+, K+, Mg+2 and Ca+2), the pH correlation is weak, so the variation of the pH range has little influence. Therefore, it is recommended to update the information since there are few references to the investigation.

Key words: <LACUSTRINE> <INTERSTITIAL WATER>, <LLAMA SPECTROMETRY>, <ANION>, <CATION>, <PALUSTRE>, <ATILLO>, <HYDROGRAPHIC>



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## **INTRODUCCIÓN**

### **Planteamiento del problema**

#### *Enunciado del problema*

Existen numerosos estudios con distintos especialistas sobre el intercambio iónico y catiónico en los estratos lacustres a nivel del mundo, en los que se muestra los efectos y se señalan sus consecuencias (Yi et al., 2016, p. 12). Es necesario considerar también el estudio y análisis de los páramos altoandinos de modo que se pueda evidenciar las concentraciones de compuestos que inciden en la localidad de Atillo (Arellano et al., 2018, p. 44).

Debido a su actividad antropogénica la eutrofización y la incidencia del pH en el intercambio iónico del sistema Lacustre en comunidad que reside en Atillo se ha visto alterado. La ganadería extensiva que se desarrolla en las zonas de amortiguamiento del sistema lacustre provoca un enriquecimiento de nutrientes por excretas ganaderas que lixivian al sistema palustre de las lagunas Atillo (Shangguan et al., 2017).

En la laguna de Atillo no existe datos en la Red De Repositorio De Acceso Abierto Del Ecuador (CEDIA, 2021, p. 22), sobre esta temática, por lo que es importante realizar investigaciones en los sitios altoandinos sobre calidad de agua de los niveles freáticos.

La proliferación de plantas acuáticas invasoras y micrófitos da como resultado la pérdida del espejo de agua, reducciones las concentraciones de oxidación, baja calidad del agua, focos de enfermedades gastrointestinales en humanos por el consumo del agua (Dubey y Dutta, 2019, p. 11).

Los anteriores efectos confluyen en la finalidad de la presente investigación, que consiste en: Realizar el muestreo y análisis del intercambio aniónico y catiónico del estrato lacustre Atillo mostrando las posibles consecuencias de las actividades antropogénicas.

#### **Justificación**

El valor ecológico de los páramos y sus sistemas lacustres tienen una importancia aún no reconocida por muchos, porque a pesar por los esfuerzos de conservación y de no intervención estos se siguen ignorando (Yi et al., 2016, p. 22). La carencia de información de la dinámica del ecosistema lacustre y la necesidad de un conocimiento profundo del sistema palustre para generación de políticas hacen que sea importante la investigación por parte de la comunidad científica para hacer conocer la realidad de zona de estudio y con ello sugerir la ampliación de la zona de amortiguamiento de los sistemas lacustres (Arellano et al., 2018, p. 44)

Es necesario considerar también la búsqueda del interés de ONGs en su participación técnica y financiera en la conservación de estas áreas protegidas. El presente trabajo pretende dar información de la realidad del sistema lacustre en la zona altoandina de la localidad de Atillo mediante el análisis de los aniones ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) y cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$ ) lo que evidenciaría las concentraciones de estos compuestos, así mismo, impulsar la implementación de programa de investigación y conservación del ecosistema, que contribuirá al enriquecimiento socioeconómico, al estado del arte del conocimiento científico de la zona por ende, mejor calidad de vida en la localidad de Atillo.

## **Objetivos**

### *Objetivo general*

- Evaluar la incidencia del pH en el intercambio aniónico ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) y catiónico ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  Y  $\text{Ca}^{+2}$ ) del estrato palustre Atillo.

### *Objetivos específicos*

- Determinar el nivel freático y parámetros físicos: pH, Temperatura, Conductividad y los Químicos: Sulfato, Nitrito, Nitrato, Fosfatos, Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio.
- Describir la variabilidad espacial y temporal del nivel freático, pH, Conductividad eléctrica.
- Evaluar la correlación del pH con los aniones y cationes.

## **Hipótesis**

- **Ho:** La concentración espacial y temporal de los cationes y aniones no incide significativamente en la potencial de hidrógeno del agua de poro del estrato palustre del sistema de Atillo.
- **H1:** La concentración espacial y temporal de los cationes y aniones incide significativamente en la potencial de hidrógeno del agua de poro del estrato palustre del sistema de Atillo.

## **Identificación de variables**

### **Variable Dependiente**

- pH

### **Variable Independiente**

- Anión ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ), catión ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ), Nivel freático

### **Temporal**

- Mes de muestreo

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes

A nivel mundial, la eutrofización de los lagos se considera un problema ecológico desafiante. La creciente eutrofización de los lagos se ha convertido en un desafío de gestión de recursos para las organizaciones públicas y gubernamentales. El principal factor que contribuye a la eutrofización de los lagos es la carga excesiva de nutrientes de fuentes internas y externas (Dubey y Dutta, 2019, p. 13). En América Latina, las altas montañas son un paisaje que se funde en uno: las bases glaciares de los picos nevados y los volcanes de gran altura de los Andes, debajo hay un borde de hielo, casi desierto, conocido como banco de arena, hacia el cual se elevan lentamente las especies más resistentes de la naturaleza. desierto. Restos de bosque andino y/o vegetación arbustiva que debió formar parte de una verdadera selva andina en otros tiempos (Castillo, 2015, p. 6).

En el Parque Nacional Sangay, el complejo Lago Artilo se ubica a una altura de 3.648 msnm, entre Artilo Grande, Cerro Filo Cuyug Hanua, Laguna Cuyug, Cerro Punta, Cerro Mesa Rusca, este espacio es considerado la Ciénaga, este El complejo está ubicado en la parroquia de Cebadas, en la comunidad de San José de Artilo, en la provincia de Chimborazo, en el municipio de Guamote (Yáñez et al., 2019, p. 17).

La protección de las áreas silvestres es parte de la solución a la degradación del hábitat, pero la protección específica de las aguas subterráneas y superficiales rara vez se aplica en todo el mundo (Antunes y Rodrigues, 2014, p. 21). Los principales objetivos de estas áreas protegidas son establecer mecanismos de conservación y preservación, y gestión de ecosistemas de biodiversidad, recursos naturales y paisajes.

Debido a la falta de resultados cuantificables, se conoce poco sobre el ciclo hidrológico, el valor económico del área es clave para el fortalecimiento socioeconómico del área, el proceso de conservación está muy relacionado con la viabilidad económica de su uso o servicio, y la conservación de las lagunas comienza con la protección de la vida silvestre la protección de los recursos hidrológicos, los páramos y los ecosistemas dependen de ellos (Antunes y Rodrigues, 2014, p. 21). Se realizaron estudio de termoclina, evaluación de humedal, sin embargo, no existe estudios de agua intersticial en la zona

## 1.2. Bases Teóricas

### 1.1.1 Biodiversidad del Ecuador

A escala mundial es uno de los países con mayor diversidad la razón de esto se debe a la variedad de climas, microclimas, tipo de suelo, complejidad geológica que puede proporcionar diferentes seres vivos adaptados por ejemplo la riqueza florística que tienen tiene en la región Andina, estos factores dan lugar a ecosistemas complejos (Baquero et al., 2004, p. 45).

Una herramienta estratégica para la identificación de remanentes vegetales sería propicia con mapas específicos de cada región o ecosistema, un mapa unificado de la región andina haría que las investigaciones o sean una mayor planificación para una conservación a escala supranacional. (Baquero et al., 2004, p. 45), afirma: “En el Ecuador la temperatura está más influenciada por la cercanía a los nevados y las corrientes tanto de la Amazonía como de la Costa, las partes altas de las cordilleras y el callejón interandino tienen un régimen de precipitación ecuatorial del hemisferio sur, lo que se manifiesta en dos picos de precipitación: uno de febrero a mayo y otro de octubre a diciembre, provocados por el movimiento de la zona de convergencia intertropical, En la parte septentrional del país, las vertientes externas de las cordilleras reciben precipitaciones provocadas por vientos alisios y monzónicos que cambian el régimen a unimodal”.

### 1.1.2 El suelo

Según sostiene (Llambí et al., 2012, p. 15-18), los suelos se clasifican de acuerdo con su estructura y composición dependiendo el lugar de su ubicación, la mayoría de los suelos de los páramos tienen combinaciones de materia orgánica y ceniza volcánica y los cambios de su composición se realizan lentamente, los tipos de suelos más comunes son:

- Andisoles Son suelos jóvenes, volcánicos, con horizontes orgánicos de hasta 3 m de profundidad y presencia de alofanos (asociaciones de materia orgánica y arcillas) (Llambí et al., 2012, p. 15-18)
- Entisoles Son suelos jóvenes, no volcánicos, con poca profundidad de hasta 50 cm (Llambí et al., 2012, p. 15-18)
- Según concluye (Tavakkoli et al., 2015, p. 34), se ha demostrado claramente que un alto pH del suelo está determinado principalmente por aniones en lugar de cationes no hidrolizantes como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ .

Solo los cationes hidrolizados como  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$  contribuyen al pH ácido del suelo. La importancia de la composición aniónica del suelo explica por qué los suelos sódicos con  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  presentes son fuertemente alcalinos ( $\text{pH} > 8,5$ ) y con los  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  presentes tienen un  $\text{pH} < 8,0$

Dado que el suelo alcalino ( $\text{pH} > 8$ ) representa un tercio del suelo del mundo y que se usa ampliamente para la producción de cultivos, nuestros resultados podrían tener una importancia considerable para los procesos ambientales.

Los páramos bajos presentan en general suelos con coloración oscura, pH moderado, nivel bajo de calcio, concentración alta de agua, potasio y nitrógeno total (Llambí et al., 2012, p. 13).

En elevaciones medias en general los suelos con de coloración oscura o cafés, son relativamente húmedos con gran capacidad de retención de agua (Llambí et al., 2012, p. 13).

Los páramos altos poseen suelos rocosos y poco profundos con gran porcentaje de arena, poca materia orgánica, baja retención de agua y relativamente infértiles (Llambí et al., 2012, p. 13).

El suelo de las regiones áridas suele tener un pH alcalino y contiene principalmente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$  como cationes intercambiables.

Convencionalmente, estos cationes han sido llamados bases o cationes formadores de bases, y se supone que la hidrólisis de estos provoca la alcalinidad del suelo. Sin embargo, estos cationes no aceptan protones y técnicamente no son bases (Tavakkoli et al., 2015, p. 16).

### ***1.2.1. Materia orgánica del suelo***

La formación de minerales secundarios es importante debido a su capacidad que tienen estos materiales para la retención de iones alcalinos y alcalinotérreos, impidiendo que se pierdan al medio hidrosférico.

Algunos de estos iones (Ca, Mg, K, etc.) son nutrientes, su almacenamiento y a su vez la disponibilidad a través de procesos de intercambio propician el crecimiento de biomasa (Domènech y Peral, 2018, p. 7).

Los minerales secundarios con menor tamaño de partícula son arrastrados por el agua que precipita a través de poros del suelo en formación, estas partículas que constituyen la fracción arcillosa se concentra en horizontes inferiores (Domènech y Peral, 2018, p. 16), en general un suelo puede estar constituido por los siguientes horizontes:

- **Horizonte O:** es el más superficial y está constituido por materia orgánica fresca, parcialmente degradada y, sobre todo, por materia orgánica resistente. Esta última suele dar una coloración negra a suelos ricos en materia orgánica (Domènech y Peral, 2018, p. 16).
- **Horizonte A:** Horizonte expuesto a la intemperie y en concreto al aguade tal manera que se produce arrastre de arcilla y materia orgánica a horizontes inferiores, aquí se produce la disolución de sustancias o elementos solubles (lixiviación) favorecidas por componentes húmicos (Domènech y Peral, 2018, p. 16).
- **Horizonte B:** Es la zona donde confluye los materiales arrastrados de los horizontes superiores, está formado por materiales secundarios predomina la fracción arcillosa, esta parte

del suelo es menos permeable, y los materiales procedentes de los horizontes superiores se depositan cuando llegan al estrato (Domènech y Peral, 2018, p. 16).

- **Horizonte C:** Es la zona de transición entre la roca original y los horizontes, está constituido por el material fragmentando, pero no meteorizado químicamente (Domènech y Peral, 2018, p. 16).

#### *1.2.1.1. Meteorización*

El suelo se origina a partir de las rocas que afloran a la superficie terrestre y se someten a la agresión física y química de la intemperie. Las rocas que constituyen la corteza terrestre corresponden a tres grupos de materiales: Rocas ígneas estas son formadas por cristalización de magma fundido que aflora a la superficie terrestre; Rocas sedimentarias estas son formadas a partir del depósito de material sedimentario como final las rocas metamórficas estas se derivan de las anteriores una vez sujetas a procesos químicos a elevadas presiones y temperaturas (Domènech y Peral, 2018, p. 1-2).

#### *1.2.1.2. Meteorización química*

La disgregación de la roca original por acción mecánica de los elementos naturales genera fragmentos pequeños con un área superficial relativamente elevada. Los agente de meteorización son: compuestos orgánicos naturales complejantes, oxígeno molecular, dióxido de carbono, agua (Domènech y Peral, 2018, p. 1-2).

#### *1.2.1.3. Agua como disolvente*

El agua es debido a su alto poder disolvente en él se incorporan diferentes sales sobre todo cuando contacta con las fases sólidas del medio ambiente, y adquiere diferentes grados de mineralización. Según el grado de mineralización las aguas naturales pueden clasificarse en cuatro grandes grupos: Agua Atmosférica, agua superficial, agua subterránea y agua marina (Domènech y Peral, 2018, p. 24).

### **1.3. El uso del Agua en Ecuador**

El agua es esencial para la vida, el bienestar y la productividad, sin embargo se ve afectada por las actividades humanas, la escasa protección de las fuentes de agua y su deterioro gradual por la progresiva contaminación (SENAGUA, 2016, p. 9).



La calidad del agua en los últimos años está siendo afectada por las diversas actividades antropogénicas, provocando la afectación a las fuentes de agua superficiales y subterráneas en la cual se ha producido el deterioro ambiental por la falta de aplicabilidad de las normas ambientales ha provocado la progresiva contaminación de los recursos hídricos; además, el crecimiento demográfico, industrial, usos de sustancias químicas no biodegradables, disposición final inadecuada de residuos y desechos peligrosos, el alto consumo de los recursos renovables y no renovables promueve el deterioro de la calidad del agua (SENAGUA, 2016, p. 30).

### ***1.3.1. Contaminación del agua***

La alteración de las características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas, comparadas con valores referenciales permiten evidenciar la contaminación, de tal manera que se pueden establecer los posibles orígenes de dichas alteraciones y posteriormente desarrollar estrategias para mejorar la calidad del recurso hídrico. Las alteraciones de los ecosistemas vinculados con el agua, disminución del caudal, cambio climático, sobreexplotación de los recursos hídricos, influyen en las características de la fuente que derivan en una mala calidad del agua (SENAGUA, 2016, p. 37-38).

Las diversas actividades que usan el agua influyen en el ciclo hidrológico o modifican las características de las cuencas hidrográficas, generan alteración de la calidad del agua. En el caso de Ecuador, la contaminación proviene principalmente de la descarga de aguas residuales de la mayoría de las ciudades, actividad minera artesanal, actividades hidrocarburíferas y agricultura (SENAGUA, 2016, p. 37-38).

La falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas se ve reflejada en los resultados de los parámetros bacteriológicos que se han analizado históricamente en diversos cuerpos de agua. Como se menciona en la sección sobre calidad del agua para los diferentes usos y/o aprovechamientos, uno de los indicadores de esta falta de tratamiento se expresa en mala calidad bacteriológica que sobrepasa los criterios de calidad para todos los usos en la mayoría de las muestras analizadas (SENAGUA, 2016, p. 37-38).

### ***1.3.2. Calidad del agua y salud***

La contaminación del agua representa un gran problema de salud pública debido a que se usan fuentes de agua que no cumplen con los límites máximos permisibles; y, por ende, puede ocasionar enfermedades. Se indica que la contaminación de los recursos hídricos es uno de los más grandes problemas que afecta al desarrollo sostenible y que superar los límites máximos permisibles de la normativa de calidad del agua provoca una afectación ambiental en las

condiciones sanitarias y nutricionales de la población, que como consecuencia resulta en enfermedades de origen hídrico. La falta de acceso al agua segura se puede analizar desde la mala calidad de las fuentes de agua hasta una inadecuada provisión del servicio de agua potable. En el caso de la prestación del servicio se cuenta que la cobertura de agua varía sustancialmente entre las zonas urbanas y rurales, lo cual infiere que la baja cobertura en las zonas rurales puede ir acompañada del poco conocimiento acerca de la calidad (SENAGUA, 2016, p. 45).

### ***1.3.3. Enfermedades por contaminación del agua***

Las enfermedades de origen hídrico identificadas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador son: enfermedades diarreicas, shigelosis, hepatitis A, fiebre tifoidea y paratifoidea, intoxicación alimentaria, salmonelosis y síndrome diarreico agudo.

La morbilidad cuantificada para estas enfermedades presenta una tendencia creciente y afecta a miles de ecuatorianos cada año. Las enfermedades diarreicas son la causa principal de mortalidad y morbilidad en la niñez en el mundo, esto a consecuencia de la exposición a alimentos y/o agua contaminados. En el 2006 en el Ecuador, el porcentaje de población menor de 5 años afectada por enfermedades diarreicas fue del 25%, disminuyendo a un 16,9% en el 2014 (SENAGUA, 2016, p. 46-47).

## **1.4. Conservación y protección de las fuentes de agua en Ecuador**

En el Ecuador, se han desarrollado esfuerzos de protección de las fuentes de agua para asegurar la calidad, cantidad y continuidad; por ejemplo, los estudios realizados respecto al aporte de las áreas protegidas del SNAP para proteger la calidad del agua de las hidroeléctricas (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015, p. 6) y las fuentes de agua para consumo humano de las ciudades más pobladas del Ecuador. Sin embargo, los esfuerzos de protección de las fuentes de agua aún son aislados y responden más a una voluntad propia de los usuarios del agua (SENAGUA, 2016, p. 48-49). Con la emisión de la LORHUyA se formalizaron ejes de trabajo conjunto entre el MAE y la SENAGUA para la protección de las fuentes de agua, teniendo hasta el momento avances en los siguientes temas:

- Delimitación y establecimiento de áreas de protección hídrica.
- Delimitación y establecimiento de zonas de protección hídrica.
- Definición e implementación de caudales ecológicos

### ***1.4.1. Control y vigilancia de la calidad del agua en Ecuador***

El control de la calidad del agua, constituye un conjunto de medidas e instrumentos que permiten ejercer acciones para cumplir y hacer cumplir la normativa vigente relacionada a la temática; Las medidas de control, son acciones que se realizan en las fuentes, zonas de recarga, usos, aprovechamientos y destinos del agua, mismas que permiten garantizar el cumplimiento sistemático de las metas de protección al ambiente y salud de las personas (SENAGUA, 2016, p. 51). Las medidas de control requieren de un ambiente propicio institucional y normativo para que el control sea efectivo. Es necesario que los parámetros de monitoreo operativo sean mensurables y permitan la fijación de límites que definan la eficacia en el tratamiento; además, estos parámetros de monitoreo deben medirse con una frecuencia suficiente para la detección oportuna de la contaminación y afectaciones a la calidad y/o cantidad del agua.

Todo esto requiere de procedimientos para adoptar medidas correctoras cuando se produzcan desviaciones con respecto a los límites establecidos. Para poder realizar el control y la vigilancia de la calidad de agua, es necesario que se analice el uso que se tiene planificado dar a este recurso 52 el tipo de vertido que se va a generar después del uso y los servicios vinculados como agua potable, saneamiento y riego (SENAGUA, 2016, p. 51-52).

#### ***1.4.1.1. Carbonatación***

La carbonatación es un proceso químico heterogéneo que sucede entre las fases sólidas de material calcáreo del suelo o la litosfera: el carbonato sólido se disuelve por acción del dióxido de carbono disuelto y debido a su carácter iónico, libera cationes alcalinos y alcalinotérreos al medio hidrosférico (Domènech y Peral, 2018, p. 28).

#### ***1.4.1.2. Conductividad eléctrica***

La Conductividad eléctrica (CE) es una expresión numérica de la capacidad inherente de un medio para conducir una corriente eléctrica. Ya que la CE y la concentración de sales totales de una solución acuosa están íntimamente relacionadas, la CE es comúnmente usada como una expresión de la concentración de sales totales disueltas, aunque es afectada por la temperatura de la muestra, movilidad, valencia y concentración relativa de los iones individuales en la solución (Castellón et al., 2015, p. 2).

#### *1.4.1.3. Salinidad*

El término salinidad se refiere a la presencia de los mayores solutos inorgánicos disueltos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$ ) en muestras acuosas. La salinidad es cuantificada en términos de la concentración total de sales solubles, o más prácticamente, en términos de la conductividad eléctrica (CE) de la solución, aparte de los nutrientes, las plantas también absorben iones residuales como el Na y el Cl.

Estos iones son importantes para la determinación de la calidad del agua. En tal sentido, la sodicidad del suelo o sustrato, está relacionado con un desequilibrio entre bicarbonatos y cationes divalentes, fundamentalmente Ca y Mg.

En principio, si la concentración de bicarbonatos es mayor que el doble de la concentración de Ca + Mg habrá sodicidad (Castellón et al., 2015, p. 2).

Un problema de salinidad existe si la sal se acumula en la zona de raíces de un cultivo, causando pérdidas en el rendimiento.

Algunos problemas de toxicidad ocurren si ciertos iones en el suelo son absorbidos por la planta y se acumulan a concentraciones tan altas que causan daños en el cultivo o reducen el rendimiento.

Los elementos que causan mayor daño son cloro, sodio y boro (Castellón et al., 2015, p. 2).

#### *1.4.1.4. Dureza*

Es la suma de las concentraciones de los cationes metálicos presentes en la muestra de agua, excepto los iones alcalinos. En un agua natural, los iones que contribuyen a la dureza son los divalentes (Ca, Mg, Fe, Mn, etc.)

### **1.5. Cuenca hidrográfica**

Podemos decir que la cuenca hidrográfica es un área natural que se delimita por líneas divisorias en base a una jerarquización, de acuerdo con (Castillo, 2015, p. 23), “La cuenca es aquella área de drenaje que está delimitada por una línea divisoria de las aguas, la cual corresponde a las máximas alturas o elevaciones, la importancia de la cuenca como unidad de planificación, radica en que al funcionar sistémicamente no solo se analizan aspectos hidrológicos, sino también desde la perspectiva biológica o ambiental”.

### ***1.5.1. El clima***

(Llambí et al., 2012, p. 16), enfatiza que en los páramos es variado, tienen amplitud térmica: Frío congelante en la fase nocturna y calor de más de 25°C en la fase diurna, la temperatura media anual se encuentra entre los 2 y los 10 y siendo la precipitación entre los 600 mm, páramos secos, y más de 4000 mm en páramos húmedos.

### ***1.5.2. La vegetación***

(Llambí et al., 2012, p. 33) describe que la vegetación de los páramos son considerados los ecosistemas con mayor diversidad de plantas de alta montaña, en el mundo, sólo en Sudamérica hay 4000 especies de plantas vasculares de las cuales el 60% son endémicas o exclusivas del páramo, en general su diversidad no es tan alta si se los compara con otros tipos de ecosistemas como los tropicales tiene una riqueza -10 a 20% de la riqueza florística de los Andes pero muy alta comparada con otros ecosistemas de alta montaña en el mundo.

### ***1.5.3. Páramo***

Desde el principio la palabra páramo viene de vocablo latín “paramus” se sabe que fue usado por los Celta y significa “lugar frío y desamparado.” (Llambí et al., 2012, p. 9), propone que páramos es "un ecosistema natural que se encuentra entre el límite continuo del bosque y el de las nieves perpetuas, en la alta montaña tropical húmeda."

Por otro lado (Gil, 2012, p. 5) da a conocer que ante la extensión finita de territorio alrededor del mundo siendo 35000 km<sup>2</sup> los páramos proporcionan servicios ambientales de manera local o global como es el agua potable para pueblos y ciudades, preservación de diversidad ecológica y fijación de carbono, debido a que en las zonas climáticas bajas relativamente el suelo es seco y lo que proporciona la alta montaña es primordial para abastecimiento de agua.

Desde el punto de vista de (Llambí et al., 2012, p. 9), la distribución de la superficie y extensión de los páramos andinos en Sudamérica forma un corredor desde la cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de Huancabamba en el norte de Perú, donde los países como Colombia tiene una superficie en páramos de 1.405.765 ha, Ecuador tiene una superficie de 1.835.834 ha, Perú tiene una superficie de 95.346 ha y Venezuela posee una superficie de 239.854 ha.

#### **1.5.4. Humedal**

Un humedal es un área cubierta de agua o saturada de la misma que puede ser subterránea, puede proceder de un río o un lago cercano, el agua de mar también crea humedales en zonas costeras que tienen fuertes mareas (Evers, 2012, p. 1-2).

Las funciones de las plantas en el tratamiento de aguas residuales en humedales construidos varían según los constituyentes del afluente, las concentraciones del afluente y el propósito previsto del humedal. El efecto directo de las plantas puede incluir la eliminación de nutrientes por absorción directa, interacciones de la rizosfera, provisión de superficies para la colonización bacteriana, absorción fitorremediadora de metales pesados y estética.

La importancia de la absorción directa de nutrientes por parte de las plantas está en función de las concentraciones afluentes. Varios han observado que las plantas pueden modificar significativamente la rizosfera al exudar compuestos de oxígeno y carbono de las raíces (Collison y Grismer, 2013, p. 4-5).

Las plantas en los humedales creados para purificar las aguas pluviales o la escorrentía superficial natural se encuentran con afluentes diluidos, y la absorción directa de nutrientes puede ser el mecanismo de tratamiento predominante, como la eliminación de fósforo en los Everglades.

Sin embargo, la absorción de nitrógeno por parte de las plantas en los humedales construidos utilizados para tratar los efluentes domésticos terciarios suele ser insignificante en comparación con el rendimiento bacteriano (Collison y Grismer, 2013, p. 4-5).

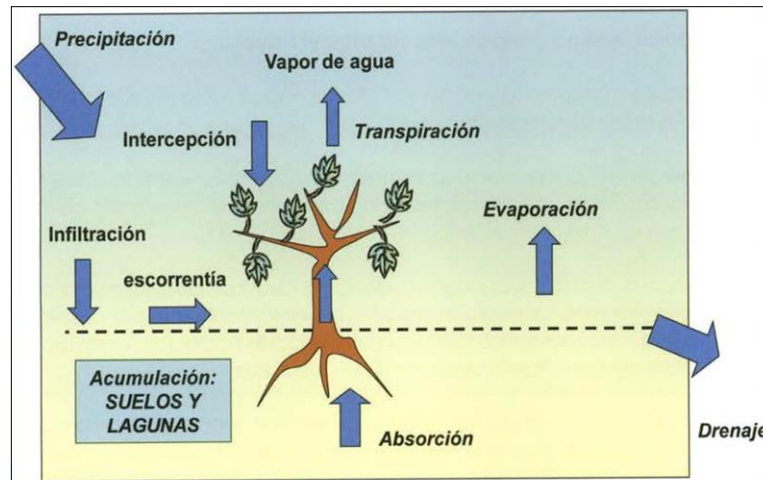
#### **1.6. Ciclo hidrológico**

El constante movimiento del agua se presenta en la evaporación de océanos, lagos, arroyos, la superficie del suelo o en la transpiración de las plantas gracias a la energía solar, los vientos desplazan el agua por la atmósfera y se condensa formando nubes de gotas o cristales de hielo luego vuelve a descender en forma de lluvia o nieve a través de arroyos, ríos, lagos y finalmente al océano; el agua de la superficie se infiltra para establecer acuíferos y esta agua se desplaza a través de las rocas y estas en algunas ocasiones vuelven a la superficie a arroyos, ríos, lagos o directamente al océano (Earle, 2019, p. 32).

##### **1.6.1. Regulación hídrica**

Los altos contenidos de materia orgánica presente en los suelos del páramo permiten la captación del agua que proviene de las precipitaciones y su acumulación en el suelo, para luego liberarla lentamente a manantiales, ríos, riachuelos y lagunas, esta regulación se debe a que sus suelos

funcionan como una esponja que absorbe agua y la libera lentamente hacia el subsuelo o la superficie (Llambí et al., 2012, p. 56).



**Figura 1-1:** Procesos flujo de agua de páramo

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### **1.6.2. Capacidad de intercambio catiónico**

Cantidad total de iones absorbidos reversiblemente, expresada en moles de carga positiva por unidad de masa de material, normalmente por kg de suelo (Domènech y Peral, 2018, p. 68).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se enuncia como la cantidad de cargas negativas presentes en la superficie de los minerales (arcillas e hidróxidos) y componentes orgánicos (materia orgánica) del suelo y representa la cuantía de cationes que la superficie total que pueden retener elementos como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4$ , entre otros (Casco y Patiño, 2021, p. 22).

### **1.6.3. Equilibrio químico**

Es la denominación que se hace a cualquier reacción reversible cuando se observa que las cantidades relativas de dos o más sustancias permanecen constantes, es decir, el equilibrio químico se da cuando la concentración de las especies participantes no cambia, de igual manera, en estado de equilibrio no se observan cambios físicos a medida que transcurre el tiempo; siempre es necesario que exista una reacción química para que exista un equilibrio químico, sin reacción no sería posible (Rascón y Román, 2001, p. 11).

#### *1.6.3.1. Agua de Poro*

Agua que se halla retenida en los espacios porosos de las rocas.

#### *1.6.4. Palustre*

El páramo es un ecosistema neotropical ubicado en Centro y Suramérica, en la franja entre el bosque montano y el límite superior de la nieve perpetua, es decir, aproximadamente entre 3000 y 5000 msnm, se caracteriza por ser un ambiente frío y húmedo, con temperaturas diarias que fluctúan entre los  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $+20^{\circ}\text{C}$  (Cargua et al., 2014, p. 19).

#### *1.6.5. Lacustre*

Los lagos son generalmente considerados como fuentes estratégicas de agua dulce. El agua dulce se protege comúnmente cuando los lagos se integran incidentalmente en las reservas naturales. Sin embargo, la inclusión en áreas protegidas no garantiza la protección (Antunes y Rodrigues, 2014, p. 76).

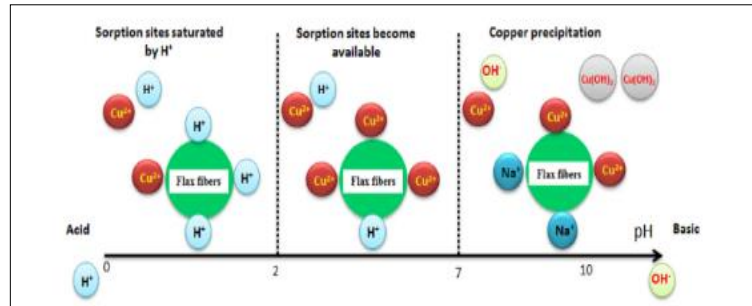
#### *1.6.6. pH*

El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) presentes en determinada sustancia. La concentración de protones ( $\text{H}^+$ ) de la solución del suelo se ve afectada por reacciones de intercambio iónico e hidrólisis de los componentes del suelo con el agua del suelo.

Se ve afectado principalmente por aportes de diferentes combinaciones de cationes y aniones inorgánicos y sustancias orgánicas con diferentes grupos funcionales (Tavakkoli et al., 2015, p. 143).

En la influencia del pH en la dilución de los cationes para la remoción de metales pesados en un rango de 2.0 a 4.0 puede ser muy ineficiente que al subir su pH de 4.0 a 6.0 donde se incrementa la dilución de los cationes, en comparación con un pH de 7 que es neutro la dilución de igual manera decrece para los cationes (Parthasarathy y Narayanan, 2014, p. 62).





**Figura 2-1:** Efecto del pH en la absorción de metales pesados

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

El pH de la solución del suelo controla la reactividad de las superficies minerales, la forma física y la reactividad de la materia orgánica y la actividad y composición del microbiota del suelo. La reactividad de las superficies hidroxiladas (abundantes en óxidos pedogénicos) hacia los aniones aumenta con el grado de protonación, lo que conduce a una mayor adsorción de OC con un pH decreciente.

Si el pH es alcalino, las superficies minerales estarán pobladas por cationes en lugar de protones (H<sup>+</sup>), lo que promueve la formación de asociaciones mineral-orgánicas a través de puentes catiónicos por cationes multivalentes, particularmente Ca<sup>2+</sup> (Tavakkoli et al., 2015, p. 19).

### 1.6.7. Salinidad

En la investigación sobre la salinidad, por ejemplo, es común suponer que la sal dominante presente en el suelo es NaCl. Sin embargo, el suelo afectado por la sal puede contener otras sales como carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), con cationes acompañantes como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> que inducen diferentes problemas químicos y estructurales del suelo en comparación con el suelo neutro (Tavakkoli et al., 2015, p. 1055).

Grandes concentraciones de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> y las sales HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> reducen el crecimiento de las raíces, lo que limita la supervivencia de plantas de cultivo.

El suelo sódico está dominado por Na<sup>+</sup> intercambiable y su hidrólisis contribuye a la alcalinidad del suelo. La definición de suelo sódico establece que el pH supera los 8.5, mientras que el pH de los suelos salinos suele ser inferior a 8.5, sin embargo, en Australia se encuentran suelos sódicos con pH neutro y ácido (Tavakkoli et al., 2015, p. 1055).

### ***1.6.8. Edafotransferencia***

Las funciones de edafotransferencia (FET) son modelos matemáticos mediante los cuales se pueden predecir las características hidráulicas del suelo, a partir de información que es más fácil de medir o encontrar disponible (Tavakkoli et al., 2015, p. 1055).

### ***1.6.9. Espectrometría***

En la espectrometría de absorción atómica de la llama, se aspira una muestra en una llama y se atomiza. un haz de luz se dirige a través de la llama, a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama (Babangida et al., 2016, p. 38).

## 1.7. Marco legal

En la investigación se considera artículos afines para su sustento.

PIRÁMIDE DE KELSEN					
NORMATIVA	TÍTULO	CAPÍTULO	SECCIÓN	ARTÍCULO	ESTABLECE
<b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008</b>	<b>VII RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR</b>	<b>Segundo</b> Biodiversidad y recursos naturales	<b>Primera</b> Naturaleza y ambiente	<b>Art. 395</b>	La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: <b>1.</b> El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
				<b>Art. 405</b>	El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión.
				<b>Art. 406</b>	El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

<b>CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE</b>	<b>II</b> DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES			<b>Art. 5</b>	<b>Derecho de la población a vivir en un ambiente sano.</b> El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende: <b>1.</b> La conservación, manejo sostenible y recuperación del patrimonio natural, la biodiversidad y todos sus componentes, con respeto a los derechos de la naturaleza y a los derechos colectivos de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades; <b>2.</b> El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros.
		<b>II</b> Del Sistema de Áreas Protegidas		<b>Art. 40</b>	Declaratoria de áreas protegidas. La Autoridad Ambiental Nacional considerará los siguientes criterios para la declaratoria de áreas protegidas: <b>2.</b> Que contenga de forma prioritaria alguno de los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, manglares, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, ecosistemas marinos y marinos costeros, entre otros.
	<b>VI</b> RÉGIMEN FORESTAL NACIONAL	<b>I</b> PATRIMONIO FORESTAL NACIONAL		<b>Art. 89</b>	<b>Patrimonio Forestal Nacional.</b> La Autoridad Ambiental Nacional ejerce la rectoría, planificación, regulación, control y gestión del Patrimonio Forestal Nacional. El Patrimonio Forestal Nacional estará conformado por: <b>1.</b> Los bosques naturales y tierras de aptitud forestal, incluyendo aquellas tierras que se mantienen bajo el dominio del Estado o que por cualquier título hayan ingresado al dominio público; <b>2.</b> Las formas de vegetación no arbórea asociadas o no al bosque, como manglares, páramos, moretales y otros.
		<b>IV</b> FORMACIONES VEGETALES NATURALES,		<b>Art. 99</b>	<b>Conservación de páramos, moretales y manglares.</b> Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, moretales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley.

		PARAMOS, MORETALES, MANGLARES Y BOSQUES			
				<b>Art. 100</b>	<b>Disposiciones sobre el ecosistema páramo.</b> Para la protección, uso sostenible y restauración del ecosistema páramo, se considerarán las características ecosistémicas de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica.
				<b>Art. 101</b>	<b>Planes e instrumentos para el ecosistema páramo.</b> La elaboración de los planes e instrumentos de manejo y conservación del ecosistema páramo se realizarán de la siguiente manera: 1.- Si son páramos intervenidos donde existen y se realizan actividades agrarias y con el fin de no afectar otras áreas de páramos aledañas, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, realizará el instrumento de manejo bajo los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Nacional; 2.- Si son páramos no intervenidos le corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales Metropolitanos o Municipales proteger y fomentar la conservación del ecosistema.
				<b>Art. 102</b>	<b>Contenidos de los planes e instrumentos.</b> En la elaboración de los planes e instrumentos de conservación y manejo del páramo se podrán establecer y reconocer áreas voluntarias de conservación comunitaria y privada, así como zonas de amortiguamiento.

				<b>Art. 105</b>	<b>Categorías para el ordenamiento territorial.</b> - Con el fin de propender a la planificación territorial ordenada y la conservación del patrimonio natural, las siguientes categorías deberán ser tomadas en cuenta e incorporadas obligatoriamente en los planes de ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados: 2. Categoría de ecosistemas frágiles. Páramos, Humedales, Bosques Nublados, Bosques Secos, Bosques Húmedos, Manglares y Moretales.
	<b>II</b> TIPOS, FORMAS Y CONTROL DE INCENTIVOS AMBIENTALES			<b>Art. 284</b>	<b>Incentivo económico para la conservación de bosques naturales, páramos, manglares y otras formaciones vegetales nativas.</b> La Autoridad Ambiental Nacional creará los mecanismos para la entrega de incentivos por parte del Estado a los propietarios de predios cubiertos con bosques nativos, páramos, manglares y otras formaciones vegetales nativas del país, siempre que el destino de estos predios sea la conservación y protección de dichas áreas.
	<b>IV</b> INFRACCIONES Y SANCIONES	<b>I</b> DE LAS INFRACCIONES ADMINISTRATIVAS AMBIENTALES		<b>Art. 318</b>	<b>Infracciones muy graves.</b> Las siguientes infracciones se considerarán muy graves y se les aplicará, además de la multa económica, las siguientes: <b>4.</b> La quema, destrucción o afectación al ecosistema de bosque natural y ecosistemas frágiles tales como páramos, humedales, manglares, moretales, ecosistemas marinos y marinos costeros. Para esta infracción se aplicará, según corresponda, la sanción contenida en el numeral 2 del artículo 320
<b>REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE</b>	<b>VII</b> ECOSISTEMAS FRÁGILES	<b>II</b> PARAMOS		<b>Art. 261</b>	<b>Principios.</b> - La Autoridad Ambiental Nacional expedirá una norma técnica que defina los mecanismos para la gestión de páramos, basada en los siguientes principios: <b>a)</b> Los páramos deben ser entendidos como sistemas que integran componentes biológicos, geográficos, geológicos e hidrográficos, así como aspectos socioculturales, y deben ser incluidos en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial respectivos. <b>b)</b> Las actividades en los páramos deben desarrollarse en forma sostenible y ser compatibles con los objetivos de

					provisión de servicios ambientales esenciales que garanticen el mantenimiento de las poblaciones locales y la conservación de la biodiversidad.
	<b>II</b> TIPOS, FORMAS Y CONTROL DE INCENTIVOS AMBIENTALES	<b>II</b> TIPOS DE INCENTIVOS	<b>3a</b> INCENTIVOS PARA LA CONSERVACIÓN, USO SOSTENIBLE, PROCESAMIENTO, APROVECHAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	<b>Art. 796</b>	<b>Incentivo económico para la conservación.</b> - El Plan Nacional de Inversiones Ambientales delinearé, definiré e incluiré la estrategia financiera e institucional requerida para entregar incentivos a los propietarios de predios cubiertos con bosques nativos, páramos, manglares y otras formaciones vegetales nativas del país, para su conservación y protección, de acuerdo con los criterios técnicos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional.
				<b>Art. 798</b>	<b>Incentivos para la restauración.</b> - El Plan Nacional de Inversiones Ambientales, conforme lo establecido en el Plan Nacional de Restauración Ecológica, delinearé, definiré e incluiré la estrategia financiera e institucional requerida para generar incentivos especializados para las áreas geográficas sometidas o que requieran de procesos de restauración de los ecosistemas forestales, ecosistemas frágiles, manglares, páramos y otras vegetaciones nativas que se encuentren en proceso de degradación.

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Tipo y diseño de investigación

##### 2.1.1. *Por el tipo de investigación*

La presente investigación es Experimental, tiene un enfoque cuantitativo, debido a que, este tipo de investigaciones utiliza la recolección de datos, es longitudinal por la recolección de datos mensuales, descriptivo para los factores que afectan el pH, Hipotética para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías, entre otros aspectos a considerar.

##### 2.1.2. *Población de estudio*

La población de estudio es el complejo lacustre de Atillo en 7 puntos específicos. El sistema preriglaciario de Atillo es de 2166,3 Ha, el total de la microcuenca de Atillo 9177 km<sup>2</sup>, Zona Lacustre e inundable 251,6 Ha.

#### 2.2. Unidad de análisis

De manera criterial y en base al conocimiento de la zona se estima una muestra por cada 50 Ha de zona lacustre e inundable por lo tanto el tamaño de la muestra preliminar es de 7 muestras pudiendo aumentar el número del reconocimiento de la zona en las visitas del campo.

#### 2.3. Área de estudio

Bajo el acuerdo ministerial No. 190 del día 16 de junio de 1975 como reserva ecológica Sangay. En lo posterior, el 26 de julio de 1979 se lo categorizó como parque nacional y en 1983 la UNESCO lo declaró como Parque Nacional Sangay cuya extensión es de 502067 ha (Casco y Patiño, 2021, p. 44-45).

Atillo corresponde a las zona alta, media y baja de la microcuenca del río Atillo ubicado en la parroquia Cebadas, cantón perteneciente a Guamote, provincia de Chimborazo, esta está ubicada a una altura de 2600 a 4640 m.s.n.m., entre las lomas: loma punta, loma Mesa Rushca, laguna Cuyug, loma Filo Cuyug Hanua y Atillo Grande, para su acceso esta se realiza mediante vía asfaltada cuya ruta es Guamote-Macas (Casco y Patiño, 2021, p. 44-45).



Esta zona alta del país posee dos estaciones anuales la cual es la estación seca que inicia en mayo y culmina con el mes de septiembre y el periodo de lluvias iniciando en octubre y culminando en abril. Al ser una zona alta la agricultura casi es inexistente, por parte de la población hay un interés en impulsar esta actividad cuya descripción de la población para este tipo de suelo es de color negro y de una estructura arcillosa (Casco y Patiño, 2021, p. 44-45).

### 2.3.1. Ubicación geográfica

La zona de estudio Atillo ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay. Con las siguientes coordenadas: Latitud 02° 10' 55.7" S y 78° 32' 42.6" W (Casco y Patiño, 2021a, p. 45).

### 2.3.2. Climatología

La cantidad de lluvia que precipita en el sitio de Atillo es medido en milímetros de lluvia en un año. Para la parroquia Cebadas en el rango de precipitación de 1000 a 2500 mm de lluvia anual se encuentra las zonas que cubren el 40,82% del territorio parroquial siendo aquí donde se encuentra la mayor reserva de líquido vital de la parroquia y el Cantón Guamote (PDyOT Cebadas, 2015, p. 16).

**Tabla 1-2:** Nivel de precipitación de la parroquia Cebadas

NIVEL DE PRECIPITACIÓN (mm)	SUPERFICIE (Ha)	%
250-500	3.029,3	5,3
500-750	14.339,9	25,1
750-1000	16.436,6	28,1
1000-1250	9.971,4	17,5
1250-1500	7.931,7	13,9
1500-1750	3.222,6	5,6
1750-2000	1.884,1	3,3
2000-2500	261,8	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>57.077,43</b>	<b>100,0</b>

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 2.3.3. *Temperatura media anual*

En base a las Isotermas de la parroquia Cebadas, la temperatura fluctúa en un rango de 4°C a 12 °C. La mayor proporción del territorio siendo el 94,2% posee temperaturas de 4°C a 10 °C, siendo el 5,8% poseen temperaturas entre 10°C a 12 °C. Al encontrarse a una altitud de 2600 a 4640 m.s.n.m., su temperatura media anual es de 13,7 °C (PDyOT Cebadas, 2015, p. 15).

**Tabla 2-2:** Estratificación del factor temperatura de la parroquia Cebadas

NIVEL DE TEMPERATURA (°C)	SUPERFICIE (Ha)	%
4-5	1.456,6	2,6
5-6	7.289,6	12,8
6-7	15.455,2	27,1
7-8	14.867,9	26,0
8-9	10.635,1	18,6
9-10	4.078,0	7,1
10-11	2.717,5	4,8
11-12	577,7	1,0
<b>TOTAL</b>	<b>57.077,4</b>	<b>100</b>

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 2.3.4. *Humedad relativa*

Se refiere a la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos de suelo. Al encontrarse a una altitud de 2600 a 4640 m.s.n.m., su humedad relativa es del 96,8%, una nubosidad de 3.1 horas/día, según el INAMHI año 2014 (PDyOT Cebadas, 2015, p. 9).

## 2.4. Descripción de los puntos de control

### • Descripción Punto 1

Con una altitud de 3454 m.s.n.m, con coordenadas UTM 777022 E(X) y 9758371 S(Y). La rivera de la laguna Magdalena se encuentra rodeada por totoras con un entorno que lo bordea donde existe un camino transitado por los moradores, es una zona húmeda con mucha afluencia de agua la cual se puede observar recorrer el agua.

Su edafología es un área intervenida de manera antropogénica, el sitio se encuentra evidencia donde ha sido quemado de manera controlada para eliminar la maleza y con ello hacer uso de ese espacio para su producción.

Debido a las características del sitio el punto seleccionado es de características pantanosas localizado en la pendiente que se encuentra cerca de la carretera a unos 100 metros aproximadamente de la carretera vía Riobamba-Macas.

- **Descripción Punto 2**

Con una altitud de 3454 m.s.n.m., con coordenada UTM 776923 S(X) y 9758801 S(Y). La rívera de la laguna Kuyuk se encuentra junto a una pared natural que sería parte de la orografía de la zona, en el sitio existe una pequeña actividad antropogénica donde los visitantes realizan campamentos, transitan en botes y realizan pesca recreativa. La descripción del sitio se lo puede catalogar como una zona poco intervenida, la vegetación natural se mantiene, el acceso al punto de monitoreo es fácil, la ubicación del tubo también es de fácil ubicación, el punto se encuentra cerca de la laguna Kuyuk en aproximadamente 20 metros y está ubicada en la carretera vía Riobamba-Macas.

- **Descripción Punto 3**

Con coordenada UTM 775658 S(X) y 9757843 S(Y). La rívera de la laguna Atillo se encuentra junto al borde de la carretera que es vía Riobamba-Macas. El acceso a este punto es de dificultad media, es una zona donde se evidencia abundante vegetación, se encuentran patos salvajes propios de la zona y junto a la laguna hay totoras. El punto de monitoreo se encuentra bajo una capa de vegetación musgosa para evitar que si los turistas lo encontraran puedan dañar el tubo.

- **Descripción Punto 4**

Con coordenada UTM 773707 S(X) y 9757804 S(Y). El sitio se encuentra ubicado en una zona donde hay presencia de ganado vacuno el cual se alimentan de la hierba del sitio, este sitio tiene presencia de vertientes de agua que se puede observar por el sector, esto se puede evidenciar al llegar al lugar. El punto de monitoreo se encuentra a unos 400 metros de la carretera vía Riobamba-Macas y su acceso es fácil hasta el punto de monitoreo.

- **Descripción Punto 5**

Con altitud de xxx m.s.n.m., con coordenada UTM 772300 S(X) y 9758035 S(Y). El sitio se encuentra ubicado en los lotes que son pertenecientes a los moradores donde en la periferia de estos no son usados ya que son zonas pantanosas, como referencia este punto de monitoreo se encuentra ubicado a unos 500 metros de la estación meteorológica de Atillo. El acceso al tubo es moderadamente difícil debido a la pendiente y a que la maleza propia de la zona pantanosa hace difícil la ubicación exacta a simple vista. La vía para llegar al sitio es una carretera lastrada de segundo orden que se dirige hasta Ozogoché.

- **Descripción Punto 6**

Con coordenada UTM 770144 S(X) y 9760537 S(Y). El sitio se encuentra ubicado en el lote de un morador propio de la zona donde existe actividad antropogénica la cual es la siempre

de pastizal, cría de ganado ovino y cerca a ello existe la construcción en obra gris de piscina para la cría de alevines. El punto de monitoreo se encuentra a 20 metros de la carretera de segundo orden Atillo-Ozogoche. El acceso es fácil y la estructura del suelo es un poco pantanosa.

- **Descripción Punto 7**

Con coordenada UTM 771989 S(X) y 9759724 S(Y). El sitio se encuentra ubicado cruzando una propiedad privada y a este punto es de moderadamente difícil acceso el cual hay que bajar por una pendiente un poco pronunciada y el punto de monitoreo se encuentra ubicada en la zona pantanosa del Atillo el cual en temporada lluviosa puede una persona puede hundirse. El acceso para llegar al sitio se lo realiza por la vía principal Riobamba-Macas. El punto se encuentra ubicado a unos 100 metros de la carretera principal.

## **2.5. Metodología**

### **2.5.1. Selección de Puntos**

La selección de puntos se realiza con una visita previa al lugar haciendo un reconocimiento, mediante software informático se seleccionan los puntos de muestreo de forma aleatoria con la finalidad de tener una muestra diversificada y representativa, se realiza el georreferenciando de la zona de estudio mediante salidas de campo empleando equipo GPS donde se obtienen coordenadas con un rango de error de  $\pm 5$  metros de error (Casco y Patiño, 2021, p. 44-46).

La planificación de las salidas de campo se realiza con varios días de anticipación con el fin de dirigir y guiar y reconocer la zona de muestreo.

Los puntos seleccionados son: P1 cercano a la laguna Magdalena, P2 cercano a la laguna Magdalena, P3 cercano a laguna Magdalena, P4 cercano a desembocadura de la laguna Magdalena, P5 cercano a zona de cultivo de truchas, P6 cercano a Río Atillo, P7 Cercano a río Atillo.

En los sitios establecidos para la investigación se introduce en el suelo un tubo PVC el cual tiene realizado unas fisuras lineales y esto es con el fin de hacer que el agua se introduzca en el tubo sin obstruir el desplazamiento del caudal normal de las vertientes del agua.

Cada tubo se le coloca una tapa del mismo material para evitar la contaminación del agua por efecto de la lluvia u otros eventos que puedan alterar la muestra.

### **2.5.2. Monitoreo**

Los monitoreos se realizan de forma mensual empezando desde el mes de abril los meses posteriores son mayo, junio y julio. Estos monitoreos siguen una planificación estructurada establecida desde el grupo de investigación.

- Al iniciar el monitoreo se establece la ruta de recolección de muestra empezando por el P1 y culminando en el P7,
- En dicho punto se quita la tapa del tubo que ha sido introducido en el suelo y se procede a realizar los análisis con un multiparámetro que este proporciona pH, conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxígeno disuelto en ( $\text{mg}/\text{L}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) aire ambiente y el interior del agua.
- Con un instrumento de medición métrica (flexómetro) se mide la distancia desde el borde del tubo hacia abajo hasta donde el agua ha subido en el tubo (nivel freático).
- Para la toma de muestra del agua se introduce un recipiente con el cual la primera porción del agua se elimina, de forma que se sitúe a una distancia donde no se vea afectado para el siguiente monitoreo.
- Se introduce el agua en recipientes de vidrio ámbar de 1L y 0,5 L al cual el de medio litro se le introduce ácido nítrico como preservante para el posterior análisis de cationes.
- Se etiqueta los recipientes con codificación que garantice su identificación.
- Se almacena en un cooler para aumentar la preservación de las muestras.
- Se vacía el tubo donde se realiza la muestra retirando la mayor cantidad de agua posible.
- Se mide desde el borde del tubo la nueva distancia que existe al momento de vaciar el tubo.
- Se cierra el tubo donde se realiza el muestreo para evitar contaminación de cualquier tipo.

### **2.6. Metodología para determinación de propiedades fisicoquímicas**

Para la determinación de propiedades físico químicas requeridas se utilizó un multiparámetro Water Quality Meter modelo AZ-86031 el cual en su configuración se selecciona los parámetros que se requieren para el muestreo como son pH, conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxígeno disuelto en ( $\text{mg}/\text{L}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). Se calibra al multiparámetro con soluciones buffer propias del fabricante según su guía para máxima precisión.

### 2.6.1. Metodología para determinación de aniones

La determinación se realizó con un Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, PhosVer® 3 reactivo de fosfato para 10 mL de muestra, NitriVer® Reactivo Nitrito para 10 mL de muestra, NitraVer® Reactivo de Nitrato para 10 mL de muestra, Vario Sulfa 4 para 10 mL de muestra, Bomba de vacío ROCKER modelo 420 de 110V-60Hz con potencia de 1/6 HP. Con estas características espectrofotométricas de análisis se determinaron de cuantificación de los parámetros: Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

- **Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):** Con este fin se filtra al vacío 100 mL de muestra de cada punto establecido de monitoreo. Encendemos el espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, ingresamos el número de programa preconfigurado para análisis de fosfatos, la longitud de onda preestablecida es de 890nm. Se calibra con agua destilada para encerrar el equipo. En un tubo de ensayo se coloca 10 mL de muestra y posterior se coloca el reactivo PhosVer® 3 tapamos herméticamente y agitamos por 60 segundos y esperar 2 minutos mientras se mezcla el reactivo. Se analiza en el equipo Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800 y se obtiene el resultado requerido.
- **Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ):** Con este fin se filtra al vacío 100 mL de muestra de cada punto establecido de monitoreo. Encendemos el espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, ingresamos el número de programa preconfigurado para análisis de fosfatos, la longitud de onda preestablecida es de 507nm. Se calibra con agua destilada para encerrar el equipo. En un tubo de ensayo se coloca 10 mL de muestra y posterior se coloca el reactivo NitriVer® tapamos herméticamente y agitamos por 60 segundos y esperar 6 minutos mientras se mezcla el reactivo. Se analiza en el equipo Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800 y se obtiene el resultado requerido.
- **Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ):** Con este fin se filtra al vacío 100 mL de muestra de cada punto establecido de monitoreo. Encendemos el espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, ingresamos el número de programa preconfigurado para análisis de fosfatos, la longitud de onda preestablecida es de 500nm. Se calibra con agua destilada para encerrar el equipo. En un tubo de ensayo se coloca 10 mL de muestra y posterior se coloca el reactivo NitriVer® tapamos herméticamente y agitamos por 60 segundos y esperar 6 minutos mientras se mezcla el reactivo. Se analiza en el equipo Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800 y se obtiene el resultado requerido.

- **Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):** Con este fin se filtra al vacío 100 mL de muestra de cada punto establecido de monitoreo. Encendemos el espectrofotómetro HACH® modelo DR2800, ingresamos el número de programa preconfigurado para análisis de fosfatos, la longitud de onda preestablecida es de 450nm.

Se calibra con agua destilada para encerrar el equipo. En un tubo de ensayo se coloca 10 mL de muestra y posterior se coloca el reactivo NitrVer® tapamos herméticamente y agitamos por 60 segundos y esperar 5 minutos mientras se mezcla el reactivo. Se analiza en el equipo Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800 y se obtiene el resultado requerido.

## 2.7. Metodología para determinación de cationes

### 2.7.1. Espectrofotometría de absorción atómica

En la espectrofotometría de absorción atómica de llama, se aspira una muestra en una llama y se atomiza. Un haz de luz se dirige a través de la llama, a un monocromador y a un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama. Para algunos metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad superior a la emisión de llama. Para algunos metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad superior a la emisión de llama.

Para algunos metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad superior a la emisión de llama, como cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza una lámpara fuente compuesta por ese elemento; esto hace que el método esté relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación.

La cantidad de energía a la longitud de onda característica absorbida en la llama es proporcional a la concentración del elemento en la muestra en un rango de concentración limitado.

La mayoría de los instrumentos de absorción atómica también están equipados para funcionar en modo de emisión, lo que puede proporcionar una mejor linealidad para algunos elementos (Rodger, 2017, p. 22).

- **Interferencias químicas:** Muchos metales pueden ser determinados por aspiración directa de la muestra en una llama de aire-acetileno. El tipo más El tipo de interferencia más problemático se denomina "química" y resulta de la falta de absorción por parte de los átomos unidos en combinación molecular en la llama. en la llama.

Esto puede ocurrir cuando la llama no está lo suficientemente caliente como para disociar las moléculas o cuando el átomo disociado se oxida inmediatamente en un compuesto que no sé qué no se disociará más a la temperatura de la llama. Estas interferencias pueden reducirse o eliminarse añadiendo elementos o compuestos específicos a la solución de la muestra.

Por ejemplo, la interferencia de fosfato en la determinación de magnesio puede superarse añadiendo lantano. Del mismo modo, la introducción de calcio elimina la interferencia de la sílice en la determinación del manganeso (Rodger, 2017, p. 1-2).

- **Corrección de fondo:** La absorción molecular y la dispersión de la luz de la luz causadas por partículas sólidas en la llama pueden causar valores de absorción erróneamente valores de absorción elevados, lo que da lugar a errores positivos. Cuando se produzcan estos fenómenos, utilice la corrección de fondo para obtener valores precisos (Rodger, 2017, p. 1-2).

### ***2.7.2. Determinación de cationes sodio, potasio, calcio y magnesio***

La determinación de los cationes se realiza en este caso con un rango de pH del agua entre 6-7.

#### • **Procedimiento**

1. Filtrar al vacío, el filtrado recoger en valones volumétrico de 100mL.
2. En 75mL de muestra de cada punto de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, se agrega 25mL de la solución 1Molar en un matraz de aforo de 100mL.
3. Se agita la mezcla y se deja reposar por 30 minutos.
4. Esta mezcla realizada es utilizada para la determinación de cationes por absorción atómica de flama.

### ***2.7.3. Determinación***

La transmitancia se interpreta desde el espectrofotómetro de absorción atómica, usando una curva previamente calibrada donde el estándar más alto es de 50 mg/L (ppm)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{1+}$ ,  $\text{K}^{1+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , los estándares de los cationes han recibido el mismo tratamiento que las muestras, de tal forma que las concentraciones utilizadas fueron desde 50 mg/L, 40 mg/L, 30 mg/L, 15 mg/L, 5 mg/L respectivamente. Se utiliza una flama que contiene como composición química, óxido nitroso-acetileno para cada una de las lecturas correspondientes de cationes.

Si se superaran las lecturas del rango del espectro, se debe diluir la muestra del extracto original con una micropipeta, se toma 2 mL de filtrado y 50 mL de gua ultrapura dependiendo del rango de lectura (Casco y Patiño, 2021, p. 23-25).



## **2.8. Metodología para el análisis estadístico**

### **2.8.1. Equipos y Materiales**

#### **Equipos**

- Multiparámetro Water Quality Meter modelo AZ-86031
- GPS Garmín 64 st.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica ICE 3000 SERIES
- Espectrofotómetro HACH® modelo DR2800
- Bomba de vacío ROCKER modelo 420

#### **Materiales**

- Flexómetro
- Tuvo PVC 4in
- Frascos de vidrio ámbar de 500mL
- Frascos de vidrio ámbar de 1L
- Rotulador
- Celular (Cámara)
- Equipo de protección personal
- Cooler (Transporte y conservación de muestras)
- Pico
- Accesorio para toma de muestra
- Pipetas de aforo de 10mL y 25mL
- Balón de aforo de 100mL
- Erlenmeyer de 250 mL
- Tubos de ensayo de 10 mL
- Papel filtro
- Cuaderno de notas

#### **Reactivos**

- HNO<sub>3</sub>
- Agua ultrapura
- Agua destilada
- PhosVer® 3 reactivo de fosfato
- Vario Sulfa 4 reactivo de Sulfato
- NitriVer® Reactivo Nitrito
- NitraVer® Reactivo de Nitrato

### 2.8.2. Análisis Estadístico

**Tabla 3-2:** Resumen estadístico aniones

Medida	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/L
<b>Recuento</b>	28	28	28	28	28
<b>Promedio</b>	6,46	8,260	0,073	49,321	1,473
<b>Mediana</b>	6,435	4,1	0,032	44	1,12
<b>Varianza</b>	0,065	88,738	0,0277	1637,78	1,133
<b>Desviación Estándar</b>	0,255	9,420	0,166	40,469	1,064
<b>Coefficiente de Variación</b>	3,95%	114,04%	226,52%	82,05%	72,25%
<b>Error Estándar</b>	0,048	1,780	0,031	7,648	0,201
<b>Mínimo</b>	6,06	0,2	0,004	9	0,33
<b>Máximo</b>	7,14	41	0,9	150	4,48
<b>Rango</b>	1,08	40,8	0,896	141	4,15
<b>Sesgo Estandarizado</b>	1,812	4,177	10,489	2,143	3,590
<b>Curtosis Estandarizada</b>	0,549	4,619	26,731	0,166	2,712

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la tabla 3-2 se muestra el análisis multivariado de los componentes pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/L), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/L), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/L) donde este procedimiento está diseñado para resumir varias columnas de datos cuantitativos.

**Tabla 4-2:** Resumen estadístico cationes

Medida	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	K <sup>+</sup> mg/L
<b>Recuento</b>	28	28	28	28
<b>Promedio</b>	15,570	13,363	14,837	11,312
<b>Mediana</b>	8,516	10,323	14,027	11,349
<b>Varianza</b>	294,459	108,757	33,752	18,628
<b>Desviación Estándar</b>	17,159	10,428	5,809	4,3160
<b>Coefficiente de Variación</b>	110,21%	78,04%	39,16%	38,15%
<b>Error Estándar</b>	3,242	1,970	1,097	0,815
<b>Mínimo</b>	0	2,717	5,956	4,884
<b>Máximo</b>	56,291	38,637	26,106	20,584
<b>Rango</b>	56,291	35,92	20,15	15,7
<b>Sesgo Estandarizado</b>	2,420	3,524	0,484	0,573
<b>Curtosis Estandarizada</b>	-0,044	1,800	-1,061	-0,642

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la tabla 4-2 se muestra el análisis multivariado de los componentes  $\text{Ca}^{2+}$  (mg/L),  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/L),  $\text{Na}^+$  (mg/L),  $\text{K}^+$  (mg/L) donde este procedimiento está diseñado para resumir varias columnas de datos cuantitativos.

**Tabla 5-2:** Correlaciones pH Cationes y Aniones

	pH	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
pH		0,1118	0,0189	0,2705	0,0318	-0,411	-0,3244	0,2367	0,151
		0,571	0,9241	0,1638	0,8725	0,0298	0,0922	0,2252	0,4431
$\text{NO}_3^-$	0,1118		0,4971	0,9065	0,2264	-0,1957	-0,1594	0,2614	0,0118
	0,571		0,0071	0	0,2467	0,3183	0,4177	0,1791	0,9526
$\text{NO}_2^-$	0,0189	0,4971		0,529	0,0392	0,0288	-0,0654	-0,1593	-0,1265
	0,9241	0,0071		0,0038	0,8431	0,8844	0,7411	0,4182	0,5213
$\text{SO}_4^{2-}$	0,2705	0,9065	0,529		0,2769	-0,2701	-0,2582	0,1393	0,0195
	0,1638	0	0,0038		0,1538	0,1645	0,1847	0,4796	0,9215
$\text{PO}_4^{3-}$	0,0318	0,2264	0,0392	0,2769		-0,3525	-0,359	-0,0163	-0,452
	0,8725	0,2467	0,8431	0,1538		0,0658	0,0607	0,9344	0,0157
$\text{Ca}^{2+}$	-0,411	-0,1957	0,0288	-0,2701	-0,3525		0,9307	0,1404	0,5328
	0,0298	0,3183	0,8844	0,1645	0,0658		0	0,4762	0,0035
$\text{Mg}^{2+}$	-0,3244	-0,1594	-0,0654	-0,2582	-0,359	0,9307		0,3512	0,6883
	0,0922	0,4177	0,7411	0,1847	0,0607	0		0,0668	0,0001
$\text{Na}^+$	0,2367	0,2614	-0,1593	0,1393	-0,0163	0,1404	0,3512		0,5448
	0,2252	0,1791	0,4182	0,4796	0,9344	0,4762	0,0668		0,0027
$\text{K}^+$	0,151	0,0118	-0,1265	0,0195	-0,452	0,5328	0,6883	0,5448	
	0,4431	0,9526	0,5213	0,9215	0,0157	0,0035	0,0001	0,0027	

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la tabla 5-2 muestra las correlaciones momento producto de Pearson, entre cada par de variables. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. El segundo número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0,05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95,0%. Los siguientes pares de variables tienen valores-P por debajo de 0,05.

La medida de asociación de las variables tiene una tendencia débil entre el pH y el  $\text{NO}_3^-$  (0,1118),  $\text{NO}_2^-$  (0,0189),  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,2705),  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,0318),  $\text{Na}^+$  (0,2367) y  $\text{K}^+$  (0,151), al disminuir el pH aumenta la presencia de estos aniones y cationes ya que existe una baja correlación positiva, donde hay dependencia entre las variables la que se denomina relación directa.

El pH tiene una ligera relación lineal lo que no significa que sean variables independientes ya que puede haber relaciones no lineales entre las variables. Se puede además visualizar que existe una moderada relación lineal negativa entre pH,  $\text{Ca}^{2+}$  (-0,411) y  $\text{Mg}^{2+}$  (-0,3244) ya que al disminuir el pH disminuye la presencia de los cationes.

La medida de asociación de las variables tiene una tendencia muy fuerte entre el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (0,9307) ya que existe una correlación positiva donde hay dependencia entre las variables la que se denomina relación directa, cuando el  $\text{Ca}^{2+}$  aumenta el  $\text{Mg}^{2+}$  aumenta en proporción. Se puede además visualizar que existe una alta relación lineal positiva entre calcio y magnesio por lo que las aguas que pueden mostrar dureza.

La medida de asociación de las variables tiene una tendencia fuerte entre el  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$  (0,9065) ya que existe una correlación positiva donde hay dependencia entre las dos variables la que se denomina relación directa, cuando el  $\text{SO}_4^{2-}$  aumenta el  $\text{NO}_3^-$  aumenta en semejante proporción.

## 2.9. VARIABILIDAD ESPACIAL

### 2.9.1. Nivel freático por puntos

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para nivel freático. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de nivel freático para los 7 diferentes niveles de puntos. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 6-2:** Resumen estadístico para nivel freático

PUNTOS	Recuento	Promedio	Mediana	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
1	4	51,75	45,5	346,917	18,6257	35,99%
2	4	66,25	64	303,583	17,4236	26,30%
3	4	60	49,5	692,667	26,3186	43,86%
4	4	7,75	6	24,9167	4,99166	64,41%
5	4	31,25	30,5	124,917	11,1766	35,77%
6	4	54,75	47,5	220,25	14,8408	27,11%
7	4	50,5	49,5	609,667	24,6914	48,89%
<b>Total</b>	28	46,0357	47	616,11	24,8216	53,92%

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 6-2 muestra diferentes estadísticos de nivel freático para cada uno de los 7 niveles de puntos. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 6-2:** Resumen estadístico para nivel freático

PUNTOS	Error Estándar	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	9,31285	38	78	40	1,13015	0,560338
2	8,71182	48	89	41	0,549101	0,12347
3	13,1593	42	99	57	1,51619	1,44067
4	2,49583	4	15	11	1,34414	1,10401
5	5,58831	20	44	24	0,178517	-1,47352
6	7,42041	47	77	30	1,62809	1,62458
7	12,3457	25	78	53	0,106743	-1,53653
<b>Total</b>	4,69083	4	99	95	0,394312	-0,366014

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 7-2:** Anova de nivel freático

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9666,21	6	1611,04	4,85	0,003
Intra grupos	6968,75	21	331,845		
<b>Total (Corr.)</b>	16635	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 8-2 descompone la varianza de nivel freático en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4,85478, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de nivel freático (cm) entre un nivel de Puntos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 8-2:** Prueba de múltiples rangos para nivel freático por puntos

PUNTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
4	4	7,75	X
5	4	31,25	XX
7	4	50,5	XX
1	4	51,75	XX
6	4	54,75	XX
3	4	60	X
2	4	66,25	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 7 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 9-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para nivel freático por puntos

PUNTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	4	16,5
2	4	22,125
3	4	18,625
4	4	2,5
5	4	8,25
6	4	17,875
7	4	15,625

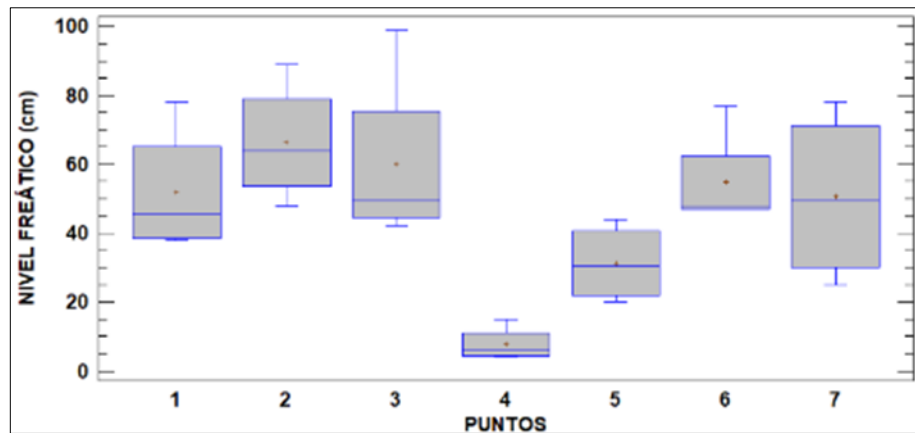
Estadístico = 16,28 Valor-P = 0,0123277

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la tabla 10-2 la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de nivel freático dentro de cada uno de los 7 niveles de puntos son iguales.

Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor.

Luego se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 1-2:** Prueba de Kruskal-Wallis

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la figura 1-2 la variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. El rango nos muestra la dispersión de los datos por el rango. Para el punto 4, 5 y 6 el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el punto 1, 2, 3 y 7 el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor. La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para los puntos 5 y 7.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separados y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para los puntos 1, 3, 4 y 6.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para el punto 2.

### 2.9.2. *Temperatura del agua por puntos*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Temperatura del agua. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Temperatura del agua para los 7 diferentes niveles de Puntos. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 10-2:** Resumen estadístico para temperatura del agua

PUNTOS	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Error Estándar
1	4	10,825	0,209167	0,457347	4,22%	0,228674
2	4	10,525	1,4825	1,21758	11,57%	0,60879
3	4	11,675	0,195833	0,442531	3,79%	0,221265
4	4	12,325	0,309167	0,556028	4,51%	0,278014
5	4	10,25	0,816667	0,903696	8,82%	0,451848
6	4	12,95	0,516667	0,718795	5,55%	0,359398
7	4	11,25	1,01667	1,0083	8,96%	0,504149
<b>Total</b>	28	11,4	1,36074	1,16651	10,23%	0,220449

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 11-2 muestra diferentes estadísticos de Temperatura del agua para cada uno de los 7 niveles de Puntos La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 11-2:** Resumen estadístico para temperatura del agua

PUNTOS	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	10,2	11,3	1,1	-0,774573	0,820138
2	9,2	12,1	2,9	0,455164	0,22796
3	11,2	12,1	0,9	-0,105993	-1,9485
4	11,8	13,1	1,3	0,979624	0,742708
5	9,2	11,3	2,1	0	-0,489898
6	12	13,6	1,6	-0,725525	-0,237557
7	9,9	12,3	2,4	-0,669061	0,481735
<b>Total</b>	9,2	13,6	4,4	-0,206166	-0,486577

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 12-2:** Anova temperatura del agua

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	23,1	6	3,85	5,93	0,001
Intra grupos	13,64	21	0,649524		
<b>Total (Corr.)</b>	36,74	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 13-2 descompone la varianza de Temperatura del agua en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos.

La razón-F, que en este caso es igual a 5,92742, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.



Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Temperatura del agua entre un nivel de Puntos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 13-2:** Prueba de múltiples rangos para temperatura de agua

PUNTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
5	4	10,25	X
2	4	10,525	XX
1	4	10,825	XX
7	4	11,25	XXX
3	4	11,675	XX
4	4	12,325	XX
6	4	12,95	X

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 14-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

El asterisco que se encuentra al lado de los 9 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

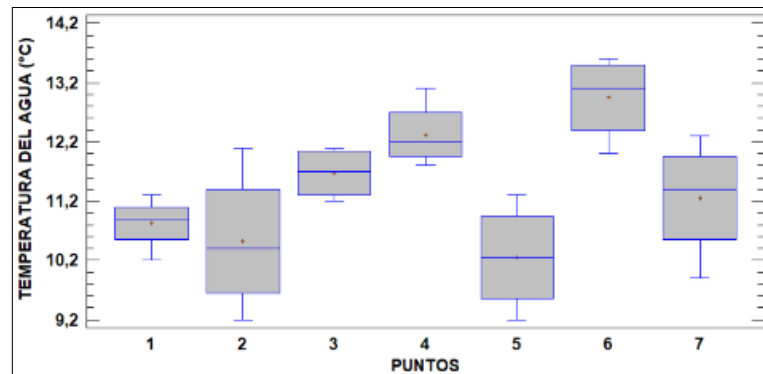
**Tabla 14-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura del agua

PUNTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	4	9,625
2	4	8,875
3	4	16,5
4	4	21,875
5	4	6,375
6	4	24,625
7	4	13,625

Estadístico = 16,7851 Valor-P = 0,0101062

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la tabla 15-2 la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Temperatura del agua dentro de cada uno de los 7 niveles de Puntos son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor. Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 2-1:** Variabilidad espacial de nivel freático

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 2-2 muestra la variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. El rango nos muestra la dispersión de los datos por el rango. Para el punto 1, 3 y 4 el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el punto 2, 5, 6 y 7 el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor.

La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para los puntos 5. La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separados y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para los puntos 2 y 4.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para el punto 1, 3, 6 y 7.

### 2.9.3. pH por puntos

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para pH. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de pH para los 7 diferentes niveles de Puntos. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 15-2:** Resumen estadístico para pH

PUNTOS	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
1	4	6,3975	0,0221583	0,148857	2,33%
2	4	6,29	0,00086667	0,0294392	0,47%
3	4	6,285	0,00896667	0,0946925	1,51%
4	4	6,2	0,0173333	0,131656	2,12%
5	4	6,8125	0,0126917	0,112657	1,65%
6	4	6,5375	0,00609167	0,0780491	1,19%
7	4	6,7125	0,0844917	0,290675	4,33%
<b>Total</b>	28	6,46214	0,0651063	0,255159	3,95%

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 16-2 muestra diferentes estadísticos de pH para cada uno de los 7 niveles de Puntos. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 16-2:** Resumen estadístico para pH

PUNTOS	Error Estándar	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	0,0744284	6,22	6,56	0,34	-0,183243	-0,720678
2	0,0147196	6,26	6,33	0,07	0,768046	0,612372
3	0,0473462	6,21	6,42	0,21	1,20011	0,80088
4	0,0658281	6,06	6,34	0,28	0	-1,66029
5	0,0563286	6,65	6,91	0,26	-1,25275	1,16451
6	0,0390246	6,45	6,64	0,19	0,464963	0,686375
7	0,145337	6,52	7,14	0,62	1,45434	1,28888
<b>Total</b>	0,0482206	6,06	7,14	1,08	1,81204	0,549922

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 17-2:** Anova de pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,30007	6	0,216679	9,94	0
Intra grupos	0,4578	21	0,0218		
Total (Corr.)	1,75787	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 18-2 descompone la varianza de pH en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 9,93938, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Puntos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 18-2:** Prueba de múltiples rangos para pH

PUNTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
4	4	6,2	X
3	4	6,285	X
2	4	6,29	X
1	4	6,3975	XX
6	4	6,5375	XX
7	4	6,7125	XX
5	4	6,8125	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 19-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

El asterisco que se encuentra al lado de los 12 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

**Tabla 19-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para pH

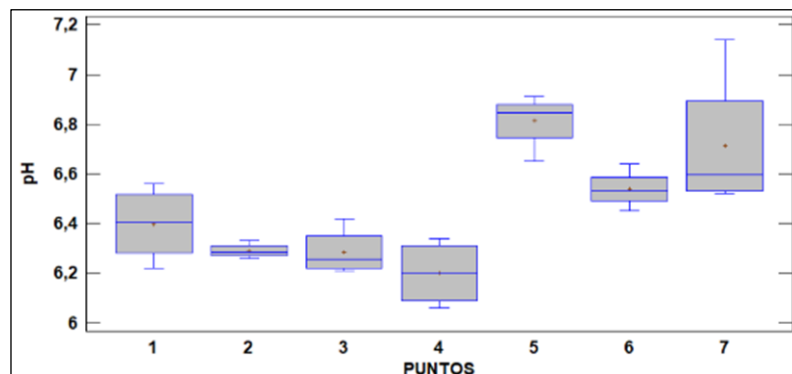
PUNTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	4	13,375
2	4	8,75
3	4	7,5
4	4	5,875
5	4	25,375
6	4	18,5
7	4	22,125

Estadístico = 20,7368 Valor-P = 0,00204542

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 20-2 muestra la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de pH dentro de cada uno de los 7 niveles de Puntos son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor.

Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 2-2:** Variabilidad espacial pH por puntos

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 3-2 muestra la variabilidad espacial de pH a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. Nos muestra la dispersión de los datos por el rango. Para el punto 2, 3, 5 y 6 el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor

Para el punto 1, 4, y 7 el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor. La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para los puntos 4, la distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separados y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para los puntos 2, 3, 6 y 7. La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para el punto 1, y 5.

#### 2.9.4. Conductividad eléctrica por puntos

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Conductividad eléctrica. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Conductividad eléctrica para los 7 diferentes niveles de Puntos. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

**Tabla 20-2:** Resumen estadístico de conductividad eléctrica

PUNTOS	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Error Estándar
1	4	132,575	6174,72	78,5794	59,27%	39,2897
2	4	81,25	114,497	10,7003	13,17%	5,35016
3	4	250,425	3976,92	63,0628	25,18%	31,5314
4	4	122,475	186,516	13,6571	11,15%	6,82854
5	4	101,825	310,262	17,6143	17,30%	8,80713
6	4	289,25	418,25	20,4512	7,07%	10,2256
7	4	127,1	1733,37	41,6337	32,76%	20,8169
<b>Total</b>	28	157,843	7016,91	83,767	53,07%	15,8305

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 21-2 muestra diferentes estadísticos de Conductividad eléctrica para cada uno de los 7 niveles de Puntos.

La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 21-2:** Resumen estadístico de conductividad eléctrica

PUNTOS	Error Estándar	Puntos	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	0,0744284	1	60,3	244	183,7	1,10379	0,984763
2	0,0147196	2	71,3	96,4	25,1	1,08665	0,990267
3	0,0473462	3	170,7	301	130,3	-0,559637	-0,89131
4	0,0658281	4	104,8	137	32,2	-0,49194	0,0852601
5	0,0563286	5	80,4	123,3	42,9	0,00679505	0,474758
6	0,0390246	6	264	314	50	-0,0594448	0,569835
7	0,145337	7	72,2	164	91,8	-0,723201	-0,30604
<b>Total</b>	0,0482206	<b>Total</b>	60,3	314	253,7	1,70805	-0,977482

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 22-2:** Anova Conductividad eléctrica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	150713	6	25118,8	13,62	0
Intra grupos	38743,6	21	1844,93		
<b>Total (Corr.)</b>	189457	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 23-2 descompone la varianza de Conductividad eléctrica en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos.

La razón-F, que en este caso es igual a 13,615, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos.

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Conductividad eléctrica entre un nivel de Puntos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 23-2:** Prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica

PUNTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	4	81,25	X
5	4	101,825	X
4	4	122,475	X
7	4	127,1	X
1	4	132,575	X
3	4	250,425	X
6	4	289,25	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 24-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

El asterisco que se encuentra al lado de los 10 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 24-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para conductividad eléctrica

PUNTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	4	12
2	4	4,5
3	4	23,5
4	4	14
5	4	9,5
6	4	25
7	4	13

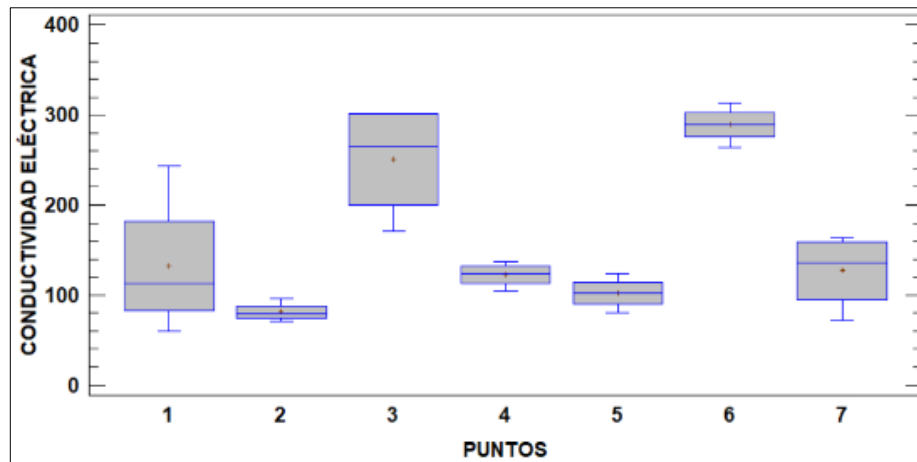
Estadístico = 19,2171 Valor-P = 0,0038123

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 25-2 en la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Conductividad eléctrica dentro de cada uno de los 7 niveles de Puntos son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor. Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel.

Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.





**Figura 3-2:** Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 4-2 muestra la variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. Nos muestra la dispersión de los datos por el rango. Para el punto 2, 4, 5 y 6 el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el punto 1, 3 y 7 el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor.

La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para los puntos 5.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separadas y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para los puntos 1 y 2.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para el punto 3, 4, 6 y 7

## 2.10. VARIABILIDAD TEMPORAL

### 2.10.1. Nivel freático por fecha

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Nivel freático. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Nivel freático para los 4 diferentes niveles de Fecha. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

**Tabla 25-2:** Resumen estadístico nivel freático

FECHA	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Error Estándar
abril	7	34,7143	330,238	18,1725	52,35%	6,86854
junio	7	47,5714	432,286	20,7915	43,71%	7,85844
marzo	7	40,2857	461,238	21,4765	53,31%	8,11734
mayo	7	61,5714	1076,29	32,8068	53,28%	12,3998
<b>Total</b>	28	46,0357	616,11	24,8216	53,92%	4,69083

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 26-2 muestra diferentes estadísticos de Nivel freático para cada uno de los 4 niveles de Fecha. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 26-2:** Anova nivel freático

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2834,68	3	944,893	1,64	0,2058
Intra grupos	13800,3	24	575,012		
<b>Total (Corr.)</b>	16635	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 27-2 ANOVA descompone la varianza de Nivel freático en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,64326, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Nivel freático entre un nivel de Fecha y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 27-2:** Pruebas de múltiples rangos para nivel freático

FECHA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
abril	7	34,7143	X
marzo	7	40,2857	XX
junio	7	47,5714	XX
mayo	7	61,5714	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 28-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, la mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 28-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para nivel freático

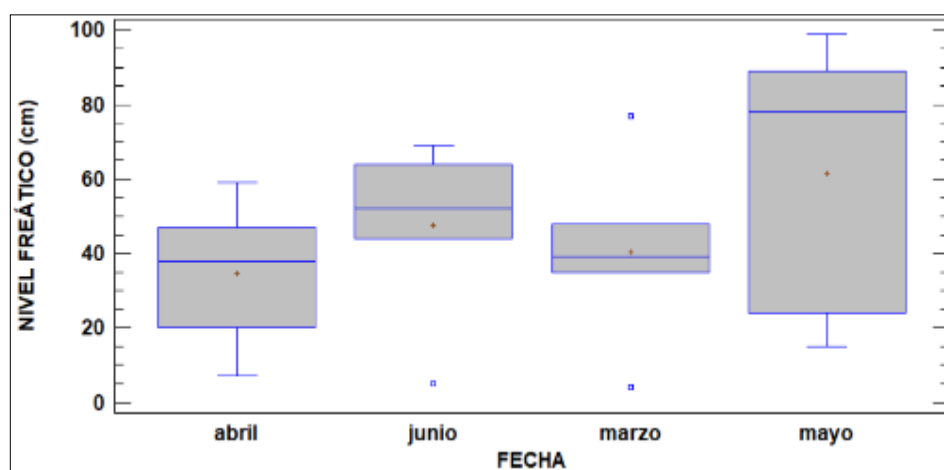
FECHA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
abril	7	10,8571
junio	7	16,2857
marzo	7	11,7857
mayo	7	19,0714

Estadístico = 4,63555 Valor-P = 0,20051

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 29-2 muestra la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Nivel freático dentro de cada uno de los 4 niveles de Fecha son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor.

Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza



**Figura 4-2:** Variabilidad temporal del nivel freático (cm)

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 5-2 muestra la variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. Nos muestra la dispersión de los datos por el rango.

Para el mes marzo el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor. Para el mes mayo el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor, la posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para ninguno de los meses.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separados y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para el mes marzo.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para los meses abril, mayo y junio.

### 2.10.2. *Temperatura del agua por fecha*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Temperatura del agua. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Temperatura del agua para los 4 diferentes niveles de Fecha. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 29-2:** Resumen estadístico de temperatura del agua

FECHA	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Error Estándar
abril	7	12,1286	0,602381	0,776132	6,40%	0,29335
junio	7	10,6857	2,18143	1,47697	13,82%	0,558241
marzo	7	11,2857	0,898095	0,947679	8,40%	0,358189
mayo	7	11,5	1,2	1,09545	9,53%	0,414039
<b>Total</b>	28	11,4	1,36074	1,16651	10,23%	0,220449

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 30-2 muestra diferentes estadísticos de Temperatura del agua para cada uno de los 4 niveles de Fecha. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

**Tabla 30-2:** Resumen estadístico de temperatura del agua

FECHA	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
abril	11,3	13,6	2,3	1,10835	0,99563
junio	9,2	13,1	3,9	0,729042	-0,415984
marzo	9,9	12,8	2,9	0,323942	0,0599275
mayo	10,1	13,4	3,3	0,654548	0,198533
Total	9,2	13,6	4,4	-0,206166	-0,486577

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 31-2:** Anova temperatura del agua

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,44857	3	2,48286	2,03	0,1359
Intra grupos	29,2914	24	1,22048		
Total (Corr.)	36,74	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 32-2 descompone la varianza de Temperatura del agua en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2,03433, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Temperatura entre un nivel de Fecha y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 32-2:** Pruebas múltiples rangos para temperatura del agua

FECHA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
junio	7	10,6857	X
marzo	7	11,2857	XX
mayo	7	11,5	XX
abril	7	12,1286	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 33-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

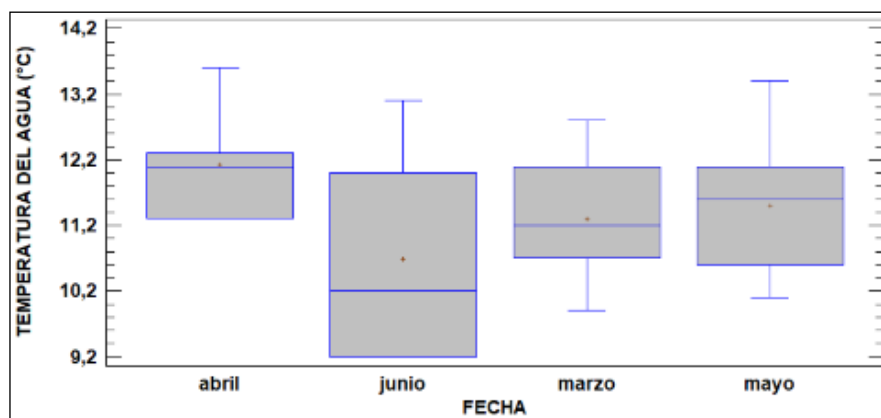
El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 33-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura del agua

FECHA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
abril	7	20,2143
junio	7	9,78571
marzo	7	13,3571
mayo	7	14,6429

Estadístico = 5,83177 Valor-P = 0,120086  
**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 34-2 prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Temperatura del agua dentro de cada uno de los 4 niveles de Fecha son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor. Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 5-2:** Variabilidad temporal de la temperatura del agua (°C)

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 6-2 muestra variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. Nos muestra la dispersión de los datos por el rango. Para el mes abril el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el mes junio, marzo y mayo el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor. La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para ninguno de los meses.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separadas y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para el mes marzo y junio.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para los meses abril y mayo.

### 2.10.3. pH por fecha

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para pH. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de pH para los 4 diferentes niveles de Fecha. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias.

Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 34-2:** Resumen estadístico de pH

FECHA	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Error Estándar
abril	7	6,43	0,0510667	0,225979	3,51%	0,0854122
junio	7	6,49143	0,0494143	0,222293	3,42%	0,0840189
marzo	7	6,48857	0,116448	0,341244	5,26%	0,128978
mayo	7	6,43857	0,072381	0,269037	4,18%	0,101686
<b>Total</b>	28	6,46214	0,0651063	0,255159	3,95%	0,0482206

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 35-2 muestra diferentes estadísticos de pH para cada uno de los 4 niveles de Fecha. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

**Tabla 35-2:** Resumen estadístico de pH

FECHA	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
abril	6,21	6,85	0,64	1,23948	0,47713
junio	6,22	6,84	0,62	0,495096	-0,589756
marzo	6,12	7,14	1,02	1,29564	0,90459
mayo	6,06	6,91	0,85	0,589942	0,514281
Total	6,06	7,14	1,08	1,81204	0,549922

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 36-2:** Anova de pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0220143	3	0,0073381	0,1	0,9584
Intra grupos	1,73586	24	0,0723274		
Total (Corr.)	1,75787	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 37-2 ANOVA descompone la varianza de pH en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,101457, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Fecha y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 37-2:** Pruebas de múltiples rangos para pH

FECHA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
abril	7	6,43	X
mayo	7	6,43857	X
marzo	7	6,48857	X
junio	7	6,49143	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.



**Tabla 38-2:** Prueba de Kruskal-Wallis para pH

FECHA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
abril	7	13,4286
junio	7	16
marzo	7	14,4286
mayo	7	14,1429

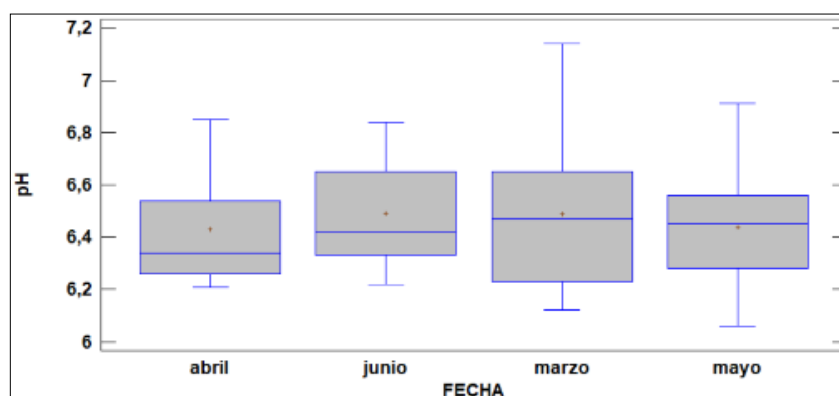
Estadístico = 0,365937 Valor-P = 0,947185

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 39-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



**Figura 6-2:** Variabilidad temporal del Ph

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La figura 7-2 correspondiente se muestra la variabilidad temporal a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. El rango nos muestra la dispersión de los datos. Para el mes mayo y abril el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el mes marzo y junio el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor. La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para ninguno de los meses.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separadas y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para el mes abril y junio. La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para los meses marzo y mayo.

#### 2.10.4. Conductividad eléctrica por fecha

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Conductividad eléctrica. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Conductividad eléctrica para los 4 diferentes niveles de Fecha. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 39-2:** Resumen estadístico de conductividad eléctrica

FECHA	Recuento	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Error Estándar
abril	7	159,886	5397,87	73,4702	45,95%	27,7691
junio	7	142,414	9740,46	98,6938	69,30%	37,3027
marzo	7	160,7	7890,08	88,8261	55,27%	33,5731
mayo	7	168,371	8126,25	90,1457	53,54%	34,0719
<b>Total</b>	28	157,843	7016,91	83,767	53,07%	15,8305

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 40-2 muestra diferentes estadísticos de Conductividad eléctrica para cada uno de los 4 niveles de Fecha. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

**Tabla 40-2:** Resumen estadístico de conductividad eléctrica

FECHA	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
abril	96,4	288	191,6	1,13265	-0,0540599
junio	60,3	301	240,7	1,17087	-0,396711
marzo	77,8	314	236,2	1,06043	-0,101331
mayo	79,5	301	221,5	1,04339	-0,539166
<b>Total</b>	60,3	314	253,7	1,70805	-0,977482

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

**Tabla 41-2:** Anova de conductividad eléctrica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2528,6	3	842,866	0,11	0,9545
Intra grupos	186928	24	7788,66		
<b>Total (Corr.)</b>	189457	27			

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 42-2 descompone la varianza de Conductividad eléctrica en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,108217, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Conductividad eléctrica entre un nivel de Fecha y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 42- 2:** Pruebas de múltiples rangos para conductividad eléctrica

FECHA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
junio	7	142,414	X
abril	7	159,886	X
marzo	7	160,7	X
mayo	7	168,371	X

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

Esta tabla 43-2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza.

En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

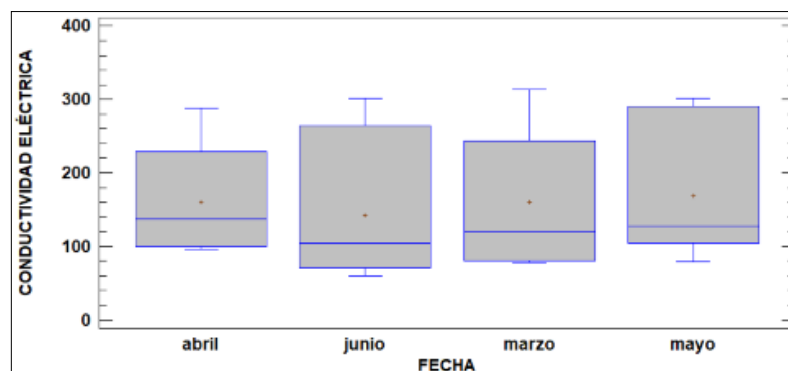
**Tabla 43-2:** Pruebas de múltiples rangos para conductividad eléctrica

FECHA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
abril	7	15,2857
junio	7	11,5
marzo	7	15
mayo	7	16,2143

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La tabla 44-2 muestra la prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Conductividad eléctrica dentro de cada uno de los 4 niveles de Fecha son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor.

Luego se calcula el rango promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 7-2:** Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

La Figura 8-2 muestra la variabilidad espacial a nivel freático muestra la distribución de los datos siendo los valores mínimo, máximo, cuartil 1, cuartil 2 o mediana, cuartil 3 y máximo. El rango nos muestra la dispersión de los datos. Para el mes abril el diagrama tiene menor variabilidad porque la longitud de la caja es menor.

Para el mes marzo, mayo y junio el diagrama tiene mayor variabilidad porque la longitud de la caja es mayor. La posición de la mediana indica que la distribución es simétrica para ninguno de los meses.

La distribución asimétrica positiva, la mediana está más cerca del cuartil 1, la parte baja de la caja es menor que la parte alta, los datos superiores a la mediana están más separados y sesgados positivamente hacia abajo esto se da para el mes abril, marzo, mayo y junio.

La distribución asimétrica negativa la mediana está más cerca del cuartil 3 la parte baja de la caja es más larga que la parte alta, los datos inferiores a la mediana están más separados y sesgados negativamente hacia arriba esto se da para ninguno de los meses.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis descriptivo

##### 3.1.1. Punto 1

**Tabla 1-3:** Concentración de cationes en punto

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
1	marzo	23,59	13	9,117	8,3
1	abril	36,46	15	9,582	8,6
1	mayo	26,01	15	9,451	9,6
1	junio	35,04	18	9,462	12

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **Cationes Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio**

En la tabla 1-3 correspondiente se muestra los cationes que corresponden al punto 1 de monitoreo del sistema lacustre Atillo presentando valores que se categorizan como niveles de concentración. Para el calcio, los valores en el monitoreo y presentan un promedio de 15,57 mg/L ( $\pm 3,242$ ). Clasificándose como un agua con concentración baja en comparación a los límites permisibles para el agua de consumo humano siendo este 500 mg/L; en este caso las 4 muestras del monitoreo presentan una concentración Baja de acuerdo con la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua en su Libro VI Anexo 1 en la Tabla 1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional de calidad del agua (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015, p. 17).

El magnesio, los valores en las distintas temporadas de monitoreo presentan un promedio de 13,363 ( $\pm 1,97$ ). Clasificándose como un agua con concentración baja; en este caso las 4 muestras del monitoreo presentan una concentración Baja de acuerdo con la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua en su Libro VI Anexo 1 en la Tabla 1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional de calidad del agua (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015, p. 86).

Las concentraciones de Calcio y Magnesio nos proporcionan la dureza del agua de cada punto de monitoreo en el sistema lacustre el cual nos indica que no hay dureza en el agua de acuerdo con lo contrastado con la normativa siendo el límite máximo permisible de 500 mg/L de acuerdo con la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua en su Libro VI Anexo 1 en la Tabla 1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional de calidad del agua.

Para el Potasio, los valores en las distintas temporadas de monitoreo presentan un promedio de 11,31 ( $\pm 0,815$ ). Para el Sodio, los valores en las distintas temporadas de monitoreo presentan un promedio de 14,837 ( $\pm 1,097$ ).

En este punto de monitoreo los niveles de Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio son (Bajos o altos), el potasio junto con el magnesio son elemento que lixivian de forma rápida en contraparte que el calcio (Casco y Patiño, 2021, p. 45).

- **pH**

En el suelo se presentaron valores de 6.4 de pH como se puede observar en la tabla 2-3; lo que permite clasificar el agua como ligeramente ácida, lo cual favorece el intercambio de cationes. Como se confirma que a pH ácidos se realiza con mayor facilidad el intercambio de iones (Abbar et al., 2017, p. 642).

**Tabla 2-3: pH en punto 1**

PUNTOS	FECHA	pH
1	marzo	6,47
1	abril	6,34
1	mayo	6,56
1	junio	6,22

**Realizado por:** Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

La conductividad eléctrica como se muestra en la tabla x corresponde al punto de monitoreo 1 donde el suelo que se han analizado en investigaciones anteriores corresponde a un valor de 22,89  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como valor máximo (P1 0-30 cm) y 11,38  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (P1 270-300 cm) como valor mínimo y con un promedio de 15,08  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $\pm 1,10$ ) (Casco y Patiño, 2021, p. 65). El promedio de la conductividad eléctrica para el agua en el punto de monitoreo es de 133  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Donde la conductividad eléctrica nos dice (Tabla de calidad del agua).

**Tabla 3-3:** Conductividad eléctrica punto 1

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
1	marzo	244
1	abril	105,3
1	mayo	120,7
1	junio	60,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- Oxígeno Disuelto**

**Tabla 4-3:** Oxígeno disuelto puntos 1

PUNTOS	FECHA	Nivel Freático (cm)	O <sub>2</sub> (mg/L)	Temperatura H <sub>2</sub> O (° C)
1	marzo	39	2,5	10,9
1	abril	38	6,9	11,3
1	mayo	78	0,9	10,9
1	junio	52	6,9	10,2

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- Aniones Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos**

En la tabla 4-3 se muestra los valores para Aniones en el punto de monitoreo 1 estos se encuentran con niveles de concentración bajos o altos, los Fosfatos, presentan un valor de 1,75 mg/L.

**Tabla 5-3:** Concentración de aniones punto 1

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
1	marzo	25	0,9	130	1,4
1	abril	0,4	0	28	1
1	mayo	9	0,1	50	1,8
1	junio	3	0,1	9	0,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.2. Punto 2

- Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 6-3:** Concentración de cationes punto 2

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
2	marzo	0	3,9	11,36	5,5
2	abril	8,87	9,9	11,27	5,1
2	mayo	2,138	5,3	13,57	4,9
2	junio	6,744	8,4	15,67	5,7

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.



- pH

**Tabla 7-3:** pH punto 2

PUNTOS	FECHA	pH
2	marzo	6,28
2	abril	6,26
2	mayo	6,29
2	junio	6,33

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- CE

**Tabla 8-3:** Conductividad eléctrica punto 2

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
2	marzo	77,8
2	abril	96,4
2	mayo	79,5
2	junio	71,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- Oxígeno Disuelto

**Tabla 9-3:** Oxígeno disuelto punto 2

PUNTOS	FECHA	Nivel Freático (cm)	O <sub>2</sub> (mg/L)	Temperatura H <sub>2</sub> O (° C)
2	marzo	48	3,2	10,7
2	abril	59	3,2	12,1
2	mayo	89	4,3	10,1
2	junio	69	3,6	9,2

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- Aniones Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos

**Tabla 10-3:** Concentración aniones punto 2

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
2	marzo	4,4	0,02	30	0,94
2	abril	0,2	0,012	18	3,32
2	mayo	8,5	0,045	55	4,25
2	junio	2,8	0,004	9	1,08

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.3. Punto 3

- **Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 11-3:** Concentración de cationes punto 3

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
3	marzo	11,85	9,3	5,367	5,1
3	abril	14,07	8,3	4,9	4,1
3	mayo	10,99	9,5	5,717	4,4
3	junio	11,84	9,7	5,662	4,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **pH**

**Tabla 12-3:** pH punto 3

PUNTOS	FECHA	pH
3	marzo	6,23
3	abril	6,21
3	mayo	6,28
3	junio	6,42

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

**Tabla 13-3:** Conductividad eléctrica punto 3

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
3	marzo	170,7
3	abril	229
3	mayo	301
3	junio	301

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022

- **Aniones Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Fosfatos**

**Tabla 14-3:** Concentración aniones punto 3

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
3	marzo	4,4	0	22	0,8
3	abril	1,2	0	22	1,4
3	mayo	13	0	65	1
3	junio	3,6	0	10	0,4

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.4. Punto 4

- **Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 15-3:** Concentración cationes punto 4

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
4	marzo	0,398	1,1	1,489	2,2
4	abril	5,8	3,9	2,021	2,7
4	mayo	3,233	2,9	1,643	2,5
4	junio	3,366	2,9	1,609	2,4

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **pH**

**Tabla 16-3:** pH punto 4

PUNTOS	FECHA	pH
4	marzo	6,12
4	abril	6,28
4	mayo	6,06
4	junio	6,34

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

**Tabla 17-3:** Conductividad eléctrica punto 4

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
4	marzo	137
4	abril	128
4	mayo	104,8
4	junio	104,8

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **Aniones Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Fosfatos**

**Tabla 18-3:** Concentración aniones punto 4

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
4	marzo	19	0,1	100	2,1
4	abril	3,2	0	44	1,2
4	mayo	7	0,1	45	1
4	junio	2,7	0	9	0,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.5. Punto 5

- **Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 19-3:** Concentración cationes punto 5

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
5	marzo		0,7	4,923	1,2
5	abril	0,26	1,1	2,891	1,9
5	mayo		1,2	3,296	3,3
5	junio	0,712	2,3	3,379	2,4

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **pH**

**Tabla 20-3:** pH punto 5

PUNTOS	FECHA	pH
5	marzo	6,65
5	abril	6,85
5	mayo	6,91
5	junio	6,84

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

**Tabla 21-3:** Conductividad eléctrica punto 5

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
5	marzo	80,4
5	abril	99,5
5	mayo	104,1
5	junio	123,3

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **Aniones Fosfatos, Nitratos, Sulfatos y Fosfatos**

**Tabla 22-3:** Concentración punto 5

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
5	marzo	20	0,1	90	1,8
5	abril	1,6	0	44	4,5
5	mayo	3,8	0	82	0,5
5	junio	1,7	0	9	0,9

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.6. Punto 6

- **Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 23-3:** Concentración cationes punto 6

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
6	marzo	1,01	2,1	6,527	3,1
6	abril	0,597	1,8	6,15	3,4
6	mayo	0,755	1,9	4,557	3
6	junio	1,179	2,1	4,803	3,1

- **pH**

**Tabla 24-3:** pH punto 6

PUNTOS	FECHA	Ph
6	marzo	6,53
6	abril	6,53
6	mayo	6,45
6	junio	6,64

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

**Tabla 25-3:** Conductividad eléctrica punto 6

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
6	marzo	314
6	abril	288
6	mayo	291
6	junio	264

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **Aniones Nitratos, Nitritos, Sulfatos y Fosfatos**

**Tabla 26-3:** Concentración aniones punto 6

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
6	marzo	41	0,1	150	2,8
6	abril	6,4	0,1	54	1,5
6	mayo	10	0,1	55	1,7
6	junio	1,5	0	11	0,6

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

### 3.1.7. Punto 7

- **Cationes Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio**

**Tabla 27-3:** Concentración cationes punto 7

PUNTOS	FECHA	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
7	marzo	2,198	3	4,344	4,5
7	abril	2,06	2,7	4,479	3,5
7	mayo	1,561	2,2	4,112	3,5
7	junio	2,398	2,8	3,62	3,5

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **pH**

**Tabla 28-3:** pH punto 7

PUNTOS	FECHA	pH
7	marzo	7,14
7	abril	6,54
7	mayo	6,52
7	junio	6,65

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

- **CE**

**Tabla 29-3:** Conductividad eléctrica punto 7

PUNTOS	FECHA	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
7	marzo	117,9
7	abril	164
7	mayo	154,3
7	junio	72,2

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

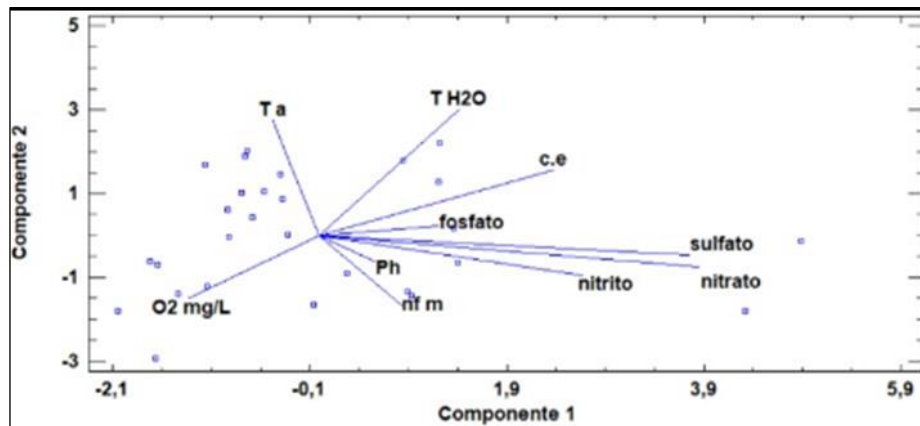
- **Aniones Fosfatos, Nitratos, Nitritos y Nitratos**

**Tabla 30-3:** Concentración aniones punto 7

PUNTOS	FECHA	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fosfato (mg/L)
7	marzo	18	0,1	120	1
7	abril	1	0	20	1,3
7	mayo	17	0,2	90	1,5
7	junio	1,9	0	10	0,9

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

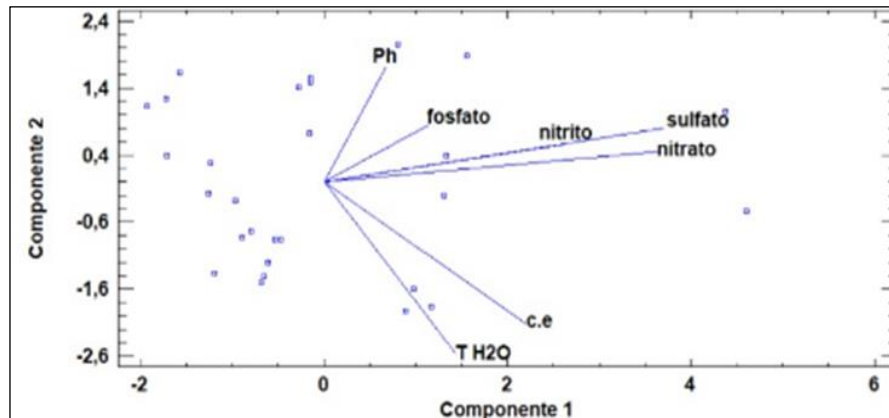
### 3.2. Componentes principales



**Figura 1-3:** Bigráfica de los componentes aniones

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la figura 1-3 se relaciona los componentes 1 y 2 donde se toma en cuenta todas las variables analizadas en el estudio excluyendo a los cationes esto nos servirá para discriminar una posterior No relación, no reducción o sinergia que se pueda tener con los componentes en función de la mejor sintonía con el pH.

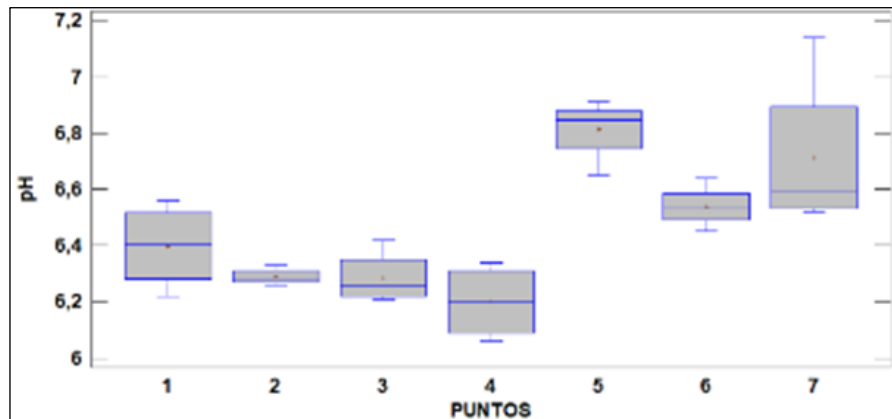


**Figura 2-3:** Componentes reducidos

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En la figura 2-3 se han reducido el componente los cuales no son requerido o no tienen significancia para la relación con el pH y los aniones. En este caso de las 7 combinaciones existen 3 componentes se han extraído los cuales en conjunto explican el 74,4578% de la variabilidad de los datos originales.

### 3.3. Variabilidad espacial de los componentes

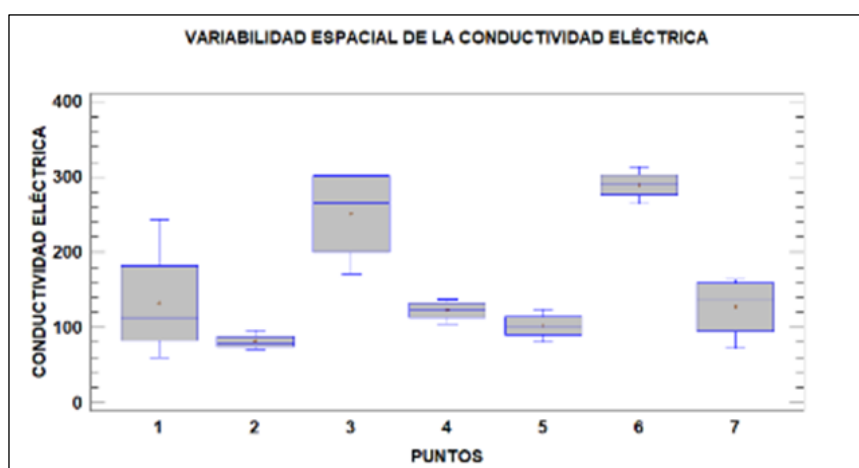


**Gráfico 1-3:** Variabilidad espacial del pH

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

El gráfico 1-3 correspondiente concede la visualización que el valor de la variabilidad espacial del pH en en los puntos de muestreo del estrato palustre Atillo corresponde donde se observa una ligera diferencia en la variabilidad del pH un agua ligeramente ácida donde el promedio genral del pH es de 6,46 ( $\pm 0,048$ ).

En contraste con los valores analizados de pH en suelo en las mismas zonas por investigaciones anteriores podemos corroborar que el pH es de 7,05 ( $\pm 0,01$ ) (Casco y Patiño, 2021a, p. 69) el cual es consistente con los valores obtenidos para el sitio palustre. Para el agua de uso de riego es admisible según el (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015b, p. 92) ya que los valores están en un rango de 6 a 9 de pH.

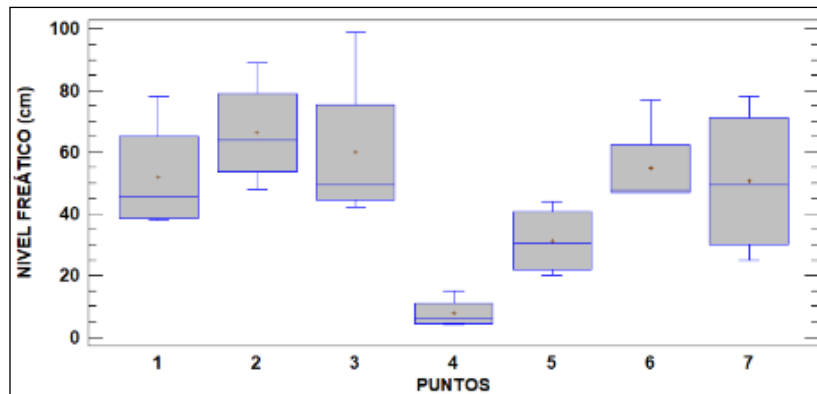


**Gráfico 2-3:** Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.



El gráfico 2-3 correspondiente concede la visualización de los valores reportados para la conductividad eléctrica se encuentra entre 81,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (5,35016) como valor mínimo para el punto 2 y 289,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (10,2256) como valor máximo, según (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015b, p. 92) hay 3 grados de restricción para agua de uso de riego: de 700 mhoms/cm como ninguno, Ligero a moderado 450 a 2000 mhoms/cm y severo  $> 2000$  mhoms/cm el cual el valor mínimo no se encuentra con ninguna restricción siendo de un valor de 0,813 mhoms/cm, el valor máximo de 0,289 mhoms/cm con ninguna restricción.



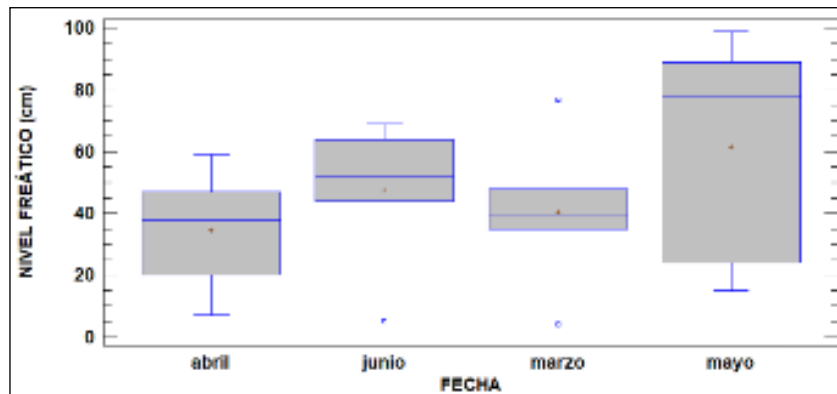
**Gráfico 3-3:** Variabilidad espacial del nivel freático (cm)

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

En el gráfico 3-3 correspondiente se concede la visualización de los valores reportados para la variabilidad espacial para el nivel freático se encuentran en valor mínimo en el punto 4 estando entre 4 a 15 cm de distancia medida desde el filo del tubo exterior hacia el interior, el valor máximo para el nivel freático es de 42 a 99 cm de distancia medida desde el filo del tubo exterior hacia el interior.

Estos valores corresponden a que en el punto 2 el nivel freático solo se reduce en pocos centímetros y la capacidad máxima de agua vuelve a su estado normal rápidamente en lo posterior al valor máximo reducido se refiere que al retirar el volumen de agua para regresar a su nivel freático natural tarda mucho tiempo por lo que el nivel freático es mucho más alto por consiguiente es más lenta su recarga de agua.

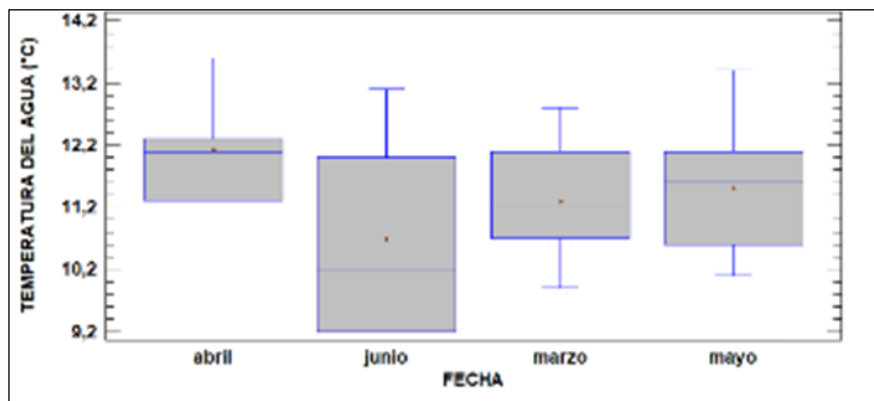
### 3.4. Variabilidad multitemporal de los componentes



**Gráfico 4-3:** Variabilidad temporal del nivel freático (cm)

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

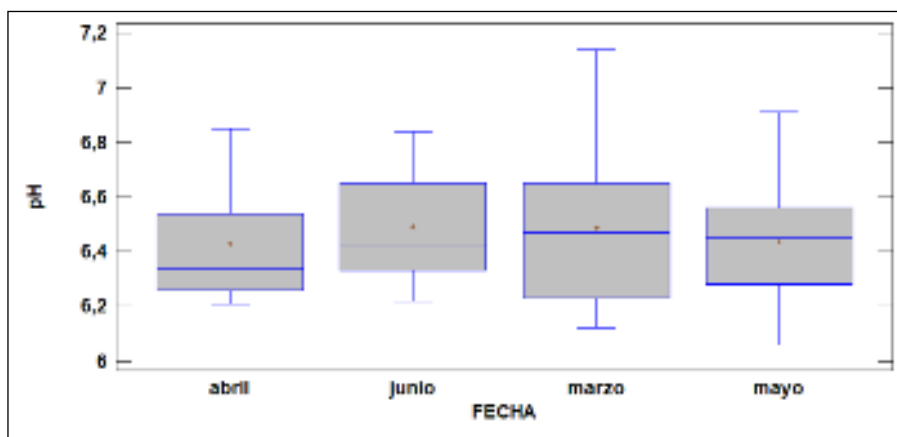
El gráfico 4-3 concede la visualización de los valores reportados para nivel freático para variabilidad multitemporal que corresponde a los meses de abril a junio los cuales para el mes de abril corresponde el menor valor promedio 34,71 cm de nivel freático a comparación del mes de mayo que le corresponde el mayor valor promedio 60,28 cm de nivel freático.



**Gráfico 5-3:** Variabilidad temporal de la temperatura del agua (cm)

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

El gráfico 5-3 concede la visualización de los valores reportados para la temperatura del agua para variabilidad multitemporal que corresponde al mes de junio corresponde al valor menor de 9,2 a 13,1 y al mes de abril corresponde el valor mayor de 11,3 a 13,6 estos valores deben ser contrastados en futuras investigaciones como lo menciona (Buytaert et al., 2022, p. 20) que los datos meteorológicos e hidrológicos de los sitios palustres son extremadamente escasos.



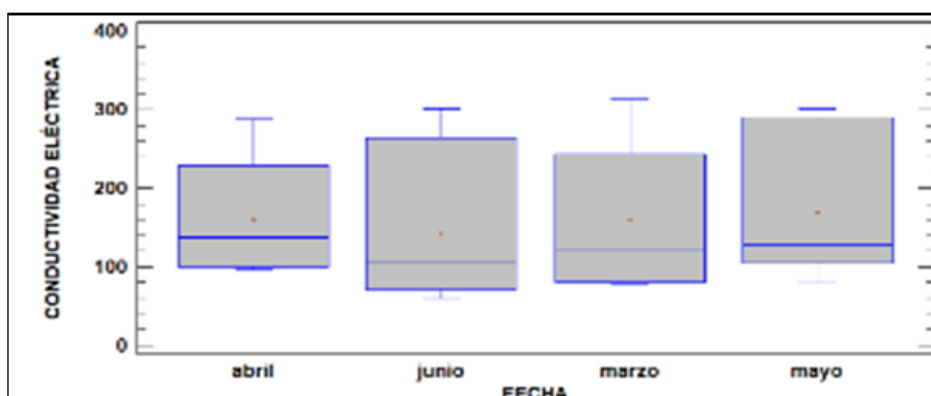
**Gráfico 6-3:** Variabilidad temporal del Ph

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

EL gráfico 6-3 concede la visualización que el valor de la variabilidad espacial del pH en en los puntos de muestreo del estrato palustre Atillo corresponde donde se observa una ligera diferencia en la variabilidad del pH un agua ligeramente ácida donde el mes mayo es de valor mínimo de pH es de 6,06 a 6,91 y el valor máximo de pH es el del mes de marzo 6,12 a 7,14.

En contraste con los valores analizados de pH en suelo en las mismas zonas por investigaciones anteriores podemos corroborar que el pH es de 7,05 ( $\pm 0,01$ ) (Casco y Patiño, 2021a, p. 69) el cual es consistente con los valores obtenidos para el sitio palustre.

Para el agua de uso de riego es admisible según el (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015b, p. 92) ya que los valores están en un rango de 6 a 9 de pH.



**Gráfico 7-3:** Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica

Realizado por: Sánchez Sinmaleza, Angel, 2022.

El gráfico 7-3 concede la visualización de los valores reportados para la conductividad eléctrica se encuentra entre 60,3 a 301  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como valor mínimo para el mes de junio y 77,8 a 314  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como valor máximo para el mes de marzo.

Según (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2015, p. 21), hay 3 grados de restricción para agua de uso de riego: de 700 mhoms/cm como ninguno, Ligeramente a moderado 450 a 2000 mhoms/cm y severo > 2000 mhoms/cm el cual el valor mínimo y el valor máximo no se encuentran con ninguna restricción.

## CONCLUSIONES

- Se evaluó la incidencia del pH en el intercambio aniónico ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) teniendo una mayor correlación siendo que sus concentraciones pueden variar en función del rango de pH lo que también puede posibilitar o dificultar absorción de nutrientes en las plantas. En el caso catiónico ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  Y  $\text{Ca}^{+2}$ ) la correlación del pH es débil lo que la variación del rango del pH tiene poca influencia.
- Se Determinó el Nivel freático promedio 46,0357 cm ( $\pm 4,690$ ). El pH es de 6,46 ( $\pm 0,048$ ), el mes mayo de valor mínimo de pH es de 6,06 a 6,91 y el valor máximo de pH es el del mes de marzo 6,12 a 7,14. La Conductividad eléctrica en promedio es 157,843  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $\pm 15,8305$ ). El Sulfato, la concentración promedio es 49,321 ( $\pm 7,648$ ). El Nitrito, la concentración promedio es 0,073 ( $\pm 0,031$ ). El Nitrato, la concentración promedio es 8,260 ( $\pm 1,780$ ). El Fosfato, la concentración promedio es 1,473 ( $\pm 0,201$ ). El Sodio, la concentración promedio es 14,837 ( $\pm 1,097$ ). El Potasio, la concentración promedio es 11,312 ( $\pm 0,815$ ). El Calcio, la concentración promedio es 15,570 ( $\pm 3,242$ ). El Magnesio la concentración promedio es 13,363 ( $\pm 1,970$ ).
- Se describió la variabilidad espacial para los diferentes componentes lo cuales muestran en los puntos de muestreo para el P4, P5 y P6 tiene menor variabilidad, para el punto P1, P2, P3 y P7 el diagrama tiene mayor variabilidad para el nivel freático. Para el pH los puntos de muestreo nos dicen que para el punto P2, P3, P5 y P6 tiene menor variabilidad, para el punto P1, P4, y P7 mayor variabilidad. Para la Conductividad eléctrica el punto P2, P4, P5 y P6 tiene menor, para el punto P1, P3 y P7 tiene mayor variabilidad.
- Se describió la variabilidad temporal para los diferentes componentes los cuales muestran para el mes marzo tiene menor variabilidad, para el mes mayo el diagrama tiene mayor variabilidad en el nivel freático. Para el pH el mes mayo y abril tiene menor variabilidad, para el mes marzo y junio el diagrama tiene mayor variabilidad. Para la Conductividad eléctrica para el mes abril tiene menor variabilidad, para el mes marzo, mayo y junio el diagrama tiene mayor variabilidad.
- Se evaluó la correlación del pH con los aniones y cationes lo cual nos indica que la influencia del pH está asociada a la concentración de los iones en el agua. La mayor correlación existe con los aniones. Las concentraciones han sido disueltas del suelo y que se incorporarán a la escorrentía por el proceso del ciclo del agua.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar estudios posteriores para esclarecer los datos obtenidos y contrastar la información.
- Se recomienda realizar un trabajo mancomunado entre las instituciones educativas superiores y el GAD parroquial Cebadas con la finalidad de actualizar la información ya que existen escasas referencias con relación a la investigación.
- Se recomienda fomentar la investigación de los sistemas palustres en el Ecuador.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABBAR, Bouamama. et al.** "Experimental investigation on removal of heavy metals (Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, and Zn<sup>2+</sup>) from aqueous solution by flax fibres". *Process Safety and Environmental Protection*, 2017, vol. 109, no November 2019, pp. 639-647., DOI 10.1016/j.psep.2017.05.012.

**ANTUNES, P. & RODRIGUES, F.C.** "Hydrogeochemistry assessment of volcanic lakes in the Flores Island Protected Areas (Azores, Portugal)". *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 2014, vol. 14, no 2, pp. 321-334., DOI 10.5894/rgci494.

**ARELLANO, Patricio Díaz. et al.** "Hídric resource pressure in high mountain lake environments: Between climate change and energy development. laguna del laja, Chile". *Dialogo Andino*, 2018, vol. 55, no 55, pp. 143-158., DOI 10.4067/S0719-26812018000100143.

**B. RODGER, D. Andrew, W. Eugene.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association". *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association*, 2017, vol. 23rd, pp. 1546-1546., DOI 10.2105/SMWW.2882.043.

**BABANGIDA, Nuraddeen Muhammad. et al.** "Prédiction de la réponse de la pression de l'eau interstitielle à la pluie en utilisant la régression à vecteurs de support". *Hydrogeology Journal*, 2016, vol. 24, no 7, pp. 1821-1833., DOI 10.1007/s10040-016-1429-4.

**BAQUERO, Francis. et al.** "La vegetación de Los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de ve- getación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras". *EcoCiencia/CESLA/EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC-JATUN SACHA/División Geográfica-IGM*, 2004a, pp. 1-28., ISSN 9978439994.

**BAQUERO, Francis. et al.** "La vegetación de Los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de ve- getación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras". *EcoCiencia/CESLA/EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC-JATUN SACHA/División Geográfica-IGM*, 2004b, pp. 1-28.,

**BUYTAERT, W. et al.** "HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD". , 2022,

**CARGUA, Franklin E. et al.** "Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador". *Informacion Tecnologica*, 2014, vol. 25, no 3, pp. 83-92., DOI 10.4067/S0718-07642014000300011.

**CASCO, Gilson. & PATIÑO, Luis.,** EVALUACIÓN VERTICAL DE LOS CATIONES: K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e H<sup>+</sup> EN SUELOS ALTOANDINOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO,.

**CASTELLÓN, Juan José. et al.** "Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala". *Ingeniería*, 2015, vol. 19, no 1, pp. 39-50.,

**CASTILLO, Freddy Aníbal Jumbo.** "Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA". *Enfoque UTE*, 2015, vol. 6, pp. 81-97.,

**CEDIA, 2021.** *RED DE REPOSITORIO DE ACCESO ABIERTO DEL ECUADOR (RRAAE)* [en línea]. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://rraae.cedia.edu.ec/>.

**COLLISON, R.S. & GRISMER, M.E.** "Nitrogen and COD Removal from Septic Tank Wastewater in Subsurface Flow Constructed Wetlands: Plants Effects". *Water Environment Research*, 2013, vol. 87, no 11, pp. 1999-2007., DOI 10.2175/106143013x13807328848090.

**DELGADO YÁNEZ, Mónica Susana. et al.** "Valoración económica del servicio limnológico de la laguna Magdalena-Atillo, Riobamba-Ecuador". *Enfoque UTE*, 2019, vol. 10, no 2, pp. 1-16., DOI 10.29019/enfoque.v10n2.332.

**DOMÈNECH, Xavier. & PERAL, Jose.,** Química ambiental de sistemas terrestres [en línea]. S.l.: Editorial Reverté, S. A.,. 2018. ISBN 978-84-291-9318-3. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=HLHfDwAAQBAJ&pg=PA68&dq=QUÉ+ES+LA+CAPACIDAD+DE+INTERCAMBIO+CATIÓNICO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwkyOWq3s7yAhU6TjABHdoHAXMQ6AEwAHoECAyQAg#v=onepage&q=QUÉ ES LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO&f=false>.

**DUBEY, Divya. & DUTTA, Venkatesh.** "Nutrient enrichment in lake ecosystem and its effects on algae and macrophytes". *Environmental Concerns and Sustainable Development: Volume 2: Biodiversity, Soil and Waste Management*, 2019, pp. 81-126., ISSN 9789811363580. DOI 10.1007/978-981-13-6358-0\_5.



**EARLE, Steven.**, Physical Geology- 2nd Edition [en línea]. 2nd Editio. S.l.: s.n. 2019. ISBN 978-0-387-35416-3. Disponible en: <http://www.springer.com/978-0-387-35416-3>.

**EVERS, Jeannie.**, 2012. *wetland* [en línea]. septiembre 2012. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/wetland/>.

**GIL, E.** "Modelación Hidrológica de los Páramos Andinos con TOPMODEL : páramo de Chingaza , Colombia". , 2012, pp. 142-142.,

**LLAMBÍ, L. et al.**, Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos [en línea]. S.l.: s.n. 2012. ISBN 978-9942-11-549-2. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>.

**MADEREY RASCÓN, Laura Elena. & JIMÉNEZ ROMÁN, Arturo.** "Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a la Ciudad de México". *Investigaciones Geográficas* [en línea], 2001, vol. 1, no 45, DOI 10.14350/ig.59143. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112001000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000200003).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE** "ACUERDO MINISTERIAL No. 028". , 2015a, pp. 220-220.,

**PARTHASARATHY, Prakash. & NARAYANAN, Sheeba K.** "Effect of Hydrothermal Carbonization Reaction Parameters on". *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2014, vol. 33, no 3, pp. 676-680., ISSN 0013-936X. DOI 10.1002/ep.

**PDYOT CEBADAS.**, PDyOT Cebadas. S.l.: s.n. 2015.

**SENAGUA** "Estrategia Nacional de Calidad del Agua". *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 2016, pp. 97-97.,

**SHANGGUAN, Yini. et al.** "Nutrients and phytoplankton in semienclosed lagoon systems in Florida Bay and their responses to changes in flow from Everglades restoration". *Limnology and Oceanography*, 2017, vol. 62, pp. S327-S347., ISSN 19395590. DOI 10.1002/lno.10599.

**TAVAKKOLI, E. et al.** "The effect of cation-anion interactions on soil pH and solubility of organic carbon". *European Journal of Soil Science*, 2015, vol. 66, no 6, pp. 1054-1062., DOI 10.1111/ejss.12294.

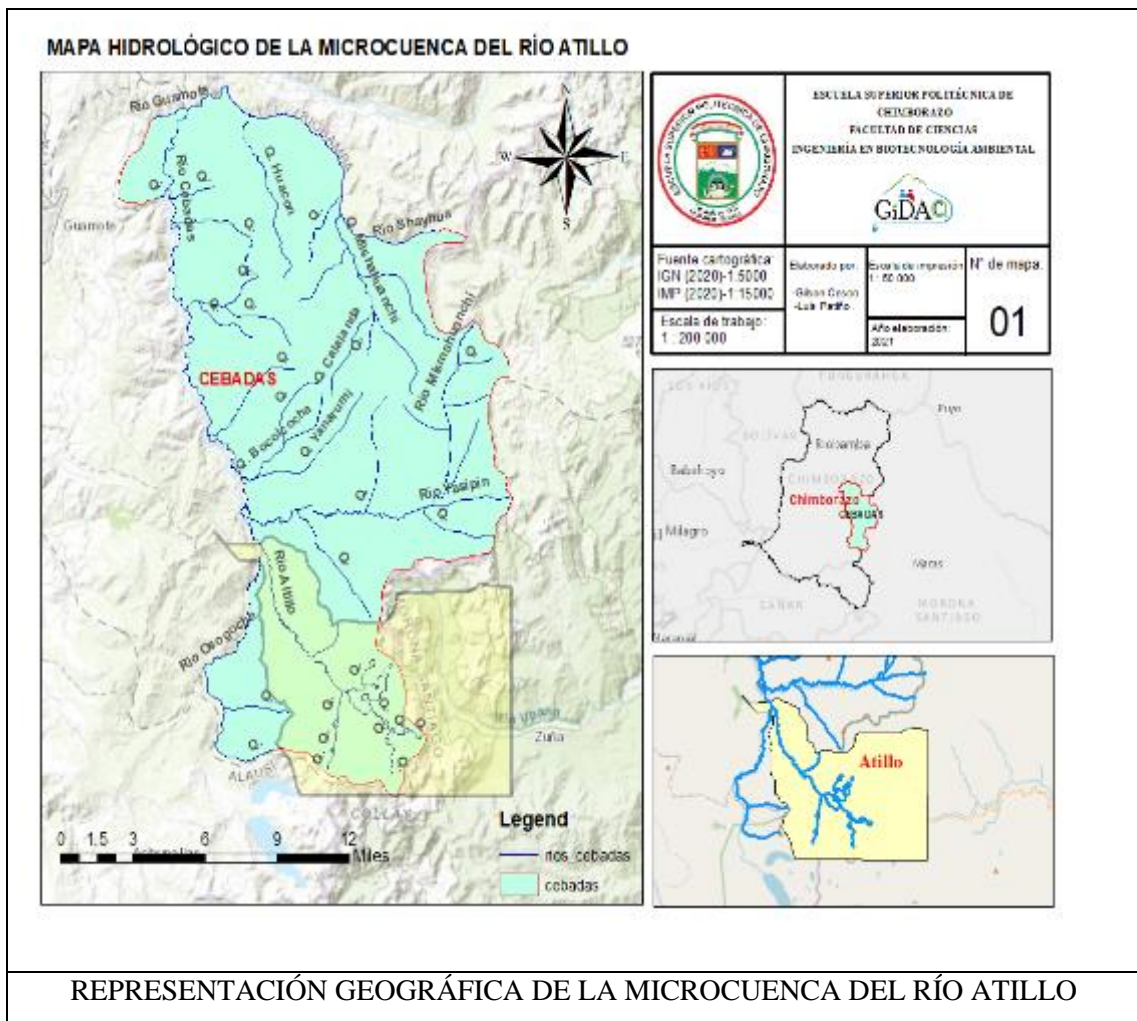
**YI, Shuang. et al.** "Journal of Geophysical Research : Solid Earth". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2016, pp. 3782-3803., DOI 10.1002/2015JB012608.Received.

 D.B.R.A.I.  
  
Mg. Cristian Castañón



# ANEXOS

## ANEXO A: MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATILLO



**ANEXO B: ADECUACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO**



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

## ANEXO C: FILTRACIÓN DE MUESTRAS



FILTRACIÓN PARA ANÁLISIS DE CATIONES Y ANIONES

## ANEXO D: ANÁLISIS DE AGUA



ANÁLISIS DE ANIONES Y CATIONES

# ANEXO E: ANÁLISIS DE ANIONES



## COMPUESTOS QUÍMICOS PARA ANÁLISIS DE ANIONES

## ANEXO F: INDUCCIÓN AL USO DE LABORATORIO



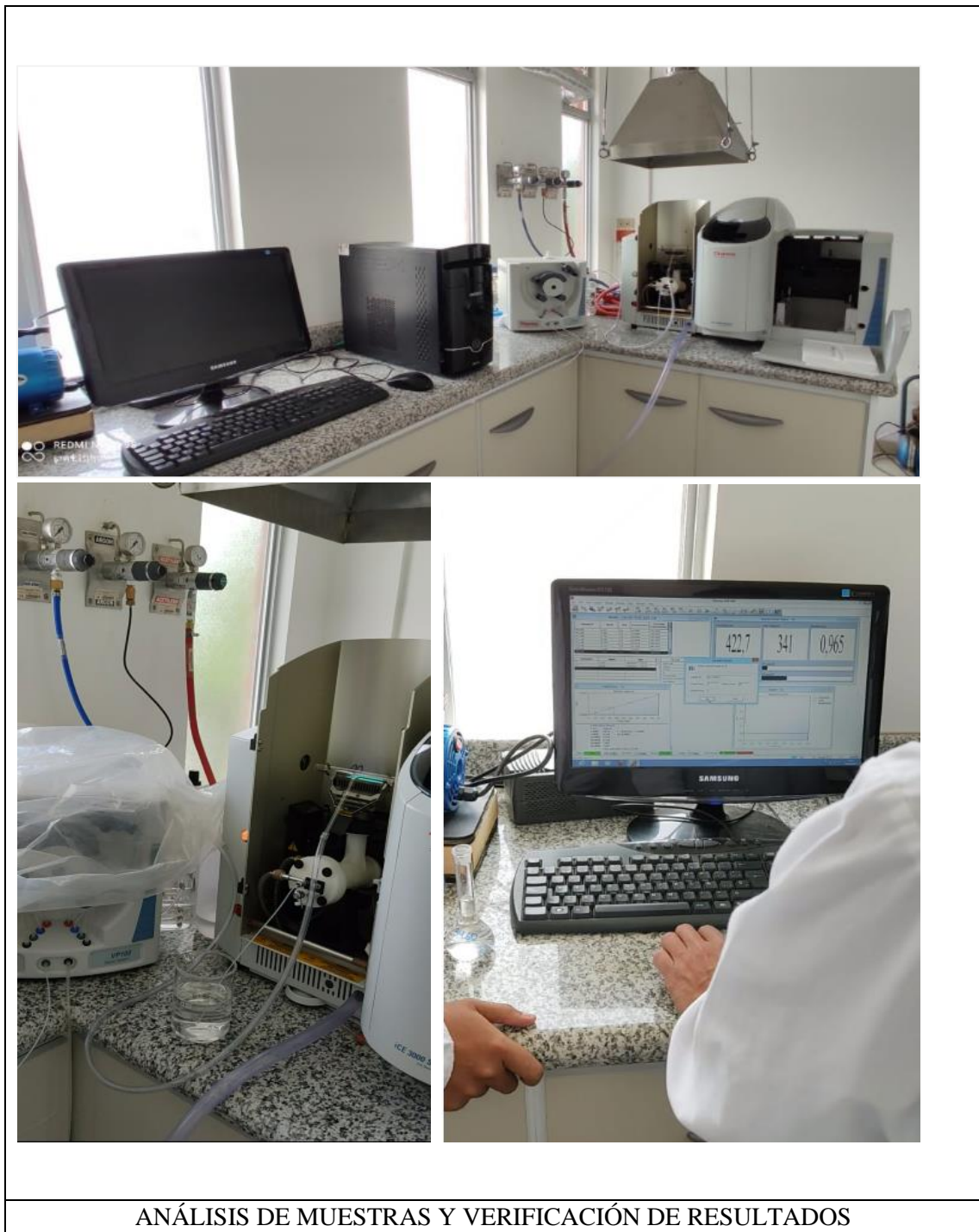
## ANEXO G: FOTÓMETRO



ANÁLISIS DE ANIONES MEDIANTE FOTÓMETRO

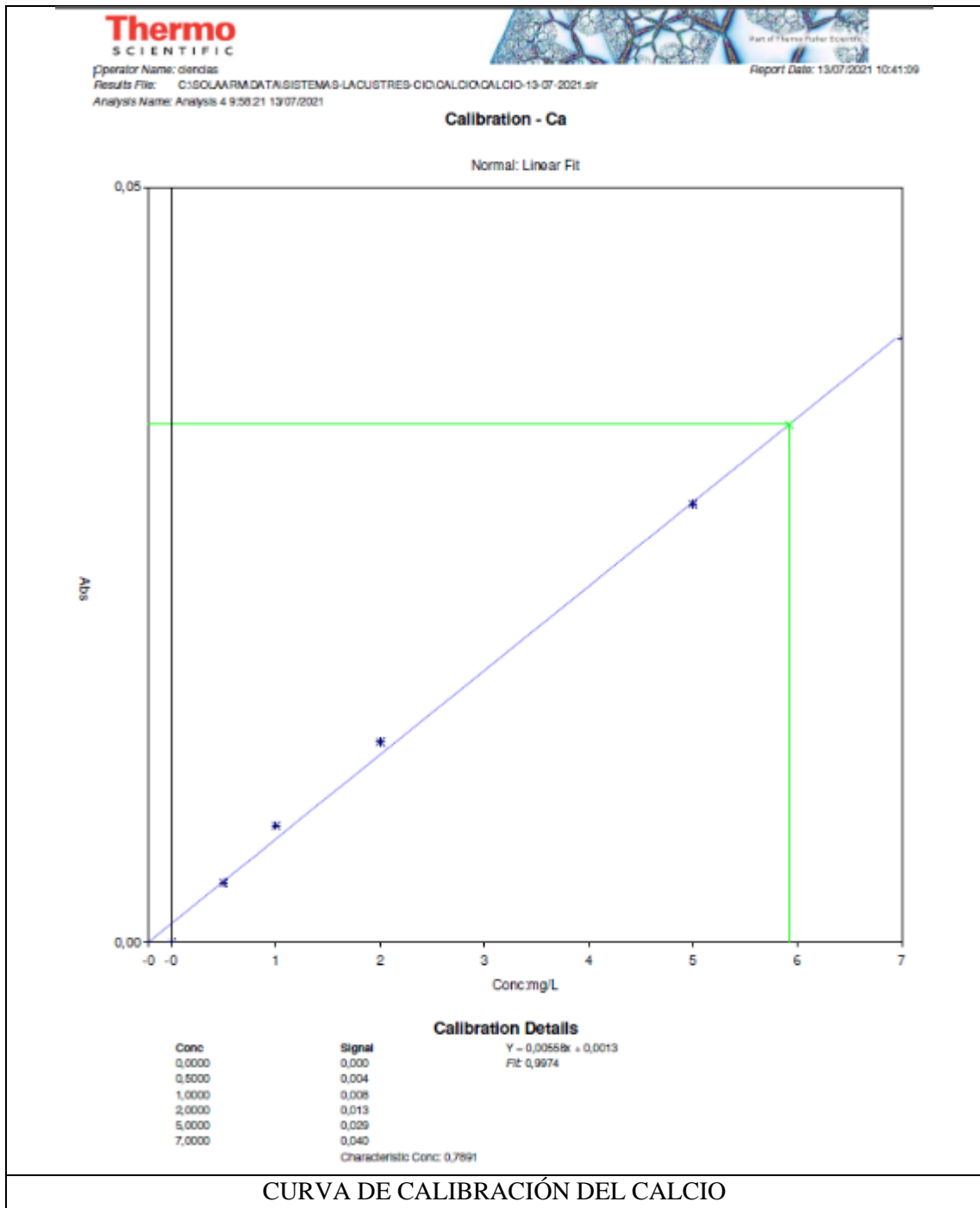


## ANEXO H: ESPECTROFOTÓMETRO DE LLAMA



ANÁLISIS DE MUESTRAS Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

# ANEXO I: CURVA DE CALIBRACIÓN





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

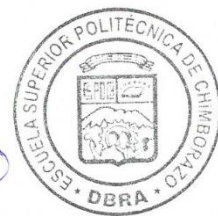
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Angel Roberto Sánchez Sinmaleza
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería en Biotecnología Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero en Biotecnología Ambiental
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

D.B.R.A.I.  
Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



2315-DBRA-UTP-2022