



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA INTERSTICIAL DE
LA ZONA DEL HUMEDAL DE LOS CUBILLINES, CANTÓN
CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AMBIENTAL

AUTORAS: ALISSON DANIELA NÚÑEZ RIVADENEIRA

CHRISTOPHER NICOLÁS SÁNCHEZ HERRERA

DIRECTOR: Ing. ÁNDRES AGUSTÍN BELTRÁN DÁBALOS PHD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Alisson Daniela Núñez Rivadeneira & Christopher Nicolás Sánchez Herrera

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.

Nosotros, Alisson Daniela Núñez Rivadeneira y Christopher Nicolás Sánchez Herrera, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 20 de diciembre del 2022



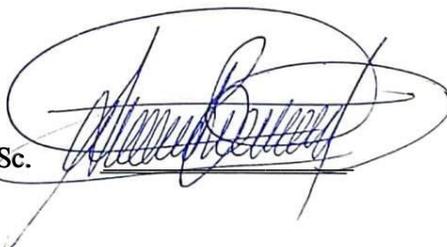
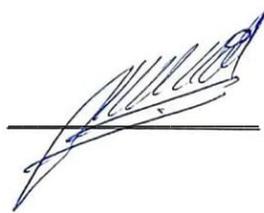
Alisson Daniela Núñez Rivadeneira
172099097-5



Christopher Nicolás Sánchez Herrera
185043584-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA INTERSTICIAL DE LA ZONA DEL HUMEDAL DE LOS CUBILLINES, CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita **ALISSON DANIELA NÚÑEZ RIVADENEIRA** y el señor **CHRISTOPHER NICOLÁS SÁNCHEZ HERRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Alexandra Procel Silva PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-20
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-20
Dr. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-20

DEDICATORIA

Principalmente dedico este trabajo a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante brindándome sabiduría, fortaleza y paciencia para continuar cada día por mis propósitos. Con todo mi corazón quiero dedicar este trabajo a mi familia, a mi padre Geovanny Núñez ya que sin su apoyo incondicional en todas las etapas de la universidad no lo hubiera logrado, de la misma manera a mi madre Janet Rivadeneira por brindarme su fe, paciencia y motivación, así mismo a Nicole Núñez mi hermana, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Son mi fuente de inspiración y fortaleza para cumplir todos los sueños que me propongo.

Dani

Dedico este trabajo a Dios que ha estado conmigo a lo largo de mis años de estudio, a mi padre Miguel Sánchez quién me guía en cada paso en mi vida, a mi madre Rosario Herrera quién ha estado en cada momento apoyándome, a mis hermanos: Ricardo, Tatiana, Abel y mi sobrina Sofía, los cuales me han brindado su fuerza en estos años, a mi novia y mejor amiga Kattya que es el motivo de mi felicidad ya que ha sido un apoyo incondicional en cada paso de mi vida universitaria, me ha inspirado con su amor a ser mejor persona y un mejor profesional, siempre estando en los momentos más felices y difíciles de mi vida y finalmente, a mis mascotas que cada noche estuvieron en desvelo junto a mí: Precioso+, Loba+, Aly+, Bela, Mona, Mushi, German y Bendi.

Nicolás

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darnos la oportunidad de brindarnos todos los conocimientos necesarios para obtener una profesión con el objetivo de ayudar al desarrollo de la sociedad. Por su gran cooperación en este proyecto agradecemos también al Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por concedernos la participación en sus proyectos relacionados con nuestra carrera. Al Ing. Andrés Beltrán, director de tesis y profesor quién nos ha guiado y compartido sus conocimientos. Al Ing. Franklin Cargua quien nos colaboró con técnicas y valiosos consejos. Al Bqf. Benjamín Román por toda la ayuda prestada a lo largo de nuestra investigación y a todos los técnicos de los diferentes laboratorios donde realizamos los análisis. También agradecemos a todos los compañeros, amigos y familiares que nos dieron una mano en los procesos de la presente investigación.

Alisson & Nicolás

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Referencias teóricas.....	5
2.2.1. <i>Ecosistema</i>	5
2.2.2. <i>Agua</i>	5
2.2.3. <i>Agua superficial</i>	5
2.2.4. <i>Agua intersticial</i>	5
2.2.5. <i>Calidad del agua</i>	5
2.2.6. <i>Páramo</i>	6
2.2.7. <i>Flora</i>	6
2.2.8. <i>Fauna</i>	6
2.2.9. <i>Humedal</i>	7
2.2.10. <i>Calidad del suelo</i>	7
2.2.11. <i>Ciclo hidrológico</i>	7
2.2.12. <i>Regulación hídrica</i>	8
2.2.13. <i>Coefficiente de correlación</i>	8

2.3.	Bases conceptuales	9
2.3.1.	Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua	9
2.3.1.1.	<i>Cationes</i>	9
2.3.1.2.	<i>Temperatura</i>	10
2.3.1.3.	<i>pH</i>	10
2.3.1.4.	<i>Conductividad eléctrica</i>	11
2.3.1.5.	<i>Potencial redox</i>	11
2.3.1.6.	<i>Coliformes fecales</i>	11
2.3.1.7.	<i>Oxígeno disuelto</i>	11
2.3.1.8.	<i>Sólidos suspendidos totales</i>	12
2.3.1.9.	<i>Aniones</i>	12
2.3.1.10.	<i>Balace iónico</i>	13
2.3.2.	Factores que condicionan la calidad de agua	13
2.3.2.1.	<i>Aguas residuales no tratadas</i>	13
2.3.2.2.	<i>Erosión</i>	13
2.3.2.3.	<i>Sedimentación</i>	13
2.3.2.4.	<i>Microorganismos</i>	14
2.3.2.5.	<i>Salinidad</i>	14
2.3.2.6.	<i>Contaminación de azufre</i>	14
2.3.2.7.	<i>Eutrofización</i>	14
2.3.2.8.	<i>Dureza</i>	15
2.3.3.	Funciones y valores de los humedales	15
2.3.3.1.	<i>Físicas</i>	15
2.3.3.2.	<i>Químicas</i>	15
2.3.3.3.	<i>Bio-ecológicas</i>	16
2.3.3.4.	<i>Sociales</i>	16
2.3.3.5.	<i>Servicios ecosistémicos</i>	16
2.3.4.	Propiedades del suelo	17
2.3.4.1.	<i>Textura de suelo</i>	17
2.3.4.2.	<i>Densidad aparente</i>	17
2.3.4.3.	<i>Densidad real</i>	17
2.3.4.4.	<i>Porosidad</i>	18
2.3.4.5.	<i>Color</i>	18
2.3.5.	Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas	18
2.3.6.	Estado de conservación de los páramos	19
2.4.	Base legal	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1.	Localización del área de estudio	23
3.1.1.	<i>Climatología</i>	23
3.1.2.	<i>Selección de los puntos de monitoreo</i>	24
3.1.3.	<i>Criterios de selección</i>	24
3.1.4.	<i>Descripción de los puntos de muestreo</i>	25
3.1.4.1.	<i>Puntos de muestreo en zona conservada</i>	25
3.1.4.2.	<i>Puntos de muestreo en zona intervenida</i>	27
3.1.5.	<i>Método de muestreo</i>	28
3.2.	Técnicas de recolección de datos	29
3.2.1.	<i>Etapa de campo</i>	29
3.2.2.	<i>Etapa de laboratorio</i>	30
3.2.2.1.	<i>Análisis de muestras de agua en laboratorio</i>	30
3.2.2.2.	<i>Análisis de muestras de suelo</i>	35
3.2.3.	<i>Relación de adsorción de sodio (RAS)</i>	40
3.2.4.	<i>Diagrama de Richards</i>	40
3.3.	Evaluación de la conservación del humedal	42
3.3.1.	<i>Análisis estadístico</i>	43
3.3.1.1.	<i>Análisis de varianza</i>	43

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	44
4.1.	Análisis de muestras de agua	44
4.1.1.	<i>Cationes</i>	44
4.1.1.1.	<i>Sodio</i>	45
4.1.1.2.	<i>Magnesio</i>	46
4.1.1.3.	<i>Calcio</i>	46
4.1.1.4.	<i>Potasio</i>	47
4.1.2.	<i>Conductibilidad eléctrica y sólidos suspendidos totales</i>	48
4.1.2.1.	<i>Conductividad eléctrica</i>	49
4.1.2.2.	<i>Sólidos suspendidos totales</i>	50
4.1.3.	<i>Potencial redox y coliformes fecales</i>	51
4.1.3.1.	<i>Potencial redox</i>	52
4.1.3.2.	<i>Coliformes fecales</i>	52

4.1.4.	<i>Aniones</i>	53
4.1.4.1.	<i>Nitratos</i>	55
4.1.4.2.	<i>Nitritos</i>	56
4.1.4.3.	<i>Fosfatos</i>	57
4.1.4.4.	<i>Bicarbonatos</i>	58
4.1.5.	<i>pH</i>	59
4.1.6.	<i>Oxígeno disuelto</i>	61
4.1.7.	<i>Nivel freático</i>	62
4.1.8.	<i>Temperatura</i>	63
4.2.	Análisis de muestras de suelos	64
4.2.1.	<i>Correlación de Pearson</i>	65
4.3.	Resultados de análisis de agua para aptitud de riego	69
4.4.	Balance iónico	71

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	73
5.2.	Recomendaciones	74

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Cobertura vegetal de la zona de estudio, cantón Chambo, Chimborazo	6
Tabla 2-2: Especies de animales que habitan en la zona de estudio	7
Tabla 2-3: Rangos de correlación de Pearson	9
Tabla 2-4: Servicios ecosistémicos	16
Tabla 2-5: Normativa legal aplicable en el Ecuador	20
Tabla 3-1: Métodos utilizados en determinación de propiedades fisicoquímicas del humedal los Cubillines	29
Tabla 3-2: Métodos utilizados en determinación de cationes y aniones del humedal los Cubillines	30
Tabla 3-3: Métodos utilizados en la determinación fisicoquímico de suelo del humedal de los Cubillines	30
Tabla 3-4: Parámetros fisicoquímicos de suelo del humedal de los Cubillines	31
Tabla 3-5: Error aceptable del BI con base en CE	42
Tabla 3-6: Escala de estado de conservación.....	43
Tabla 4-1: Análisis descriptivo de sodio, magnesio, calcio y potasio de los Cubillines.....	44
Tabla 4-2: Análisis de nivel de significancia de sodio, magnesio, calcio y potasio de los Cubillines.....	48
Tabla 4-3: Análisis descriptivo de solidos suspendidos totales y conductividad eléctrica de los Cubillines.....	48
Tabla 4-4: Análisis de nivel de significancia de solidos suspendidos totales y conductividad eléctrica de los Cubillines.....	50
Tabla 4-5: Análisis descriptivo de potencial redox y coliformes fecales de los Cubillines	51
Tabla 4-6: Análisis de nivel de significancia de potencial redox y coliformes fecales de los Cubillines.....	53
Tabla 4-7: Análisis descriptivo de aniones de los Cubillines	54
Tabla 4-8: Análisis de nivel de significancia de nitratos, nitritos, fosfatos y bicarbonatos de los Cubillines	59
Tabla 4-9: Análisis de nivel de significancia de pH de los Cubillines.....	59
Tabla 4-10: Análisis de nivel de significancia de pH de los Cubillines.....	60
Tabla 4-11: Análisis descriptivo de oxígeno disuelto y nivel de nivel freático	61
Tabla 4-12: Análisis de nivel de significancia de oxígeno disuelto, nivel freático y temperatura en agua	63
Tabla 4-13: Análisis de propiedades fisicoquímicas de suelo del humedal los Cubillines.....	64

Tabla 4-14: Análisis de correlación de propiedades fisicoquímicas de suelo y agua del humedal los Cubillines.....	66
Tabla 4-15: Resultados de cálculo de RAS.....	69
Tabla 4-16: Resultados de balance iónico del humedal los Cubillines de la zona no intervenida.	71
Tabla 4-17: Resultados de balance iónico del humedal los Cubillines de la zona intervenida. .	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas de la zona del humedal de los Cubillines, cantón Chambo, provincia de Chimborazo.	18
Ilustración 2-2: Pirámide de Kelsen	20
Ilustración 3-1: Ubicación del área de estudio del humedal de los Cubillines.....	23
Ilustración 3-2: Ubicación de los puntos de monitoreo.....	24
Ilustración 3-3: Punto de muestreo en zona conservada sin intervención del humedal de los Cubillines, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo	25
Ilustración 3-4: Punto de muestreo colindante a residuos fecales de animales en zona intervenida del humedal de los Cubillines, cantón Chambo, provincia de Chimborazo ...	27
Ilustración 3-5: Espectrofotómetro Hanna para determinación de aniones.....	31
Ilustración 3-6: Fotómetro de llama para determinación de cationes.....	32
Ilustración 3-7: Equipo de filtración por membrana para coliformes	33
Ilustración 3-8: Equipo de refracción para determinación de SST.....	34
Ilustración 3-9: Titulación para determinación de carbonatos y bicarbonatos	35
Ilustración 3-10: Medición de pH de muestras de suelos.....	36
Ilustración 3-11: Clasificación de la textura de suelo	39
Ilustración 3-12: Diagrama de Richards.....	41
Ilustración 4-1: Concentraciones promedios por puntos	45
Ilustración 4-2: Concentraciones de magnesio por puntos.....	46
Ilustración 4-3: Concentraciones de calcio por puntos de muestreo	46
Ilustración 4-4: Concentraciones de potasio por puntos de muestreo	47
Ilustración 4-5: Conductividad eléctrica del humedal los Cubillines.....	49
Ilustración 4-6: Sólidos suspendidos totales del humedal los Cubillines.....	50
Ilustración 4-7: Concentraciones de potencial rédox por puntos de muestreo	52
Ilustración 4-8: Concentraciones de coliformes fecales por puntos de muestreo	52
Ilustración 4-9: Concentraciones de nitratos por puntos de muestreo.....	55
Ilustración 4-10: Concentraciones de nitritos por puntos de muestreo	56
Ilustración 4-11: Concentraciones de fosfatos por puntos de muestreo	57
Ilustración 4-12: Concentraciones de bicarbonatos por puntos de muestreo	58
Ilustración 4-13: Concentraciones de pH por puntos de muestreo.....	60
Ilustración 4-14: Concentraciones de oxígeno disuelto por puntos de muestreo	61
Ilustración 4-15: Longitud del nivel freático por puntos de muestreo	62
Ilustración 4-16: Longitud del nivel freático por puntos de muestreo	63
Ilustración 4-17: Diagrama de Richards según el RAS.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** COLOCACIÓN DE TUBOS PARA RECOLECCIÓN DE AGUA INTERSTICIAL
- ANEXO B:** MONITOREO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS INSITU
- ANEXO C:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA EN EL LABORATORIO
- ANEXO E:** ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO

RESUMEN

En la actualidad, los humedales andinos son ecosistemas amenazados por la alteración a los procesos naturales como consecuencia del uso del agua y suelos aledaños, debido a la intervención de actividades para consumo humano, agricultura, pastoreo, etc. Por lo que, el presente proyecto de investigación comprende la evaluación de la calidad de agua intersticial de humedal de los Cubillines, ubicado en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. Para ello se realizó cuatro monitoreos en diferentes meses, en siete puntos a lo largo del humedal, donde se obtuvo información de las características hídricas y edáficas. Para la recolección de las muestras de agua intersticial se utilizó el método de piezométricos en el terreno y para las muestras edáficas se recolectó suelo a 30 cm y a 60 cm de profundidad con el método del cilindro. Se tomaron datos in situ para determinar parámetros físicos del agua y los parámetros químicos se analizaron en el laboratorio de la institución, al igual que las muestras de suelo. A partir del análisis de los resultados mediante la correlación de Pearson, Anova, RAS y de revisión bibliográfica se encontró que la mayor parte de los puntos tienen un incremento en las concentraciones de iones, provocando un desequilibrio químico en el estado de conservación del ecosistema, mostrando un elevado porcentaje de balance iónico que expresa la presencia de otros elementos contaminantes en la zona del humedal de los Cubillines. En este contexto se evidenció mayores concentraciones en la zona intervenida debido al efecto que producen las actividades antropogénicas, principalmente por la presencia de animales herbívoros de pastoreo. Por ello, la valoración cuantitativa del estado de conservación señala que en la zona intervenida tiene un nivel bajo de conservación y que la zona no intervenida tiene un nivel moderado.

Palabras clave: <HUMEDAL>, <CALIDAD DE AGUA>, <AGUA DE PORO>, <AGUA INTERSTICIAL>, <CONSERVACIÓN>.

0687-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

At present, the Andean wetlands are ecosystems threatened by the alteration to natural processes due to the use of water and surrounding soils due to the intervention of activities for human consumption, agriculture, grazing, etc. This study aimed to evaluate the interstitial water quality of the Cubillines wetland, located in the Chambo canton, Chimborazo province. For this purpose, four monitoring sessions were carried out in different months at seven points throughout the wetland, where information on the water and soil characteristics was obtained. For interstitial water samples, the piezometric method was used in the field; for the edaphic samples, the soil was collected at 30 cm and 60 cm depth with the cylinder method. In situ data were taken to determine the physical parameters of the water, and chemical parameters were analyzed in the institution's laboratory and soil samples. From the analysis of the results through the correlation of Pearson, Anova, RAS and bibliographic review, it was found that most of the points have an increase in the concentrations of ions, causing a chemical imbalance in the state of conservation of the ecosystem, showing a high percentage of the ionic balance that expresses the presence of other polluting elements in the Cubillines wetland area. Higher concentrations were evidenced in the intervened area due to the effect produced by anthropogenic activities, mainly due to the presence of herbivorous grazing animals. For this reason, the quantitative assessment of the state of conservation indicates that the intervened area has a low level of conservation and that the non-intervened area has a moderate level.

Keywords: <WETLAND>, <WATER QUALITY>, <PORE WATER>, <INTERSTITIAL WATER>, <CONSERVATION>



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

Las zonas andinas del Ecuador son muy valoradas por su riqueza y amplia biodiversidad, debido a la alta productividad de plantas y a la baja descomposición de la materia orgánica que ocurre en los suelos inundados de agua (Podwojewski, 1999, p. 2); estos son: fuente de vida de una variedad de especies, origen de agua dulce, son repositorio natural del control de dióxido de carbono y entre otros beneficios que proporcionan los páramos (Duque et al., 2016, p. 1). Dadas las condiciones ecológicas y climatológicas de los ecosistemas de alta montaña, la región andina tiene una constante oferta de agua especialmente para el soporte ecológico, gracias a estas condiciones están sometidas a una demanda hídrica (Valencia y Figueroa, 2015, p. 3).

En la actualidad, el interés en los páramos ha aumentado porque las comunidades aprovechan de los beneficios y servicios que estos ecosistemas pueden proveer (Poveda et al., 2022, p. 2). Un factor esencial en el páramo es el humedal altoandino el cual proporciona algunas funciones; entre los usos principales son: la regulación hidrológica, el mejoramiento de la calidad de aire, uso como espacios de conservación biofísica de la región, en lo que incluye refugio de la biodiversidad endémica y de aves migratorias que son útiles para avances investigativos (Barrero, 2015, p. 7).

En este contexto se ubica el parque Nacional Sangay, cuya área abarca 502.105,03 ha, desde el norte de la provincia de Tungurahua hasta las faldas del nevado de los Cubillines en la provincia de Chimborazo, este último mencionado, el páramo de los Cubillines cuenta con una gran variedad de flora y fauna (Coello, 2009, p. 18). Esta zona cuenta con un humedal altoandino, el cual dispone del servicio hidrológico que abastece de agua dulce a las comunidades aledañas para diferentes usos, ya sea para consumo humano, para riego o para producción de alimentos, hay que considerar que dichas actividades que se realizan en estas zonas provocan impactos ambientales evidentes, es decir alteran el estado del suelo y el agua de los humedales, en efecto, las prácticas agropecuarias son las culpables de la degradación de los bosques nativos, el pastoreo, incendios, cultivo excesivo (Camacho, 2013, p. 7).

La protección de los humedales altoandinos permite proporcionar una regulación y mejora de los sistemas hídricos para mejorar la calidad de poblaciones de fauna y flora, como también de las comunidades que se benefician de los servicios ambientales, para ello existen agencias relacionadas que son responsables de la protección, gestión de diversos recursos hídricos y la biodiversidad, como son el MAE y la SENAGUA para la conservación de las fuentes de agua, cabe señalar que la ejecución efectiva de mecanismos de conservación requiere la participación e involucramiento activo de diversos actores (ENCA, 2016, p. 50).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los humedales es la fuente hídrica más importante que presta el páramo, su papel es esencial dado que se relaciona con el agua que se genera y se almacena para su correcto funcionamiento, además, es un espacio con una gran diversidad biológica como especies de flora y fauna silvestres propia del lugar. En la actualidad, son los ecosistemas más amenazados que se han alterado debido al deterioro de los procesos naturales como consecuencia de la agricultura, pastoreo, consumo humano, turismo, ente otros.

En los sectores aledaños al humedal de los Cubillines, los suelos y cuerpos de agua presentan cambios dado por acciones antrópicas o por el mismo paso del tiempo, deteriorando de manera continua el recurso agua y suelo alterando la capacidad de retención hídrica, la textura, la cobertura vegetal, la cantidad de carbono orgánico presente del suelo, el desarrollo agrícola y el sector ganadero se manifiesta de manera negativa y consecutivamente va ganando espacio en las zonas altas del páramo sin medias las consecuencias. Por tal motivo, la conservación y el uso sustentable de los humedales debe desarrollarse a través de un enfoque integrado que considere los distintos ecosistemas asociados dentro y fuera de ellos. Una evaluación de la conservación del humedal permitiría conocer la calidad actual mediante el uso de indicadores físicos, químicos y biológicos para generar propuestas de gestión ya que, hay carencia de información sobre el estado de esta zona de estudio.

1.2. Justificación de la investigación

El humedal es un espacio de importancia socio-ambiental, por lo que éstos proyectos permiten la evaluación de la calidad del agua de poro o superficial y se propicia que se pueda entrelazar con la comunidad (Quintana, 2018, p. 2). Varias de las actividades de la comunidad circundante inciden en el estado de inocuidad del agua y a su vez dependen en gran parte de los servicios ecosistémicos que este brinda, además, cabe mencionar que también hay la existencia de latifundios por la zona, por lo que se busca implementar un adecuado uso de los mismos con el objetivo de mantener, proteger, mejorar a estos ecosistemas y condiciones sanitarias de éste sector, además, de posibilitar nuevos procesos productivos que aportarán en el desarrollo de este espacio de vida y de igual manera a la comunidad (Barrero, 2015, p. 13).

Dada la importancia de los humedales es necesario estudiar y monitorear la calidad de agua del estado actual del recurso hídrico como pieza fundamental del humedal de los Cubillines, para lo cual se utilizará metodologías estandarizadas que tratan de interpretar, basadas en análisis fisicoquímicos, además, mediante los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras se demostrará las condiciones para uso de riego y sanidad ecológica de la cobertura vegetal, de la producción de agua potable para la población o para el cuidado de ganado (Valencia y Figueroa, 2015, p. 31).

La investigación permitirá que los sectores de influencia como los propietarios, comunidades, actores turísticos, y beneficiarios de agua potable diseñen estrategias intersectoriales e interinstitucionales en beneficio de la población del Cantón Chambo. Asimismo, la investigación es pertinente realizarla a través de los monitoreos multitemporales donde se recolectarán muestras para en lo posterior realizar el análisis respectivo, además, se cuenta con información secundaria de la localidad que nos permitirá tener un diagnóstico de la realidad local de la calidad de agua y cómo afecta la misma a la población que se beneficia de la producción del recurso hídrico (Herrera et al., 2022, p. 61).

El presente trabajo cuenta con el auspicio del Grupo de Investigación - Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), desarrollado dentro de su laboratorio con el apoyo de los diferentes técnicos a cargo.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua intersticial de la zona del humedal de los Cubillines, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua intersticial de la zona intervenida y no intervenida.
- Determinar la relación de las propiedades físicas del suelo con la concentración de aniones y cationes en el agua intersticial de la zona de estudio.
- Valorar el estado de conservación del humedal de los Cubillines.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Hace miles de años los páramos han sido importantes en el ámbito social y ambiental, han sido utilizados de manera directa o indirecta por las civilizaciones preincaicas por su ubicación estratégica y principalmente por las fuentes hídricas que eran de vital importancia para los asentamientos prehistóricos (Pinos et al., 2021, p. 2). De esa manera hay muchas otras características útiles del ecosistema que son utilizadas por los seres humanos, denominados servicios ambientales, su buen manejo y conservación toman un papel fundamental para los que se aprovechan; al perderse el servicio, la población relacionada pierde la oportunidad real o potencial de beneficiarse de él y su calidad de vida (Ramón, 2009, p. 8).

En Ecuador, el 60% del espacio definido como páramo está modificándose, su superficie ha disminuido notoriamente a nivel nacional en los últimos 40 años, debido al agotamiento de las tierras bajas, disminución de los rendimientos y avance de la frontera agrícola por el crecimiento de la población que demanda la superficie agrícola, el fraccionamiento de las tierras comunales provocado por la poca tierra de la distribución de herencia, además, del acceso a las tierras de altura y páramo para agricultura y ganadería (Guaraca, 2013, p. 6).

El Cubillín, es una montaña de plegamiento ubicado al sur del Altar, dentro del área del Parque Nacional Sangay cuyas vertientes de agua son fuentes hídricas para agua potable del cantón Chambo, de la misma manera, el agua subterránea proveniente del humedal del cerro los Cubillines abastece de agua a la comunidad Ainche, así mismo para la dotación de agua para la ciudad de Chambo cuenta con un sistema de agua potable que mantiene un servicio de 24 horas, el agua proveniente de los Cubillines y se la capta en un tanque de carga ubicado en el sector llamado Chaunasi, de allí es transportada por tubería a varios tanques rompe presión para luego ser tratada y potabilizada para el cantón (Sánchez 2007, p. 17). Con respecto a la comunidad de Ainche, sus habitantes han venido consumiendo el agua sin ningún tratamiento y no reciben un control exhaustivo por parte del Gobierno Municipal de Chambo (Cargua, 2015, p. 26).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Ecosistema

Son sistemas cuyos componentes pueden existir en diferentes estados o situaciones y pueden ser bióticos o abióticos (Vázquez, 2005, p. 1). Según MAASS (2003, p. 2), considera que los ecosistemas no son ambientes homogéneos y estáticos, sino diversos y dinámicos, es decir, el ecosistema está abierto a la entrada de materia, energía e información de su entorno inmediato.

2.2.2. Agua

El agua es un líquido esencial para todos los seres vivos que se encuentran en el mundo donde cerca del 97% del agua que se halla en la Tierra es salada mientras el 2.5% corresponde a agua dulce; de ese total de 2.5%, 30% corresponde a agua subterránea, 68% se localiza en los glaciares y nieve y solamente el 1.2% es superficial y se encuentra en ríos, lagos y otras formas de agua dulce en la superficie (Gómez, 2018, p. 2).

2.2.3. Agua superficial

El agua superficial son las corrientes que se encuentran en la superficie del suelo y en contacto con la atmósfera, provienen de los diferentes cuerpos de agua recogidas de: lluvias, ojos de agua y del escurrimiento de otras fuentes de agua, siendo el destino un cuerpo de agua con mayor volumen, (Fernández, 2017, p. 3) menciona que el agua superficial de los humedales posee una concentración de amonio altas y nitritos fácilmente detectables lo cual causa que exista una serie de procesos de descomposición.

2.2.4. Agua intersticial

El agua intersticial también llamado el agua de la zona de raíces o agua de poro de los humedales, tiene un pH mínimo y una conductividad eléctrica variable al estar en contacto con: suelo saturado, ácidos orgánicos transpirados de plantas, entre otros y el almacenamiento de esta agua puede ser rellenados por aguas subterráneas (Cejudo y Herrera, 2019, p. 6).

2.2.5. Calidad del agua

La calidad de agua es un análisis que mediante un proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica; en relación al estado natural, obteniendo diferentes variaciones

respecto a factores internos y externos dentro del flujo hídrico, se utiliza para referenciar a un conjunto de criterios mediante a los cuales puede valorar el cumplimiento (Fontalvo y Tamaris, 2018, p. 3). Su importancia radica en el conocimiento del estado del agua para la prevención en sus diferentes aplicaciones (Arteta et al., 2015, p. 197)

2.2.6. *Páramo*

El páramo es un ecosistema formado de humedales alpino neotropical, que se encuentra aproximadamente la región altoandina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, el páramo consta de planicies y valles accidentados provenientes de glaciales con una gran diversidad de lagunas, pantanos y praderas húmedas, como consecuencia de la nula o poca presencia humana la calidad del líquido vital es muy buena y los ríos que bajan desde el páramo tienen una alto y sostenido flujo base (Buytaert et al., 2014, p. 2)

2.2.7. *Flora*

Se estima que la biodiversidad de los páramos del Ecuador está influenciada por diferentes factores como: la situación ecuatorial, la existencia de la cordillera de los Andes y otras sierras menores, la presencia de una fuente húmeda amazónica y de diferentes corrientes frías y cálidas principalmente formadas por gramíneas y plantas de almohadón, varios arbustos, líquenes, arboles de polylepis, chiquiragua y pajonales (González, 2018, p. 23). Además, en la Tabla 2-1 se presenta los tipos de cobertura vegetal con su respectiva área y porcentaje que representa dentro del cantón, donde la cobertura que predomina en el lugar de estudio es el páramo que abarca el 81% del área.

Tabla 2-1: Cobertura vegetal de la zona de estudio, cantón Chambo, Chimborazo

Cobertura	Área (ha)	Porcentaje Cantonal
Páramo	7398.91	81%
Bosque nativo	1329.37	15%
Plantación forestal	381.90	4%
Vegetación Arbustiva	30.78	0.30%

Fuente: (González, 2018, p. 50)

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

2.2.8. *Fauna*

Algunas de las especies que viven en el páramo de los Cubillines se presentan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Especies de animales que habitan en la zona de estudio

Aves	Mamíferos	Anfibios	Peces
Colibrí pico-espada (<i>Ensifera ensifera</i>) Quilico-Cernicalo Americano (<i>Falco sparverius</i>) Fringilo plumizo (<i>Phrygilus unicolor</i>) Torcazas (<i>Zenaida auriculata</i>) Búho (<i>Bubo scandiacus</i>) Lechuza (<i>Asio flammeus</i>)	Lobo de páramo (<i>Lycalopex culpaeus reissii</i>) Zorrillos (<i>Mofeta rayada</i>) Chucuri (<i>Mustela frenata</i>) Venado de cola blanca (<i>Odocoileus peruvianus</i>) Conejos silvestres (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	Lagartija verde (<i>Teius teyou</i>) Sapo (<i>Bufo bufo</i>)	Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)

Fuente: (González, 2018, p. 52).

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

2.2.9. Humedal

La principal característica de un humedal es la presencia permanente o estacional de agua, son muy importantes para mantener la vida salvaje y los procesos superficiales del planeta, de hecho, ellos cumplen funciones relacionadas con hidrología, biogeoquímica, y contribuyen a mantener factores de alimento y hábitat, el agua almacenada se filtra a través del suelo y recarga acuíferos (Florez, 2015, p. 173).

2.2.10. Calidad del suelo

Significa utilidad del suelo dentro de los límites del ecosistema para un propósito específico, es definida por las características de las variables edáficas que pueden cambiar en base al uso y manejo del suelo, también se puede interpretar en referencia a indicadores de calidad, los cuales son ciertas variables edáficas que pueden ser físicas, químicas y biológicas que pueden ser medidas cualitativa o cuantitativamente y que proveen información acerca de que tan adecuadamente un suelo funciona (Cárdenas, 2015, p. 24).

2.2.11. Ciclo hidrológico

La parte aérea de la vegetación tiene la capacidad de comportarse como una barrera impidiendo la precipitación, contribuyendo en su efecto y distribución bajo el área de cobertura, una porción de la cantidad de precipitación total de un ecosistema es retenida por los troncos, copas de los árboles y es reintegrada a la atmosfera por la evaporación del agua, que alcanza la superficie del suelo una cantidad mínima proveniente del goteo de las hojas y el resto llega escurrido por los troncos (Giraldo y Jaramillo, 2004, p. 53).

2.2.12. Regulación hídrica

Es un servicio ambiental que es parte del ciclo hidrológico y toma importancia en la regulación de la cantidad, calidad y seguridad del recurso hídrico, ya que almacena agua en base a la saturación estacional o permanente y la libera en periodos secos para establecer un balance entre los flujos de agua que entran y salen del ecosistema, está condicionado a una serie de factores regionales y altitudinales (Tovar y Hoz, 2020, p. 5). El humedal del páramo es fundamental para la regulación hidrológica regional.

2.2.13. Coeficiente de correlación

Un coeficiente de correlación es una estadística que proporciona información sobre la relación lineal que existe entre dos variables al referirse a dos características de una relación lineal: la dirección y la proximidad. Es importante saber que el uso de coeficientes de correlación solo es útil cuando la relación bivariada que se estudia es lineal. Si no es lineal, el coeficiente de correlación solo indica la ausencia de una relación lineal, no la ausencia de una relación. Por lo tanto, los coeficientes de correlación a menudo se describen como una herramienta estadística que mide el grado de asociación lineal entre dos variables (Lahura, 2003, p. 16).

Karl Pearson en 1897, fue el primero en emplear la expresión de correlación falsa para instruir el origen de una correlación sin sentido entre el cociente entre dos magnitudes relacionadas denominadas ratios (Lahura, 2003, p. 21). El valor del coeficiente de correlación varía entre los límites +1 y -1. Su magnitud señala el grado de asociación entre las variables; el valor $r = 0$ indica que no existe relación entre las variables; los valores ± 1 son indicadores de una correlación perfecta ya sea positiva o negativa (Suárez, 2011, p. 1).

Se utiliza la siguiente Tabla 2-3 con la escala para interpretar el coeficiente de correlación:

Tabla 2-3: Rangos de correlación de Pearson

Valor	Significado
1	Correlación positiva grande y perfecta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0	Correlación nula
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-1	Correlación negativa grande y perfecta

Fuente: (Suárez, 2011, p. 2).

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. *Parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua*

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos proporcionan la calidad de diferentes tipos de agua que se ha valorado a partir de variables: físicas, químicas y biológicas, valoradas de forma individual o en forma grupal (Samboni et al., 2007, p. 3). Los parámetros fisicoquímicos facilitan una información amplia del ambiente de las especies químicas del agua y sus respectivas propiedades físicas (Villena, 2018, p. 51).

2.3.1.1. *Cationes*

Sodio

Es uno de los elementos más abundante en la naturaleza, en tierras altas se ve considerablemente disminuida debido a la influencia escasa de solubilización de los minerales provenientes de rocas (Bolaños, 2014, p. 96), en tierras bajas hay una alta concentración debido a los procesos de salinización. El sodio influye en la estabilidad de la estructura del suelo, además, para caracterizar el nivel relativo de sodio en las aguas de riego, así como en las soluciones del suelo se usa la relación de adsorción de sodio (RAS). El sodio además de perjudicar a las plantas también erosiona la estructura del suelo, reduciendo la porosidad y la permeabilidad del agua (Lamz y

González, 2010, p. 32), por esta razón se considera un parámetro importante en el estudio de la calidad de agua.

Potasio

El potasio se encuentra naturalmente en las aguas superficiales debido a la erosión de las rocas por lo que los niveles de este catión más altos son los que están relacionados con el agua subterránea en aquellos lugares donde hay gran cantidad de depósito de mineral de este metal (Jaimes et al., 2014, p. 2)

Calcio

El calcio no se encuentra libre en la naturaleza, se lo puede localizar como carbonato de calcio y está presente en el agua en mayor cantidad que el magnesio siendo este el catión más abundante generalmente (Rodríguez, 2009, p. 4).

Magnesio

El magnesio se encuentra en las aguas como ion Mg^{2+} y provoca la dureza del agua, su origen se da principalmente de los minerales de algunas rocas que están formadas por carbonatos (Beita y Barahona, 2010, p. 161).

2.3.1.2. Temperatura

Este parámetro físico posee efectos directos e indirectos relacionados con la ecología de las masas de agua, en casos puntuales como un aumento de temperatura trae consigo consecuencias como la reducción del oxígeno disuelto produciendo una amenaza a la vida acuática, además, de influir sobre la tasa de fotosíntesis de las algas y plantas acuáticas lo que suele ser usado para identificar la fuente de suministro de agua (Duchicela y Rivera, 2022, p. 94). Influye además en la calidad del agua debido a la determinación de varias propiedades como la viscosidad y solubilidad a grandes rasgos, también influye directamente en el grado de fotosíntesis y crecimiento de las plantas y organismos (Clavijo y Granja, 2016, p. 10).

2.3.1.3. pH

Al potencial de hidrogeno se le define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad

exacta a 25°C (Bolaños et al., 2017, p. 3). La medición de este parámetro es de suma importancia para el control de la calidad de agua para sus diferentes aplicaciones, ya que afecta el equilibrio de todos los compuestos que se encuentran en el agua (García y Sánchez, 2005, p. 1).

2.3.1.4. *Conductividad eléctrica*

La conductividad es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir electricidad, esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y temperatura de medición (Sanabria, 2016, p. 5).

2.3.1.5. *Potencial redox*

El potencial redox es una forma de medir la energía química de oxidación reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica (González et al., 2006, p. 2). En los sistemas de agua natural, el término potencial redox (pE) se utiliza para describir el poder de oxidación o reducción del agua, expresado en milivoltios (mV). Un valor de pE alto indica que las sustancias dominantes en el agua son oxidantes, lo que significa que hay un ambiente oxidante mientras que un valor de pE bajo indica que el medio se está reduciendo (González et al., 2006, p. 2).

2.3.1.6. *Coliformes fecales*

Son bacterias que se localizan en las heces de animales de sangre caliente y su presencia en el agua es un indicio de que puede estar contaminada ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana, estas bacterias se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Ramos et al., 2010, p. 88).

2.3.1.7. *Oxígeno disuelto*

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que es esencial para la salud de los arroyos y lagos. Los niveles de oxígeno disuelto pueden indicar qué tan contaminada está el agua y qué tan bien puede sustentar la vida vegetal y animal. En general, los niveles más altos de oxígeno disuelto indican una mejor calidad del agua. Algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir cuando los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos (Peña, 2007, p. 4).

2.3.1.8. *Sólidos suspendidos totales*

Los sólidos suspendidos totales (SST) presentes en muestras de agua indican sobre la carga contaminante que comprenden la materia inorgánica y pequeñas proporciones de material flotante, coloidal, sedimentable, y en solución que se encuentran disueltas en el agua, estos son transportados por la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua (Alvarado y Páiz, 2003, p. 9).

2.3.1.9. *Aniones*

Fosfatos

El fosfato es un compuesto formado a partir de fósforo y oxígeno, se encuentran en fertilizantes y detergentes que entran a los cuerpos de agua por escorrentía o descarga de agua que los contiene, al acceder las concentraciones naturales provoca un aumento en el crecimiento anormal de organismos dependientes del fósforo, como las algas, mismo está asociada con la eutrofización de las aguas (Clavijo y Granja, 2016, p. 78).

Nitratos

Es parte del proceso natural del nitrógeno y es un compuesto esencial para el desarrollo de las plantas, sin embargo, valores mayores a 10 mg/l se catalogan como contaminación, los valores de nitratos altos son debido a las actividades humanas dado que este anión tiene gran solubilidad en agua por lo que llega a alcanzar concentraciones importantes en ríos o lechos profundos (Bolaños et al., 2017, p. 17).

Nitritos

En relación con el ciclo del nitrógeno, su presencia se considera un signo de contaminación, ya que se origina a partir de materia orgánica vertida a la cuenca. Se forman durante la descomposición biológica de nitratos o varios compuestos derivados del nitrógeno y generalmente valores más altos de 0.2 mg/l son perjudiciales (Vargas y Maldonado, 2019, p. 29).

Bicarbonatos

La fuente mayoritaria de bicarbonato en un agua natural es el proceso proveniente del lavado de rocas calizas que hace que parte del carbonato que contienen, aumentando de forma natural el pH

de estas aguas, ya que hidroliza parcialmente al agua dando OH⁻, lo que lo convierte en un agua básica (Mota, 2013, p. 1).

2.3.1.10. Balance iónico

El balance de iones verifica que el número total de miliequivalentes (meq) de aniones sea aproximadamente igual al número total de miliequivalentes de cationes; esto debido a la neutralidad eléctrica del agua, propiedad que puede verse distorsionada si algún fenómeno provoca el conocido y problemático desequilibrio iónico (Appelo y Postma, 1996, p. 22).

2.3.2. Factores que condicionan la calidad de agua

2.3.2.1. Aguas residuales no tratadas

En el área de estudio la actividad productiva dominante se priorizó por la importancia que la población le da a la ganadería como su medio de subsistencia, por lo tanto, se han visto cambios en el uso del suelo, siendo los pastizales prioridad para los productores ganaderos. En la producción de leche y la elaboración de quesos se puede presentar una contaminación del agua, que pueden contener contaminantes como: grasas, aceites, metales pesados, residuos fecales, también se desecha una gran proporción de residuos líquidos como por ejemplo la leche diluida que no es procesada y desechada (Luque et al., 2018, p. 17).

2.3.2.2. Erosión

Los suelos de páramo por lo general son húmedos, lo que significa que no están adaptados a condiciones de secamiento, estos suelos de por sí son suelos estables y resistentes a la erosión en condiciones naturales, no obstante, las actividades antropogénicas como los cultivos agrícolas o el pastoreo que se presencia en los páramos son una de las causas de la erosión, disminución de la infiltración, secamiento irreversible, pérdida de suelo, cambios en el micro relieve (Buytaert et al., 2014, p. 18).

2.3.2.3. Sedimentación

Es el material de los sólidos en suspensión de las aguas superficiales y subterráneas están compuestos de un amplio espectro de partículas de diferentes tamaños y características. En general, las partículas de mayor tamaño decantan con velocidades rápidas, adelantándose a las partículas más finas durante su descenso (Cargua, 2015, p. 21). La sedimentación puede perjudicar

la biodiversidad acuática, mientras que al momento que los sedimentos permanezcan aferrados detrás de las represas puede minimizar la cantidad de sedimentos en las áreas costeras y de desembocaduras, lo que produce una destrucción de tierras y un desgaste de humedales.

2.3.2.4. Microorganismos

La microbiología en el agua es un grave problema a nivel mundial. Las bacterias, los virus y los parásitos causan enfermedades de diversa gravedad. El control microbiológico en el agua proporciona herramientas para controlar los riesgos para la salud, pero es difícil de implementar porque requiere mucho tiempo de análisis y es muy costoso, alrededor del 90% de las enfermedades transmitidas por el agua se deben a la contaminación microbiana. El agua para uso humano requiere diferentes análisis para microorganismos patógenos, lo que no es posible debido a la diversidad de bacterias patógenas presentes, así como a la complejidad de la prueba (Pulles, 2014, p. 26).

2.3.2.5. Salinidad

La salinidad del suelo es un problema que dificulta actividades como la agricultura y afecta grandes o pequeños terrenos, reduce el rendimiento de los cultivos, afecta la calidad biológica del medio ambiente y destruyen los suelos, lo que representa cambios muy significativos en sus propiedades fisicoquímicas. La distribución de las sales detectadas en el suelo no es uniforme, debido a la compleja y espacial variación de la salinidad, además, la concentración de sales tiene un efecto tóxico sobre el suelo para las plantas (Mata et al., 2014, p. 34).

2.3.2.6. Contaminación de azufre

El azufre es uno de los elementos más presentes en la corteza terrestre exactamente el número 13 y se puede presentar de diversos modos como soluble o insoluble en formas de sal o gas, este reacciona fácilmente y tiende a sufrir varias transformaciones dadas principalmente por la actividad microbiana, en suelos ácidos están presentes en forma de sulfato y en suelos alcalinos se lo encuentra de forma de compuestos poco solubles (Colacelli, 2001, p. 10).

2.3.2.7. Eutrofización

Es un fenómeno recurrente que se produce en lagos y humedales a causa de la alta carga de nutrientes lo que presenta una alta productividad primaria, es decir, materia orgánica, de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas

inferiores, lo cual puede provocar un colapso en el ecosistema y afectar a las especies que habitan ese ecosistema. Por tanto, se aumenta exponencialmente su actividad metabólica consumidora de oxígeno. Como consecuencia, baja aún más el nivel de oxígeno libre. La producción antropogénica masiva de fertilizantes ha llevado a la degradación de numerosos ecosistemas valiosos en todo el mundo, aumentando el riesgo de eutrofización de los cuerpos de agua (Álvarez et al., 2016, p. 4).

2.3.2.8. Dureza

La dureza es una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, principalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg) en rocas y soluciones minerales. Su unidad de expresión más importante es el carbonato de calcio (CaCO₃), expresado en mg/l. Existen diferentes tipos de dureza: la dureza total es la concentración de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua, la dureza carbonatada se obtiene principalmente del bicarbonato, carbonato cálcico y magnésico, la dureza no carbonatada se obtiene de los cloruros, sulfatos de compuestos cálcicos, magnésicos y nitritos (Solís et al., 2018, p.17).

2.3.3. Funciones y valores de los humedales

2.3.3.1. Físicas

Las funciones físicas de los humedales se relacionan con la regulación de los flujos hídricos mediante el llenado en épocas de creciente y la liberación en bajante. Esta etapa que cumplen en los ciclos hidrológicos de las cuencas hidrográficas representa un servicio ambiental directo para la sociedad ya que se controla las inundaciones, además, la retención de sedimentos y el control de la erosión de los humedales que contribuyen a la recarga y descarga de acuíferos. Contribuyen a la estabilización micro climática por el aumento de la evapotranspiración local, esto depende de su extensión y de los regímenes climáticos regionales y locales (Naranjo y Andrade, 1999, p. 38).

2.3.3.2. Químicas

Algunos humedales actúan como retenedores de nutrientes en aguas bajas y exportándolos en aguas altas. Por lo que son esenciales en los ciclos de nutrientes en los ecosistemas como espacios reguladores especialmente en lo relacionado con cuencas hidrográficas porque actúan como filtros (Naranjo y Andrade, 1999, p. 38)

2.3.3.3. Bio-ecológicas

Los humedales contribuyen a la estabilidad e integridad de otros ecosistemas asociados, están estrechamente ligados con la productividad biológica, que en general en los ecosistemas es alta y de carácter estacional (Naranjo y Andrade, 1999, p. 172). Además, tiene un papel fundamental sobre regulación de emisiones de gases de efecto de invernadero. Los humedales son considerados globalmente importantes por almacenar carbono, esto se debe a la alta productividad de las plantas y a la baja descomposición de la materia orgánica que ocurren en sus suelos inundados de agua (Duque et al., 2016, p.37).

2.3.3.4. Sociales

Las funciones ecológicas y ambientales de los humedales representan numerosos beneficios para la sociedad. En primer lugar, representan sistemas naturales de soporte vital, que son la base de sistemas productivos y socioculturales, tales como economías extractivas basadas en el uso de muchas especies, a través de la pesca artesanal, caza, recolección, el pastoreo y la agricultura (Cejudo y Herrera, 2019, p.208).

2.3.3.5. Servicios ecosistémicos

Tabla 2-4: Servicios ecosistémicos

Servicio	Descripción
Agua para consumo	El abastecimiento de agua para algunas comunidades del cantón Chambo proviene de Los Cubillines, donde recorre varios kilómetros para ser captada, tratada y distribuida por redes instaladas en el cantón. Los afluentes son el río Guayllabamba y Timbul.
Cultivos Agrícolas, ganadería	En el cantón Chambo el 47,6 % de la población se dedica a actividades agropecuarias. Los principales productos agrícolas son: brócoli, coliflor, remolacha, col, lechuga, tomate riñón, zanahoria, choclo, arveja y papas.
Abastecimiento de fauna	La fauna representativa del sector del páramo de los Cubillines son aves como: patos, lechuzas, curianguines, gavilanes y mamíferos como: lobos y conejos.
Abastecimiento de flora (fibra, madera)	El páramo de Los Cubillines al pertenecer al Parque Nacional Sangay posee una extensa biodiversidad, donde se han reconocido alrededor de 3 000 especies vegetales, de las cuales 586 son endémicas.
Calidad y cantidad de agua	La red hidrográfica del cantón Chambo está compuesta por ríos como el Anchi, Chinloma, Daldal, Guayllabamba, Tiaco Chico, Tiaco Grande, Timbul y Uldan. El río Guayllabamba proviene del páramo de los Cubillines.
Almacenamiento de carbono	Bosque primario Lonán de Llucud, perteneciente a la asociación de productores agrícolas de la comunidad de San Pedro de Llucud. Posee una extensión de alrededor de 67 ha. Cabe recalcar que el suelo del páramo también funciona como sumidero de Carbono.
Sitio de interés turístico, patrimonio natural	Uno de los principales sitios turísticos son las aguas termales de Aguallanchi, aguas minerales de Gongoche, que son afloraciones provenientes del Sangay, además, el páramo de Los Cubillines es otro potencial turístico para las comunidades del cantón Chambo. Además, al cantón se lo conoce como tierra de samanes, curanderos y brujos. Utilizan la naturaleza y lugares sagrados como ríos, cascadas, montañas, acompañado de ritos y oraciones para obtener la sanación por la naturaleza

Fuente: (González, 2018, p. 53)

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

2.3.4. Propiedades del suelo

Las propiedades físicas del suelo en la mayoría definen el estado físico de un suelo, determina la rigidez, fuerza de compactación, la penetración de las raíces, el drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes entre otros (Ravi et al., 2004, p. 2). Las principales propiedades físicas del suelo tenemos: textura, densidad real, estructura, porcentaje de humedad, densidad aparente, color, etc.

2.3.4.1. Textura de suelo

La textura es el porcentaje en que se halla los elementos que forman el suelo como son la arena gruesa, limo, arcilla, arena media, arena fina; esta propiedad se puede estimar la capacidad de retención de agua, la permeabilidad, la consistencia, la capacidad de intercambio de iones, la retención hídrica, distribución de poros, infiltración y estructura (Sucuy y Castillo, 2021, p. 24). Un suelo tiene una buena textura cuando la cantidad de los elementos que lo conforman le dan la probabilidad de ser un soporte apto de beneficiar la adherencia del sistema en las plantas y su nutrición. La determinación de la textura se puede realizar mediante la técnica de “Bouyoucos”.

2.3.4.2. Densidad aparente

Es la relación que hay entre el peso seco (105° C) de una muestra del suelo estudiado y el volumen que esa muestra ocupa en el suelo (Ravi et al., 2004, p. 7). Los valores bajos de densidad aparente (mayoritariamente por debajo de 1,3 kg dm⁻³) generalmente indican una condición de suelo suelto. La densidad aparente es un parámetro importante que describe la calidad del suelo y las funciones del ecosistema. Los valores altos de densidad aparente indican un crecimiento deficiente de las raíces, aireación reducida y cambios indeseables en las funciones hidrológicas, como una menor permeabilidad al agua (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009).

2.3.4.3. Densidad real

También conocida como densidad de sólidos, es el promedio considerado de las densidades de las partículas sólidas que se encuentran en el suelo. Expresada como la razón entre la masa de las partículas (Ms) y su volumen (Vs), excluyendo los espacios porosos entre las partículas. Las variaciones a las que está sometida la densidad real están relacionadas con el contenido de materia orgánica y la composición de minerales (Villaseñor, 2016, p. 52).

2.3.4.4. Porosidad

La porosidad del suelo define en gran medida las fases de infiltración y escurrimiento del agua que intervienen en la erosión hídrica y el traslado de agua en el suelo. La porosidad del suelo está condicionada por el tamaño, la abundancia y distribución de los poros (González et al., 2012, p. 22). Se debe mencionar que los suelos de páramo son la clase de suelo que contienen una mayor porosidad en comparación con otros tipos de suelos de otros ecosistemas, donde se encuentran valores que pueden ir desde el 60 hasta el 90 % e incluso más (Llambí et al., 2012, p. 221).

2.3.4.5. Color

Es una propiedad del suelo que es fácil de observar y de uso fácil para reconocer algún tipo de suelo dentro de algún lugar, habitualmente está ligada con procesos como la evolución del suelo o con uno de los factores de formación, es así que este parámetro es raramente usado como criterio de clasificación al nivel de los suelos (Ravi et al., 2004, p. 54).

2.3.5. Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas

El cambio de uso de suelo en zonas altoandinas se genera por continuas alteraciones de los ecosistemas por actividades antropogénicas que van estrechamente relacionadas con un inapropiado uso de los recursos naturales, vienen alterando negativamente la vegetación propia del lugar, y han llevado a una serie de procesos de erosión, degradación y desertificación de los suelos (Loza y Taype, 2021, p. 9).



Ilustración 2-1: Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas de la zona del humedal de los Cubillines, cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

2.3.6. Estado de conservación de los páramos

El páramo altoandino se caracteriza por la presencia de alta humedad, estos se caracterizan por provenir de glaciares, ríos, lagos y otros que surgen del subsuelo, esta alta concentración de humedad hace que este ecosistema se componga casi en su totalidad de pantanos y humedales, los cuales proporcionan varios servicios ecosistémicos en beneficio de las comunidades de personas como son los servicios de suministro, regulación y culturales, además, de los servicios necesarios para mantener los procesos ecológicos ambientales (Ramsar, 1971, p. 31).

El equilibrio dinámico del estado de conservación de los humedales de los páramos del Ecuador se ve afectados por el avance de la frontera agrícola y ganadera sobre todo por mal manejo y desconocimiento de su importancia económica y ecológica.

2.3.7. Aptitud del agua para riego

El empleo de agua salina para riego altera las condiciones del suelo, afectando por ende el crecimiento y productividad de las plantas, por lo que es importante estimar los índices de sodicidad. Si la proporción de sodio es alta, provoca problemas en las propiedades físicas de los suelos, una reducción de la permeabilidad y puede causar daños a cultivos sensibles (Mérida y Umicia, 2016, p. 2). En cambio, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor, pues ejercen un efecto ligante sobre la capa arcillosa de la tierra, lo que contribuye a la conservación de la estructura del suelo (Ruiz, 2008, p. 2). Para la determinación de la aptitud del agua para riego se obtiene a través del cálculo de adsorción de sodio (RAS) así como de la conductividad eléctrica, para que finalmente se clasifique en un grado determinado de aptitud de uso de riego.

2.4. Base legal

El Ecuador posee de una amplia normativa legal que regula el funcionamiento del Estado, el Art. 424 de la Constitución de la República del Ecuador que fue aprobada en el año 2008, contiene un orden jerárquico para aplicar las normas de forma gráfica como se presenta en la Ilustración 2-2, tomando como referencia la pirámide de Kelsen (Borja, 2015, p. 5).



Ilustración 2-2: Pirámide de Kelsen

Fuente: (UNAE, 2008, p.25)

A continuación, la siguiente Tabla 2-5 establece la normativa legal aplicable en el Ecuador del presente estudio:

Tabla 2-5: Normativa legal aplicable en el Ecuador

<p>Constitución de la república del Ecuador. Registro oficial (R.O.) N° 449 del 20 de octubre de 2008.</p>	<p>Artículo 406.- La Constitución de la República del Ecuador describe que el Estado regulará la: conservación, manejo, uso sustentable, recuperación, limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.</p> <p>Artículo 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación, manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad de agua, cantidad de agua, el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.</p> <p>Artículo 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.</p> <p>Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.</p> <p>Art. 15.- El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.</p> <p>Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.</p>
<p>Código orgánico del ambiente</p>	<p>Art. 58.- La Autoridad Ambiental Nacional impulsará el establecimiento de áreas especiales de importancia para la conservación de humedales, de las aves, del patrimonio mundial, cultural y natural, entre otras.</p> <p>Art. 40.- Declaratoria de áreas protegidas. La Autoridad Ambiental Nacional considerará los siguientes criterios para la declaratoria de áreas protegidas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Que el área en cuestión cuente con ecosistemas cuya representatividad sea escasa en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y que en lo posible contribuya a la conectividad ecosistémica. 2. 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.

	<p>3. Que existan poblaciones de especies que tengan algún tipo de amenaza o endemismo.</p> <p>4. Que genere servicios ecosistémicos, tales como recursos hídricos, recursos paisajísticos, prevención de desastres y mitigación.</p> <p>5. Que contribuyan a la protección de valores culturales y espirituales asociados a la biodiversidad; y Otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.</p> <p>Art. 105.- Categorías para el ordenamiento territorial. 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:</p> <p>1. Categorías de representación directa. Sistema Nacional de Áreas Protegidas, bosques y vegetación protectores y las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad.</p> <p>2. Categoría de ecosistemas frágiles. Páramos, humedales, bosques nublados, bosques secos, bosques húmedos y manglares.</p> <p>3. Categorías de ordenación. Los bosques naturales destinados a la conservación, producción forestal sostenible y restauración.</p>
<p>Ley para la conservación y Uso sustentable de la biodiversidad</p>	<p>Artículo 40.- Los ecosistemas frágiles son aquellos que, por sus condiciones biofísicas, culturales, nivel de amenaza o por interés público, deben ser objeto de un manejo particularizado y son declarados como tales por el Ministerio del Ambiente, de oficio o a petición de parte interesada.</p> <p>Las normas para la creación, selección, declaratoria y manejo de los ecosistemas frágiles serán establecidas en el reglamento, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley, y sin perjuicio de las competencias y atribuciones consagradas en otras leyes.</p> <p>Estos ecosistemas frágiles podrán estar ubicados en tierras públicas, privadas o comunitarias, y comprenden, total o parcialmente, una o varias de las siguientes:</p> <p>a) Manglares y otros humedales establecidos como tales en la Convención de RAMSAR;</p> <p>b) Páramos; y, Bosques secos, bosques nublados y de garúa.</p> <p>Artículo 43.- El Estado normará y promoverá la conservación y uso sustentable de los humedales que sean declarados como ecosistemas frágiles, de conformidad con lo dispuesto por esta Ley, su reglamento y el correspondiente Plan de Manejo que deberá ser aprobado y periódicamente supervisado por el Ministerio del Ambiente y de conformidad con los principios de la Convención de Ramsar. La conservación de los humedales de agua dulce estará integrado al manejo y gestión de las cuencas hidrográficas del país.</p> <p>Artículo 46.- Se prohíbe el establecimiento de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en bosques nativos, humedales y zonas de vegetación nativa, independientemente del estado de intervención en que se encuentren o si contienen o no especies de fauna y flora en peligro de extinción, conforme a los listados oficiales.</p> <p>Artículo 131.- Quienes hayan obtenido una concesión de uso de manglares y otros humedales por parte del Ministerio del Ambiente y que atenten contra su conservación y uso sustentable perderán la concesión en forma temporal o definitiva según la gravedad del caso, de acuerdo al Reglamento General de Aplicación de esta Ley.</p>
<p>Ordenanzas del Concejo cantonal del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Chambo</p>	<p>Art. 18.- Para la protección de humedales, cauces, riberas y márgenes de los cursos de agua, se deberá observar lo siguiente:</p> <p>1. Se prohíbe la alteración de las condiciones naturales de los cauces de río, humedales, lagos, lagunas y complejos lagunares. No se podrá alterar sus condiciones físicas o realizar su canalización permanente o dragado. Se exceptúan las actuaciones debidamente autorizadas y justificadas por su interés público cuando exista riesgo para personas o bienes por desbordamientos. En estos casos deberá realizarse el correspondiente estudio de impacto ambiental, y ser aprobado por la autoridad competente.</p> <p>2. Se conservará de forma obligatoria la vegetación de ribera de cursos de agua y lagunas; no se permitirá ni el corte o tala de la vegetación arbustiva o leñosa de las riberas de los cursos de agua, para la implantación de actividades agroproductivas o de cualquier índole.</p> <p>3. Se prohíbe la ocupación de los márgenes de protección de cursos de agua y lagunas con instalaciones o construcciones de cualquier índole, permanentes o temporales, así como la extracción de materiales de construcción a excepción de los autorizados por el GADM Chambo, ARCOM y MAE. De igual forma se prohíbe en estas áreas, el depósito de sólidos, líquidos o sustancias de cualquier tipo que contaminen o afecten las mismas en una distancia de 30 mts, desde el eje</p>

	<p>u orilla del río y en caso de lagunas en una distancia de 40 mts. A su contorno o perímetro.</p> <p>4. La municipalidad a través de la Dirección de Planificación en coordinación con la Unidad de Gestión Ambiental podrá determinar el uso recreativo público de cursos fluviales y lagunas, en lugares menos frágiles desde el punto de vista ecológico respetando la distancia establecida en el numeral anterior.</p> <p>Art. 62.- Fraccionamiento de bosques, humedales y otras áreas ecológicamente sensibles de conformidad con las disposiciones contenidas en el artículo 471 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD, queda prohibido el fraccionamiento del suelo en estas categorías de ordenación, a excepción de la categoría de ordenamiento “Área de convivencia sustentable”, debido a que ésta cumple la función de amortiguamiento entre el área poblada del cantón con la de conservación.</p> <p>Art. 5.- Son objeto de división del suelo, todos los predios urbanos, los que formen parte de las áreas urbanas de la parroquia Matriz, los predios urbanos de las zonas rurales, los que se encuentren en áreas consideradas de expansión urbana; los predios que puedan ser considerados para urbanizaciones exteriores o aquellos que sean urbanos o rústicos, por necesidades de orden urbano social. No podrán objeto de partición los predios y áreas de protección forestal, humedales, bosques primarios, chaparros, áreas de protección de fuentes de agua, las áreas de riesgo geológico, los terrenos con pendientes superiores al 35%. Las áreas correspondientes a la ribera de los ríos y lagunas, los bienes que pertenezcan al patrimonio del Estado y los que correspondan al Ministerio del Ambiente cuya altitud supere a los 3300 metros de altura sobre el nivel del mar.</p>
--	---

Fuente: (Constitución del Ecuador, 2017, p. 193)

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo Cantón: Chambo: a 10 km de la ciudad de Riobamba comprendidas a una altitud entre los 3500 y 4000 m.s.n.m. El humedal de los Cubillines donde se realizará el monitoreo se encuentra a 20 km del centro de cantón Chambo.



Ilustración 3-1: Ubicación del área de estudio del humedal de los Cubillines

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

3.1.1. Climatología

La zona de vida del páramo de los Cubillines es fluvial Sub-alpino con una temperatura que varía entre 3°C a 6°C, la mayor precipitación es en el mes de abril con un valor de 3360,6 mm y menor en el mes de julio y agosto con 653.3 mm, denominado temporada seca (Paliz et al., 2021, p. 53).

3.1.2. Selección de los puntos de monitoreo



Ilustración 3-2: Ubicación de los puntos de monitoreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Para el muestreo se consideró el humedal de los Cubillines (área perteneciente al Parque Nacional Sangay). En base al conocimiento de la zona el tamaño de la muestra se estableció los puntos de muestreo, comprendiendo 7 en agua intersticial y 7 puntos de muestreo de suelo a dos profundidades (0-30cm y 30-60cm) para la valoración de sus propiedades físicas.

3.1.3. Criterios de selección

Para seleccionar la ubicación de los puntos:

- Los puntos de monitoreo se Geo-Referenció con GPS mediante el Software de SIG (Sistema de Información Geográfica)
- No se eligieron puntos con pendiente por la dificultad de acceso para monitoreo.
- Se ubicaron tomando en cuenta zonas intervenidas con cambio de uso de suelo y zonas no intervenidas sin cambio de uso de suelo según el análisis multitemporal previo.
- Se realizó la selección de los puntos con reconocimientos in situ de la zona del humedal de los Cubillines.
- Se tomó en cuenta lugares con presencia y ausencia de ganado.

3.1.4. Descripción de los puntos de muestreo

3.1.4.1. Puntos de muestreo en zona conservada



Ilustración 3-3: Punto de muestreo en zona conservada sin intervención del humedal de los Cubillines, Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

- **Agua intersticial punto 1 (AIP1)**

La planicie del humedal de los Cubillines se encuentra cerca de un arroyo con caudal medio, es un sitio conservado libre de actividades antropogénicas y cercado, es una zona muy húmeda con gran cantidad de agua, su edafología presenta un carácter pantanoso con flora propia del lugar y libre de maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso. Se encuentra cerca de un canal destinado a conducir agua para riego agrícola.

- **Agua intersticial punto 2 (AIP2)**

El sitio se encuentra en una planicie del humedal de los Cubillines y se encuentra alejado de los diferentes arroyos del lugar, es un sitio conservado libre de actividades antropogénicas y cercado, es una zona húmeda con cantidad de agua moderada, su edafología presenta un carácter semipantano con almohadillas propias del lugar y libre de maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

- **Agua intersticial punto 3 (AIP3)**

El lugar se ubica en la parte inferior del humedal de los Cubillines y se encuentra alejado de las diferentes vertientes del lugar, es un sitio conservado libre de actividades antropogénicas y cercado, es una zona no tan húmeda con cantidad de agua inferior a otros lugares, su edafología presenta un carácter arcilloso con almohadillas alrededor propias del lugar y libre de maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

- **Agua intersticial punto 4 (AIP4)**

Se ubica en la parte media del humedal de los Cubillines y se encuentra lejos de las diferentes vertientes del lugar, es un sitio conservado libre de actividades antropogénicas y cercado, es una zona con poca humedad, con cantidad de agua inferior a otros lugares, su edafología presenta un carácter arcilloso con almohadillas alrededor propias del lugar y libre de maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

3.1.4.2. Puntos de muestreo en zona intervenida



Ilustración 3-4: Punto de muestreo colindante a residuos fecales de animales en zona intervenida del humedal de los Cubillines, cantón Chambo, provincia de Chimborazo.

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

- **Agua intersticial punto 5 (AIP5)**

El punto de muestreo se ubica en la parte intermedia del humedal de los Cubillines y se encuentra cerca de la carretera de ingreso, es un sitio sin conservación con actividades antropogénicas y cercado, además posee una gran influencia de ganadería por pastoreo de animales como caballos, toros salvajes y burros, es una zona con poca humedad, con cantidad de agua inferior a otros lugares, su edafología presenta un carácter arcilloso con sin plantas y maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

- **Agua intersticial punto 6 (AIP6)**

El tubo se ubica en la parte intermedia inferior del humedal de los Cubillines y se encuentra cerca de la carretera de ingreso, es un sitio sin conservación con actividades antropogénicas y cercado, además, posee una gran influencia de ganadería por pastoreo de animales como caballos , toros salvajes y burros, es una zona con bastante humedad, con cantidad de agua superior a otros lugares, su edafología presenta un carácter arcilloso con plantas y maleza, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

- **Agua intersticial punto 7 (AIP7)**

El último punto de monitoreo se encuentra en la parte intermedia inferior del humedal de los Cubillines y se encuentra cerca de la carretera de ingreso, es un sitio sin conservación con actividades antropogénicas y cercado, además posee una gran influencia de ganadería por pastoreo de animales como caballos, toros salvajes y burros, es una zona con mucha humedad, con cantidad de agua superior a otros lugares, su edafología presenta un carácter arcilloso con agua con un pigmento brillante, debido a las diferentes características del punto elegido es un lugar ideal y de fácil acceso.

3.1.5. Método de muestreo

Selección de zona de estudio: Se determinó la zona de estudio mediante recolección de información y posteriormente con el software *ArcMap 10.3* se elige el área y los puntos de muestreo donde se realiza la recolección de la muestra.

Inspección de la zona de estudio: En la visita de campo se ubica mediante un equipo GPS los puntos determinados anteriormente en el software y se realiza un reconocimiento del lugar.

Preparación de materiales: En base a la metodología de (Salgado, 2000, p. 6), se preparó un tubo PVC de 1,5 m de largo y de 4 pulgadas de diámetro, donde se le realiza cortes horizontales hasta una altura de 1m del tubo alrededor del mismo. Se etiqueta botellas ámbar de 1L donde se almacenará el agua. Se prepara una hielera que contiene hielo para mantener las muestras a 4°C para la conservación de las muestras.

Preparación del terreno: En los puntos elegidos se realiza perforación de profundidad. Se inserta el tubo en la perforación y se procede a compactar y tapar el orificio exterior.

Monitoreos: Al transcurrir un mes desde la colocación del tubo se procede a tomar las muestras. Los monitoreos se realizan una vez al mes, desde junio hasta septiembre, es decir, cuatro meses según la planificación concretada.

Para iniciar el monitoreo se comienza con punto AIP1 hasta terminar con el punto AIP7. Para el monitoreo en agua de poro se procede a medir el nivel freático, primero se retira la tapa del tubo para medir con un flexómetro la distancia desde la boquilla hasta donde el agua se ha elevado. Antes de la toma in situ los parámetros físicos mediante el Multiparámetro se recoge la muestra para análisis de coliformes en un frasco de 100 ml, además, se coloca 1L de agua en cada frasco para su posterior análisis en laboratorios, una vez membretados todos los frascos se los guarda en una hielera para su conservación. Finalmente, se vacía el tubo para obtener nuevas muestras para el próximo monitoreo y se lo cierra con la tapa.

3.2. Técnicas de recolección de datos

3.2.1. Etapa de campo

Son los parámetros que se determina en el lugar de muestreo con el equipo llamado multiparámetro, *modelo AZ86031* que determina los cuatro parámetros que constan con las siguientes especificaciones: la temperatura del agua con un rango de 0-60°C, el potencial hidrogeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, medición de temperatura, medición de pH con un rango de 2-12, medición de OD con un rango de 0-199.9% y medición de conductividad eléctrica con un rango de 0-199.9µS/cm. El potencial redox se utiliza el equipo se utiliza el Medidor ORP modelo HI98201 con un rango de medición de 999 mV.

Tabla 3-1: Métodos utilizados en determinación de propiedades fisicoquímicas del humedal los Cubillines

Parámetro	Método	Principio	Unidad
pH	PH metro	Electrodo en el agua	-
Oxígeno disuelto	Electrodo	Electrodo en el agua	%
Temperatura	Termómetro	Electrodo en el agua	C
Conductibilidad eléctrica	Conductímetro	Electrodo en el agua	µS/cm
Potencial redox	Potenciómetro	Electrodo en el agua	mV

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

3.2.2. Etapa de laboratorio

Son parámetros determinados fuera del lugar de muestreo a las muestras de agua intersticial del humedal los Cubillines, que se analizan en los diferentes laboratorios de la Facultad de Ciencias.

Tabla 3-2: Métodos utilizados en determinación de cationes y aniones del humedal los Cubillines

Parámetro	Unidad	Principio	Método	Cita
SST	mg/L	Método Normalizado APHA-AWWA –WPCF - 2540 D.	Espectrofotómetro DR 2800	Estándar Methods Ed 23.
NO ₃ ⁻	mg/L	HANNA, Fotómetro para análisis de nutrientes	Espectrofotometría	Lab. GIDAC, 2022
NO ₂ ⁻	mg/L	HANNA, Fotómetro para análisis de nutrientes	Espectrofotometría	Lab. GIDAC, 2022
PO ₄ ³⁻	mg/L	HANNA, Fotómetro para análisis de nutrientes	Espectrofotometría	Lab. GIDAC, 2022
CO ₃ ⁻²	mg/L	Método Volumétrico	Titulación volumétrica	Estándar Methods Ed 23
HCO ₃ ⁻	mg/L	Método Volumétrico	Titulación volumétrica	Estándar Methods Ed 23
Na	mg/L	Método Normalizado APHA-AWWA –WPCF 3500-Na B	Espectrofotometría de absorción atómica	Estándar Methods Ed 23
K	mg/L	Método Normalizado APHA-AWWA –WPCF 3500-K B	Espectrofotometría de absorción atómica	Estándar Methods Ed 23
Ca	mg/L	Método Normalizado APHA-AWWA –WPCF 3500-Ca B	Espectrofotometría de absorción atómica	Estándar Methods Ed 23
Mg	mg/L	Método Normalizado APHA-AWWA –WPCF 3500-Mg B	Espectrofotometría de absorción atómica	Estándar Methods Ed 23
Coliformes fecales	UFC/100mL	Placas Petrifilm TM	Placas Petrifilm TM	Lab. Patología, 2022.

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Tabla 3-3: Métodos utilizados en la determinación fisicoquímico de suelo del humedal de los Cubillines

Parámetro	Unidad	Método
pH	-	pH-metro
Conductividad Eléctrica	μS/cm	conductímetro
Densidad Aparente	g/ml	Método del cilindro
Densidad Real	g/ml	Método del picnómetro
Porosidad	%	A partir de densidad real y aparente
Textura	-	Método de Bouyoucos
Humedad	%	Gravimétrico

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

3.2.2.1. Análisis de muestras de agua en laboratorio

La norma técnica ambiental indica que, para determinar los datos de las concentraciones de los parámetros establecidos en el presente estudio, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”

Aniones

Para la cuantificación de los aniones: fosfatos (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-), se ocupó el espectrofotómetro Hanna C 200, al igual que los test de Hanna HI-93728-0 Nitrate Reagent, HI Phosphate Low Range y HI Nitrite Low Range, respectivamente. El proceso se empieza encendiendo el equipo y se codifica el número de programa configurado para cada parámetro, luego se calibra con llenando el vial con agua destilada para encerrar el equipo, a continuación, se coloca 10 ml de muestra en un vial limpio y posteriormente se agrega el respectivo contenido de los sobres de reactivos y se agita a los tiempos establecidos en el manual de instrucciones “Fotómetro Multiparámetro de Sobremesa”, para Nitratos 18 segundos, para nitratos 1 minuto y para fosfatos 2 minutos, después de la agitación se retira el vial del blanco y se coloca el vial de la muestra en el porta viales, donde después de unos segundos el instrumento muestra directamente en el display la concentración en mg/l (Marilio, 2002, p. 8).



Ilustración 3-5: Espectrofotómetro Hanna para determinación de aniones.

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Tabla 3-4: Parámetros fisicoquímicos de suelo del humedal de los Cubillines.

Parámetro	AIP1	AIP2	AIP3	AIP4	AIP5	AIP6	AIP7
CE	86,45	27,21	43,3	40,26	24,245	31,48	34,6
pH	6,805	6,27	5,99	6,055	5,95	6,195	6,085
Densidad aparente	0,447	0,429	0,531	0,435	0,834	0,476	0,663
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Areno Francosa	Arcillo Limosa	Franca	Francolimosa	Franco arcillosa
	Franco limoso	Franco arcillosa	Franco	Arcillo Limosa	Franco arenosa	Francoarcillo limosa	Franco arcillosa
Humedad	61,471	61,557	43,029	59,229	37,673	58,069	43,227

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Cationes

El principio de la determinación de cationes se lleva a cabo con la Espectrofotetría de absorción atómica de llama, del cual 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. 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 (Bendezú, 2003, p. 48). La transmitancia de los metales se interpreta con el espectrofotómetro de absorción atómica mencionado, usando una curva previamente calibrada con el estándar más alto a 50 mg/L para sodio, potasio, magnesio y calcio. Para la calibración se realizó el análisis a partir de los estándares originales, los cuales contienen 1000 ppm de cada ion y se procede a preparar una solución con agua acidulada que contiene ácido nítrico. A partir de la solución obtenida se preparan 5 estándares los cuales serán aforados a 50 ml del agua acidulada.

Una vez que se filtraron 100 ml de todas las muestras al vacío para impedir que residuos afecten la medición, se procede a introducir la manguera del espectrofotómetro en el agua de muestra si se superan las lecturas del rango del espectro se debe realizar diluciones, tales que permitan leer los valores en los rangos apropiados.



Ilustración 3-6: Fotómetro de llama para determinación de cationes

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Coliformes

La determinación de coliformes fecales se realizó por el método de conteo por filtración al vacío por membrana para inocular, incubar y contar por duplicado. Para esto se necesitó del equipo de filtración al vacío conformado por una bomba, un Erlenmeyer, filtro y embudo de filtración por membrana, también de 3M placas Petrifilm EC (E. coli – coliformes) y Agar Mac Conkey, del cual se preparó para 14 cajas Petri.

Para comenzar el proceso se esterilizaron las cajas Petri en el autoclave junto con el agar disuelto en el matraz Erlenmeyer y los materiales a usarse en la inoculación. Una vez armado el equipo de filtración al vacío se coloca una membrana con la ayuda de unas pinzas en el filtro, se sitúa el embudo encima y se ajusta el equipo con el soporte adecuado. Se enciende la bomba y se procede a verter los 100 ml de muestra. Una vez que todo el líquido haya pasado por el filtro con cuidado se retira la membrana con la pinza previamente flameada para ubicar dentro de la caja Petri, de esta manera se dejó encubar las cajas Petri sembradas en una estufa por 24 horas a 37 grados Celsius para después contabilizar las unidades formadoras de colonias que se encuentran en el centro de la cuadrícula de la membrana.



Ilustración 3-7: Equipo de filtración por membrana para coliformes

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Sólidos suspendidos totales

Para la determinación de SST se utilizó el equipo de espectrofotometría que se encuentra en el laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias, para que mediante la turbidez y la refracción se pueda evidenciar la absorbancia de cada muestra de agua. Para el análisis se tuvo que dejar a las botellas con las muestras a temperatura ambiente ya que no se puede ocupar el equipo si las muestras de agua están a temperaturas muy bajas. Una vez que las muestras tienen temperatura ambiente se procede a encender el equipo y configurar el parámetro que se desea

determinar, para ello se encera con agua destilada en un vial de vidrio y se continúa a la lectura de 10 ml de muestra en otro vial. La lectura del parámetro se da en mg/l.



Ilustración 3-8: Equipo de refracción para determinación de SST

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Carbonatos y bicarbonatos de agua

El procedimiento para determinación de bicarbonatos se hace seguidamente después de la determinación de carbonatos, puesto que se ocupa la misma muestra de agua. Se preparó una disolución de HCl aproximadamente 0.01 N a partir de HCl 2 N concentrado y a continuación se realizó cálculos para determinar el volumen necesario para obtener una solución de HCl el cual fue 1.25 ml y a continuación se aforó en 250 ml de agua destilada para obtener una solución con las características buscadas, después se armó el equipo de titulación con una bureta, soporte, matraz, pipeta volumétrica y se procedió a tomar las muestras de agua las cuales fueron agregadas 3 gotas del indicador fenolftaleína el cual indica una coloración rosa si hay presencia de carbonatos, de ser se comienza la titulación para valorar la concentración correspondiente hasta que esta se vuelva transparente, caso contrario de no haber carbonatos se prosigue a la determinación de bicarbonatos, para lo cual se agrega y a continuación se añade 3 gotas del indicador naranja de metilo el cual indica la presencia de bicarbonatos, después de titular con la solución obtenida anteriormente, la que se debe obtener un color rosa claro, por ultimo con los datos obtenidos de volumen utilizado en la titulación y una serie de cálculos estequiométricos se consigue la concentración de bicarbonatos (Moreno et al., 2011, p. 1).



Ilustración 3-9: Titulación para determinación de carbonatos y bicarbonatos

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

3.2.2.2. *Análisis de muestras de suelo*

Los procedimientos llevados a cabo para la determinación de las propiedades físicas de las muestras de suelos recolectadas están basados en la Guía para la descripción de suelos de la Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

pH de suelo

El valor del logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno del suelo se debe analizar lo más pronto posible de la recolección, puesto que se puede alterar la muestra con el tiempo. Para ello se utilizó una balanza analítica para pesar 20 gramos por cada muestra en un recipiente en donde se mezcló con 45 ml de agua destilada y se precedió a mezclar durante 15 minutos. Se reposo la mezcla y se introdujo el pH-metro en el vaso y después de 5 minutos aproximadamente el equipo dio la lectura de las 14 muestras.



Ilustración 3-10: Medición de pH de muestras de suelos

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Conductividad eléctrica de suelo

Para el análisis en el laboratorio de este parámetro se utilizó la misma mezcla que se realizó del pH con la relación de 1/3 de suelo en agua destilada. A diferencia que para obtener la lectura se dejó en reposo a los vasos con la muestra por 24 horas. Cabe mencionar que después de cada lectura, la sonda del conductímetro utilizado se lava con agua destilada para impedir alteraciones en el siguiente análisis (Córdoba, 2022, p. 45).

Densidad aparente de suelo

La determinación se realizó mediante el método de “El cilindro”, el cual Consiste en insertar un cilindro en el suelo, obteniendo la muestra desde su interior y logrando estabilizarse gracias a la coherencia y adhesividad del tipo de suelo. Se obtuvo muestras con cilindro a una profundidad de 0c m a 30 cm y otra de 30 cm a 60 cm. Una vez en el laboratorio, se extrajo la tierra del cilindro y se colocó en una canasta apta para el posterior secado a 105° C por 24 horas. Previamente se pesó la canasta vacía y se midió el volumen del cilindro metálico con la ayuda de un pie de rey como herramienta de medición. Teniendo los datos se procede a realizar el respectivo cálculo de la densidad aparente según la siguiente formula.

$$Da = \frac{Pss}{Vc}$$

Donde:

Pss= Peso del suelo seco ((Peso seco+ Peso canasta)- Peso canasta vacía) en g

V = Volumen del cilindro cm³

Densidad real del suelo

Se utilizó el método del picnómetro para determinar la densidad real de las muestras de suelo. La metodología se basa mediante una serie de pesadas. Se comienza pesando en una balanza el picnómetro de 10 ml de volumen sin muestra y con su respectiva tapa, luego se le agrega un aproximado de 5 g de suelo previamente secado, molido, tamizado y se pesa. Después se agrega agua destilada hasta la mitad del volumen del picnómetro para agitar y evitar las burbujas. Finalmente se agrega más agua hasta llegar a la línea de aforo y se procede a pesar. Una vez que se cuenta con los respectivos datos se reemplaza en la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= Masa de los sólidos

V=volumen de los sólidos

Porosidad

El valor de la porosidad en porcentaje se obtuvo con el resultado de la densidad aparente y densidad real, aplicando la siguiente expresión (Llambí et al., 2012, p. 222).

$$P = \left(1 - \left(\frac{da}{dr} \right) \right) * 100$$

Donde:

P= porosidad

Dr=densidad real

Da=densidad aparente

Humedad

Para poder calcular el porcentaje de humedad de las muestras de suelo, se aprovechó el pesaje y secado de las muestras recolectadas a través del método del cilindro, es decir se pesó la muestra húmeda y por consiguiente se llevó a las muestras en sus respectivas canastas a secar por 24 horas a 105° C, para que una vez secas las muestras se puedan pesar nuevamente y poder aplicar la siguiente formula:

$$\%H = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps} \right) * 100$$

Donde:

PH= Peso húmedo de la muestra en g.

Ps= Peso seco de la muestra en g

Textura de suelo por método de Bouyoucos

La textura de las muestras de suelo se determinó por el método de Bouyoucos, también denominado método del hidrómetro o densímetro y sirve para determinar el contenido de arcilla, limo y arena en porcentajes, los cuales se obtienen mediante la separación de las partículas en grados clasificados de acuerdo a su diámetro. El proceso consiste en secar la muestra de suelo al aire para disgregarla y tamizarla y proceder a colocar 50 gramos en un vaso de precipitación con 50 ml de hexametáfosfato ((NaPO₃)₆) de sodio 0.1 M y 100 ml de agua destilada por 24 horas para después agitar por 5 minutos, luego pesar la mezcla en una probeta y enrasar con agua destilada y homogeneizar y anotar el tiempo inicial de sedimentación. A continuación, en una probeta de 1L, preparar un blanco que consiste en 100 ml de solución de (NaPO₃)₆ y 900 ml de agua destilada. Hay que considerar el tiempo inicial e introducir el hidrómetro en la probeta en los periodos de tiempo de 1, 3, 10, 30, 60, 90, 360, 480 y 720 minutos. Después de cada toma de lectura en la probeta de la suspensión inmediatamente introducir el hidrómetro en la probeta del blanco y tomar también el valor. Finalmente, ya con los datos registrados se realiza los cálculos respectivos para obtener los porcentajes de arena, limo y arcilla, conjuntamente con el triángulo de texturas de USDA (Sucuy y Castillo, 2021, p. 15).

Para el porcentaje en peso de partículas que se interpolara con el diámetro de la partícula en el diagrama denominado papel semilogarítmico de textura, se debe aplicar la siguiente formula:

$$\%P = \frac{Ln - Lo}{P} * 100$$

Donde:

Ln = lectura del hidrómetro en la suspensión

Lo= la lectura del hidrómetro en el blanco

P= peso inicial de la muestra seca al aire

Después, de adquirir los porcentajes de limo y arcilla en el Diagrama semilogarítmico para determinación de porcentaje en peso se encuentra los porcentajes de las tres texturas:

$$\%Arcilla = \%Arcilla$$

$$\%Limo = \%Limo. - \%Arcilla$$

$$\%Arena = 100 - \%Arcilla - \%limo$$

Finalmente, se coloca los datos en el triángulo y se siguen las líneas paralelas a las fracciones, la unión de las tres líneas indica el tipo de textura de la muestra.

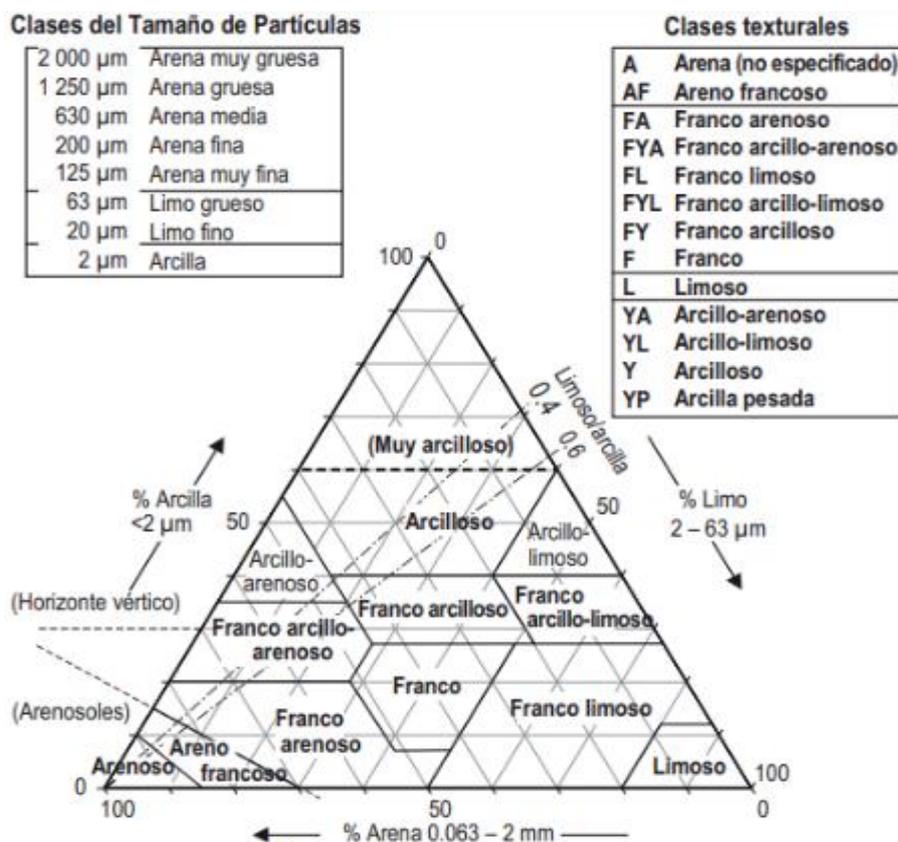


Ilustración 3-11: Clasificación de la textura de suelo

Fuente: (Food and Agriculture Organization [FAO], 2009)

3.2.3. *Relación de adsorción de sodio (RAS)*

La tasa de sorción de sodio determina la proporción de elementos disueltos y consolidados en la estructura del suelo y evalúa el peligro del sodio en relación con la concentración de calcio y magnesio. El exceso de sodio en el agua de riego favorece la dispersión de coloides en contacto con el suelo y desplaza los cationes divalentes Calcio y Magnesio, reduciendo así la facilidad del suelo para introducir agua y oxígeno en el perfil. La alcalinidad del sodio se expresa como la presencia relativa de Na⁺ en relación con los cationes Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ (Gómez et al., 2015, p.44). El RAS se puede calcular con la siguiente formula:

$$RAS = \frac{NA +}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

Donde:

Na⁺ = la concentración de Sodio en meq/l

Ca⁺ = la concentración de Calcio en meq/l

Mg⁺ = la concentración de Magnesio en meq/l

3.2.4. *Diagrama de Richards*

El diagrama de Richards se propuso en el Laboratorio de Salinidad de Riverside en Estados Unidos (USLS) en 1954 para clasificar el agua de riego y determinar el grado de peligro causado por la presencia de sodio y salinidad en el agua. El sistema clasifica la alcalinidad por el índice S: agua baja en sodio (S1), agua mediana en sodio (S2), agua alta en sodio (S3) y agua muy alta en sodio (S4). En términos de concentración de iones, se basan en la concentración total de sales solubles, que se puede expresar por conductividad, y se dividen en cuatro categorías: agua con bajo contenido de sal (C1: < 250 μS/cm), agua de salinidad media (C2: 250 - 750 μS/cm), agua de salinidad alta (C3: 750 - 2 250 μS cm⁻¹) y agua de salinidad muy alta (C4: > 2 250 μS/cm) (Can et al., 2014, p. 4). A continuación, se presenta la Ilustración 3-12 donde se tendrá que interpolar los resultados de las dos variables de los monitoreos.

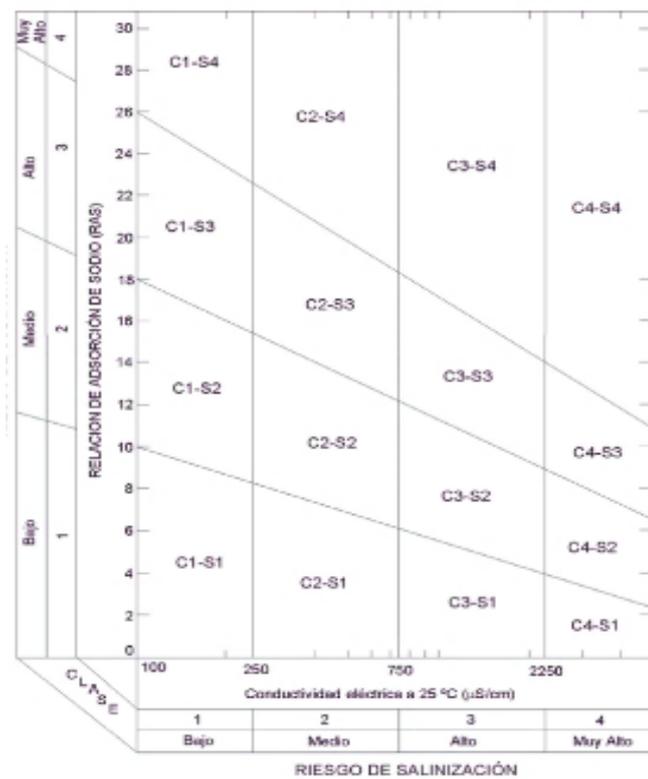


Ilustración 3-12: Diagrama de Richards

Fuente: (Olfas et al., 2005).

Equilibrio químico

El balance iónico calcula la diferencia entre el total de aniones y cationes determinado en mili equivalentes por litro (meq/L). Esto se refiere a que la suma de cationes mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) es igual a la suma de aniones mayoritarios (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^{2-}), esto se realiza para valorar la precisión del análisis químico a desarrollarse; siendo cero el valor de un balance ideal entre las especies y se pueden calcular las diferencias en el balance eléctrico (% B.I.) (Appelo y Postma, 1996, p. 41).

$$\% \text{ B.I.} = \frac{\left| \sum \text{cationes} \left(\frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) - \sum \text{aniones} \left(\frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) \right|}{\left| \sum \text{cationes} \left(\frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) + \sum \text{aniones} \left(\frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) \right|} \cdot 100$$

Se considera que los valores superiores al 5 % sugieren un mayor error (e) suficiente para rechazar el análisis. El valor de “e” debe ser menor que el 2 % (Matthess, 1982, p. 221).

Los rangos de error para aceptar el análisis de una muestra de agua también dependen del valor de conductividad eléctrica (Custodio y Llamas, 1996, p. 18). La Tabla 3-5 presenta los valores para los diferentes criterios respectivamente.

Tabla 3-5: Error aceptable del BI con base en CE

Conductividad eléctrica (μS/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: (Universidad EAFIT, 2020)

3.3. Evaluación de la conservación del humedal

Para obtener una aproximación general sobre el estado del humedal se aplicó el método de *Coppus et al. (2001)*, el cual propone una fórmula que considera parámetros a los que se les asigna un valor en una escala semicuantitativa subjetiva entre 0 (nada) y 5 (mucho), para ello se analizó visualmente el paisaje del entorno para considerar elementos positivos y negativos, y el resultado final variara entre 0, que significa bajo estado de conservación y 5, que significa excelente estado de conservación (Hofstede et al., 2002, p. 6), no obstante la formula presenta inconsistencias por lo que se procedió a aplicar la ecuación modificada de (Landa y Tituaña, 2020, p. 33) que tiene las mismas variables a considerar, tanto elementos positivos como es la fauna nativa, Materia orgánica y Actividad biológica del suelo, y variables negativas como Quemadas de vegetación, Pastoreo de animales, Degradación y otros Disturbios Humanos, la diferencia entre la fórmula original y la fórmula planteada es las ponderaciones asignadas a cada parámetro. Así mismo los autores presentan una tabla de la categorización de los rangos de valores del estado de conservación para la evaluación, véase Tabla 3-6.

$$EC = \frac{4 + 0.33 * FN + 0.333 * MO + 0.333 * ABS - 0.25 * Qu - 0.25 * Pa - 0.25 * De - 0.25 * DH}{2}$$

Donde:

EC = Estado de Conservación

FN = Fauna Nativa

MO = Materia Orgánica

ABS = Actividad Biológica del Suelo

Qu = Quema

Pa = Pastoreo

De = Degradación

DH = Otros Disturbios Humanos.

Tabla 3-6: Escala de estado de conservación

Estado	Valor
Muy bajo	0 - 0,5
Bajo	0,6 - 1,5
Moderado	1,6 - 2,5
Bueno	2,6 - 3,5
Muy Bueno	3,6 - 4,5
Excelente	4,6 >5

Fuente: (Landa y Tituaña, 2020)

3.3.1. Análisis estadístico

3.3.1.1. Análisis de varianza

El análisis ANOVA permite revisar la variación en una variable de respuesta (variable continua aleatoria) medida en circunstancias determinadas por factores discretos (variables de clasificación) (Dagnino, 2014, p. 307). Se utilizó el estadístico mencionado para comparar dos o más grupos sobre la media de una variable, en este estudio se comparó la zona del humedal que no tiene intervención antropogénica y la zona donde si hay intervención. El programa estadístico computacional Excel arrojó valores de p exactos para un determinado valor de F.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de muestras de agua

4.1.1. Cationes

Se realizó el análisis descriptivo de los cationes: Na⁺, Mg⁺, Ca⁺ y K⁺ del humedal los Cubillines.

Tabla 4-1: Análisis descriptivo de sodio, magnesio, calcio y potasio de los Cubillines

Parámetro	SODIO		MAGNESIO		CALCIO		POTASIO	
	No Interveni da	Interveni da	No Interveni da	Interveni da	No Interveni da	Interveni da	No Interveni da	Interveni da
Media	3,26	4,163733 3	10,75441 8	9,039708 3	19,84917 5	22,46563 3	5,953975	8,838691 6
Error típico	0,257948 66	0,589849 4	1,448056 74	1,029361 63	3,042507 27	3,948046 98	0,426600 99	1,039540 68
Mediana	3,3276	3,6369	8,9699	9,0425	16,86315	21,28425	5,65715	8,1997
Moda	#N/A	#N/A	#N/A	9,0425	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Desviación estándar	1,031794 63	2,043298 25	5,792226 95	3,565813 29	12,17002 91	13,67643 59	1,706403 96	3,601074 56
Varianza de la muestra	1,064600 15	4,175067 76	33,54989 3	12,71502 44	148,1096 08	187,0449	2,911814 47	12,96773 8
Curtosis	4,057065 39	1,668236 19	- 0,546720 97	2,890680 46	3,516148 69	0,842236 19	- 1,265337 8	- 1,612855 31
Coefficiente de asimetría	1,289875 83	1,099610 29	0,817514 52	1,382992 73	1,858171 31	1,196125 66	0,421849 3	0,322567 35
Rango	4,4294	7,5994	18,1964	13,4677	45,3947	42,2488	4,8901	9,2526
Mínimo	1,7977	1,3103	4,1945	4,5233	8,3564	8,3206	3,6723	4,5105
Máximo	6,2271	8,9097	22,3909	17,991	53,7511	50,5694	8,5624	13,7631
Suma	52,1709	49,9648	172,0707	108,4765	317,5868	269,5876	95,2636	106,0643
Cuenta	16	12	16	12	16	12	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-1 muestra el resumen estadístico espacial de cada catión según el origen del punto de muestreo que son entre zonas no intervenidas que cuenta con 16 puntos y zonas intervenidas con 12 puntos en donde muestra una alta desviación estándar del ion calcio con 12.1700291 en la zona no intervenida y de 13.6764359 en la zona intervenida en el cual según Quevedo (2011, p. 3), considera que un valor de desviación menor demuestra que los puntos de datos están cerca de la media y que un valor de desviación mayor indica que los datos se dividen en un extenso rango de valores. La curtosis menor se encuentra en el ion potasio siendo de -1.2653378 correspondiente

a la zona no intervenida y de -1.61285531 de la zona intervenida lo que según (Oliva, 2010, p. 7) sugiere que la curtosis analiza la concentración de valores ubicados alrededor de la región central de la distribución en donde una curtosis positiva tiene una distribución relativamente plana y una curtosis negativa tiene una distribución relativamente plana.

4.1.1.1. Sodio

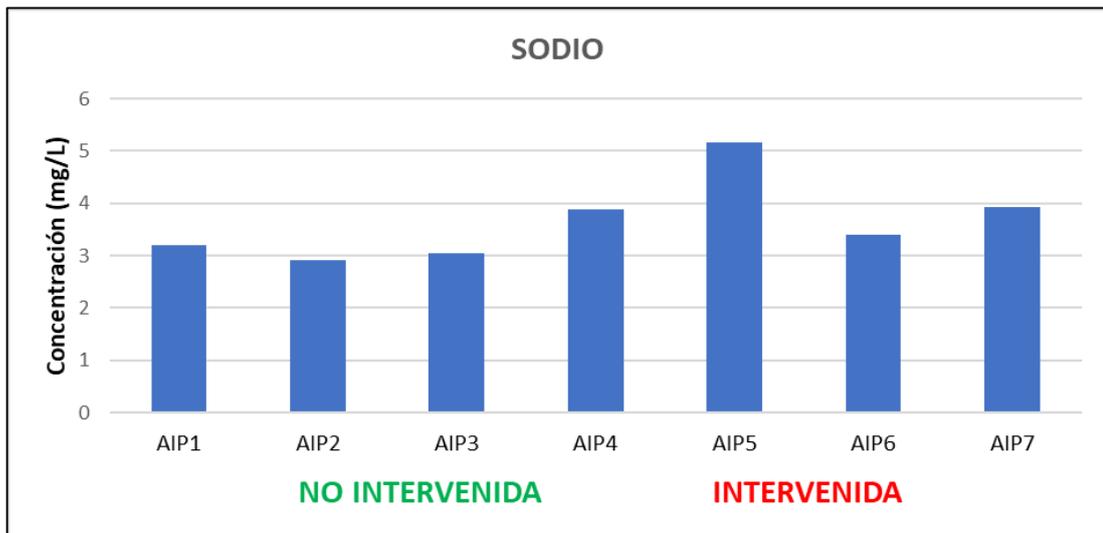


Ilustración 4-1: Concentraciones promedios por puntos

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

El sodio (Na^+) en el humedal de los Cubillines presenta valores del catión mínimos en el punto de muestreo AIP2 siendo el valor promedio 2.92 mg/L y esto se debe a que el lugar corresponde a la zona no intervenida en donde no se evidencia actividades antrópicas intensivas en comparación con los valores máximos que se obtuvieron en AIP5 correspondiente a la zona intervenida con un valor promedio de 5.17 mg/L donde existe actividades como ganadería y turismo.

En el Ilustración 4-1 se observan ligeras variaciones en la concentración de sodio presentando los valores más altos en la zona intervenida, según (Gómez et al., 2015, p. 42) este comportamiento se debe al deterioro ambiental lo que ocasiona menos presencia de plantas en ese lugar de estudio lo que está relacionado al alto contenido de sodio que priva al suelo de su capacidad de transportar agua y oxígeno, creando un ambiente anaeróbico y acumulando sales que no son nutrientes para las plantas que afectan la fertilidad de las plantas.

4.1.1.2. Magnesio

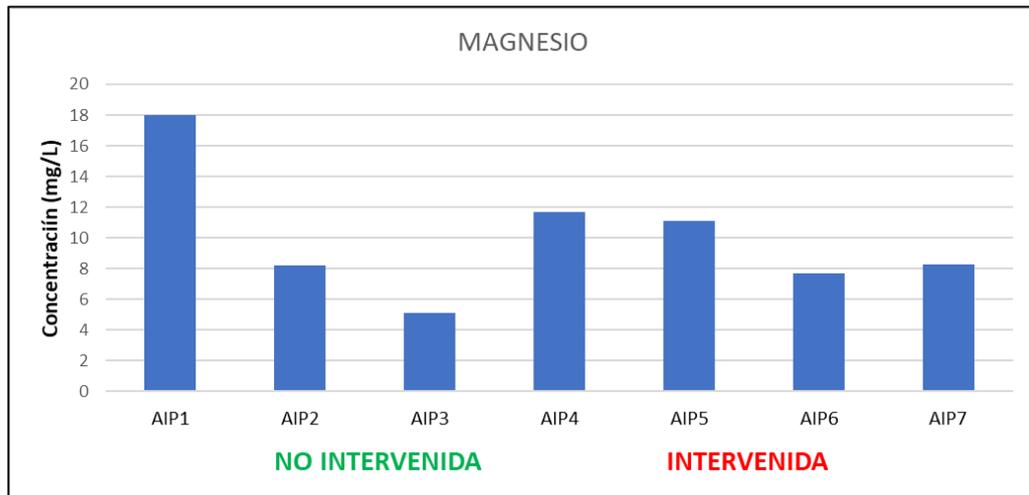


Ilustración 4-2: Concentraciones de magnesio por puntos

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en el Ilustración 4-2, siendo el punto AIP3 donde se encontró el valor mínimo promedio con 5.10 mg/L y en el punto AIP1 se analizaron los valores más altos de todos los puntos de muestreo con un promedio de 18.01 mg/L, ambos correspondientes a la zona no intervenida. Esto se podría relacionar con lo que (Ortega et al., 1999, p. 7) menciona, acerca de los minerales de magnesio que se disocian iónicamente en el agua con cierta facilidad pasando a formar parte de las aguas subterráneas que rellenan los humedales, es decir los suelos ricos en magnesio proceden de la meteorización de rocas carbonadas.

4.1.1.3. Calcio

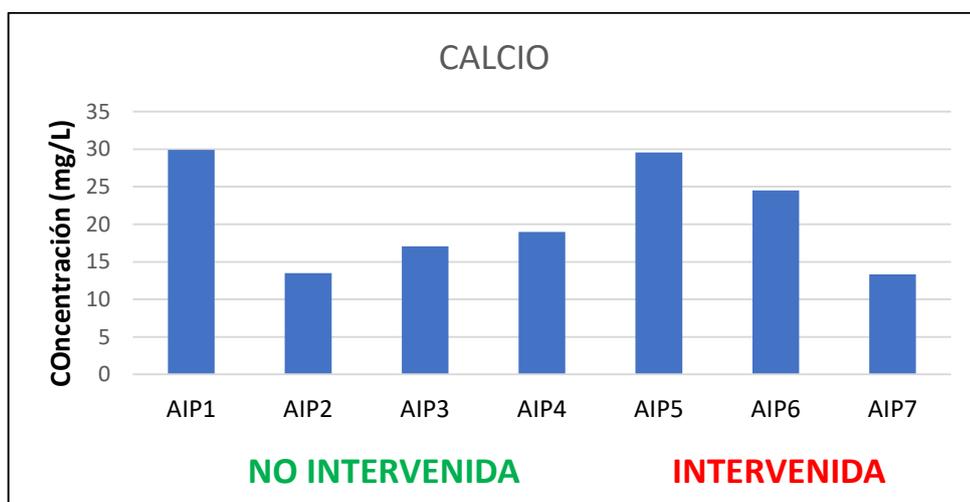


Ilustración 4-3: Concentraciones de calcio por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Los valores obtenidos durante el monitoreo para el ion calcio se exhiben en el Ilustración 4-3, siendo el punto AIP1 en la zona no intervenida el que presenta una mayor concentración con 29.88 mg/L, esto resulta por la presencia de calcio en las aguas naturales que tiene su fuente en la lixiviación de los terrenos calizos que atraviesa el humedal, sumado a que los monitoreos se realizaron en presencia de fuertes precipitaciones afectando a los procesos de escorrentía hacia el humedal, originando un aumento en los niveles de calcio, de acuerdo a (Mena y Medina, 2000, p. 5) los suelos de los páramos del norte y centro del país (ándicos) gracias a su estructura granular estable, tienen alta porosidad lo que produce una buena permeabilidad, que a su vez hace que sean resistentes a la erosión por lo tanto la tasa de retención del agua es muy elevada.

4.1.1.4. Potasio

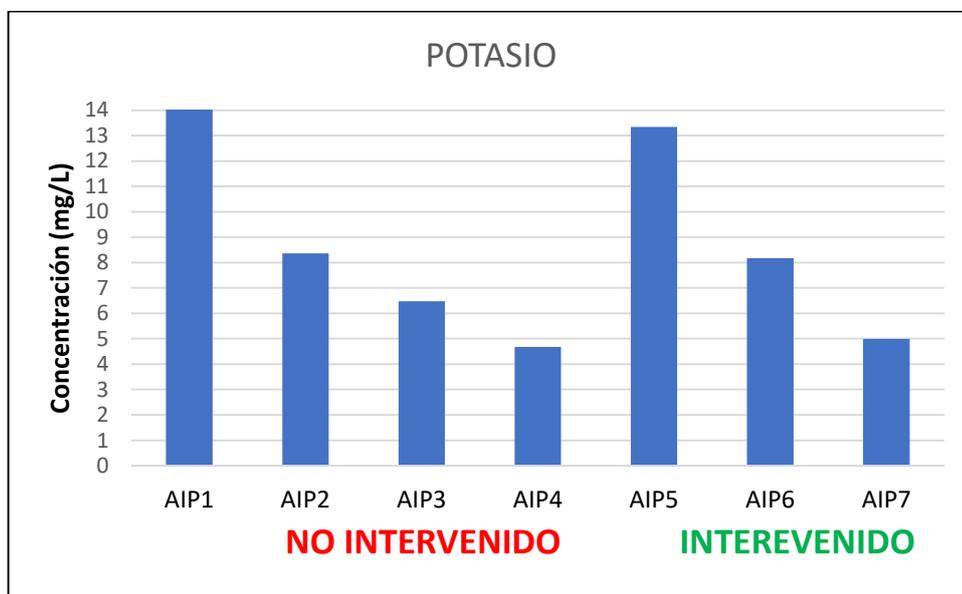


Ilustración 4-4: Concentraciones de potasio por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En el Ilustración 4-4 muestra el análisis espacial del catión potasio donde se determinaron valores máximos detectados en el punto AIP1 con un valor promedio de 15.51 mg/L y valores mínimos en el punto de AIP4 con un valor promedio de 4.67 mg/L, ambos puntos corresponden a la zona no intervenida. Se puede observar la variación de la concentración del potasio en las distintas zonas de estudio, evidenciando datos similares en zonas con poca intervención humana y en zonas con actividad antrópica. Según (Redondo, 2015, p. 3) el potasio se encuentra de forma natural en las aguas superficiales debido a la erosión de las piedras y del suelo, lo mismo que concuerda (Manchenoatauchi y Medina, 2011, p. 117), ya que en su estudio realizado sobre el análisis de humedales altoandinos dice que es común que se mantenga niveles altos de este metal, ya que estos son suelos de origen volcánico con altos contenidos de materia orgánica.

ANOVA de Cationes

Tabla 4-2: Análisis de nivel de significancia de sodio, magnesio, calcio y potasio de los Cubillines

Parámetro	P	Significancia
SODIO	0.137	*
MAGNESIO	0.37	*
CALCIO	0.59	*
POTASIO	0.009	**

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

La Tabla 4-2 muestra las diferencias estadísticamente significativas considerando un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas cuando $P > 0.05$. En este caso el sodio tiene una P de 0.137 y no indica una diferencia estadísticamente significativa de la media de sodio (mg/L) entre los puntos de muestreo. En cuanto al magnesio se obtiene un p de 0.37 lo que significa que no muestra un nivel de significancia entre los diferentes puntos. De la misma manera el calcio tiene un valor de p de 0.59 que no muestra un valor de significancia. Por lo contrario, el potasio tiene un valor de P inferior a 0.05 de 0.009, lo que significa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

4.1.2. Conductibilidad eléctrica y solidos suspendidos totales

Tabla 4-3: Análisis descriptivo de solidos suspendidos totales y conductividad eléctrica de los Cubillines

Parámetro	SST		C.E.	
	No Intervenida	Intervenida	No Intervenida	Intervenida
Zona	No Intervenida	Intervenida	No Intervenida	Intervenida
Media	22,5625	32,3333333	144,2	245,963889
Error típico	1,72232583	1,26331294	20,334517	20,1844431
Mediana	23	33	124,85	253,666667
Moda	23	34	261	#N/A
Desviación estándar	6,8893033	4,37624441	81,3380682	69,9209618
Varianza de la muestra	47,4625	19,1515152	6615,88133	4888,9409
Curtosis	-1,05295758	0,25406986	-0,81838261	1,11394157
Coefficiente de asimetría	-0,06460023	-0,72254313	0,76791684	-1,00859384
Rango	21	15	232	236,1
Mínimo	12	23	56	86,9
Máximo	33	38	288	323
Suma	361	388	2307,2	2951,56667
Cuenta	16	12	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-3 se muestra el resumen estadístico de los sólidos suspendidos totales y conductibilidad eléctrica según el origen del punto de muestreo entre la zona no intervenida que cuenta con 16 puntos de muestreo y la zona intervenida con 12 puntos de muestreo. La media de la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la media de sólidos suspendidos totales, por lo tanto, cuanto mayor sea la concentración de sólidos suspendidos totales, mayor será la concentración de conductividad, esto según (Jaya, 2017, p.75) es debido a la capacidad de ionizarse de los sólidos que se incorporan procedente del lavado del suelo.

4.1.2.1. Conductividad eléctrica

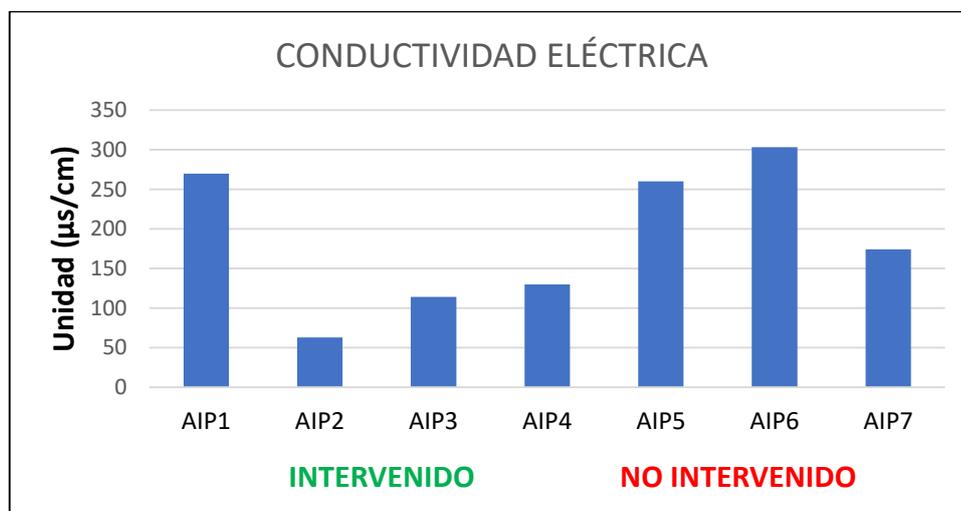


Ilustración 4-5: Conductividad eléctrica del humedal los Cubillines

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica durante el monitoreo se muestran en el Ilustración 4-5, siendo la zona intervenida la que presenta una mayor concentración, en donde el punto AIP6 tiene el valor máximo de 303.33 µs/cm, los resultados que continúan son el punto AIP5 y en la zona conservada el punto AIP1, este cambio brusco puede ser debido a la presencia de sólidos disueltos que tienen la capacidad de ionizarse de origen natural procedente del lavado del suelo como lo menciona (Jaya, 2017, p. 76), sin embargo, de forma general la conductividad eléctrica en el agua del humedal es muy baja siendo aptas para riego, hecho que se confirma con la interpolación de CE y con los resultados del cálculo de Relación de Adsorción de Sodio.

4.1.2.2. Sólidos suspendidos totales

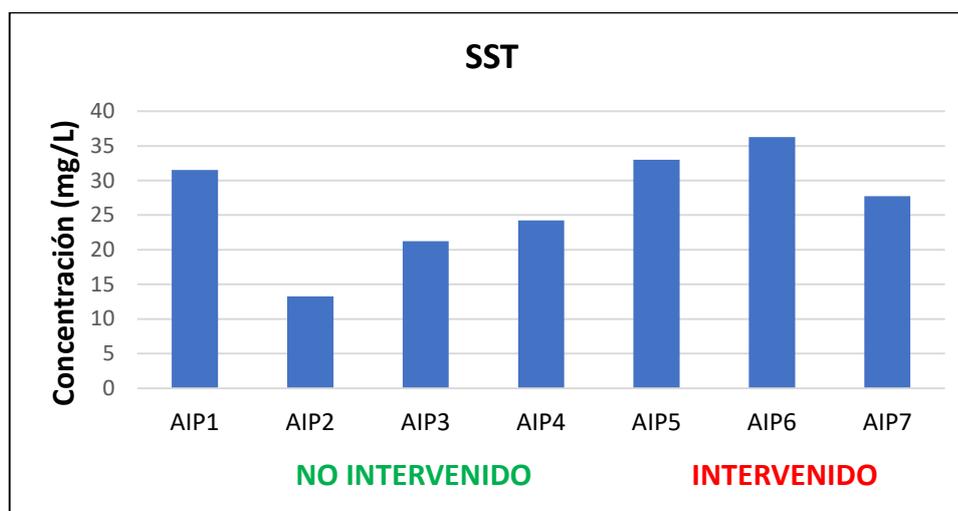


Ilustración 4-6: Sólidos suspendidos totales del humedal los Cubillines

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En las Ilustración 4-6 se muestra el análisis espacial de sólidos suspendidos totales (mg/L), donde se resume los diferentes datos cuantitativos de los muestreos del lugar de estudio. Los valores mínimos del análisis de sólidos suspendidos totales se detectaron en la zona no intervenida en el AIP2, siendo de 13.25 mg/L el valor promedio, los valores máximos se tuvieron en AIP6 con un valor de promedio de 36.25 mg/L, ubicado en la zona intervenida. Según (Jaya, 2018, p. 75) el aumento de SST en esta zona es debido a la inestabilidad del suelo, generado por la erosión que es ocasionado mayoritariamente por el micro deslizamiento producido por el pastoreo y la sobreexplotación de los recursos como son la extracción de áridos, la ganadería y la agricultura, también se puede evidenciar un aumento de SST en el punto AIP1 perteneciente a la zona no intervenida, en este caso no hay presencia de pastoreo, por lo que la razón de esta alteración es la escorrentía o procesos naturales como el transporte de los sólidos, considerando que la zona donde está ubicado este punto está próximo a un canal de riego.

ANOVA de Conductibilidad eléctrica y Sólidos suspendidos totales

Tabla 4-4: Análisis de nivel de significancia de sólidos suspendidos totales y conductividad eléctrica de los Cubillines

Parámetro	P	Significancia
CE	0,0018	**
SST	0,00021	**

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

La tabla ANOVA muestra las diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. Después del análisis de sólidos suspendidos totales se tiene una p de 0.00021 e indica que, si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores entre puntos de muestreo, considerando que no existen diferencias estadísticamente significativas cuando $P > 0.05$. En cuanto a la conductibilidad eléctrica se obtiene un p de 0.018, lo que muestra un nivel de significancia entre los diferentes puntos, es decir sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

4.1.3. *Potencial redox y coliformes fecales*

Tabla 4-5: Análisis descriptivo de potencial redox y coliformes fecales de los Cubillines

Parámetro	P.redox		coliformes	
	No Intervenida	Intervenida	No Intervenida	Intervenida
Zona	No Intervenida	Intervenida	No Intervenida	Intervenida
Media	-10,543125	-0,205	5,5	6,33333333
Error típico	5,76375418	0,11097707	1,64062996	2,61503037
Mediana	0	-0,195	2,5	0,5
Moda	0	#N/A	0	0
Desviación estándar	23,0550167	0,38443583	6,56251984	9,05873093
Varianza de la muestra	531,533796	0,14779091	43,0666667	82,0606061
Curtosis	1,28935781	0,80758543	-0,30658481	-0,89431326
Coefficiente de asimetría	-1,77186475	0,33346425	1,02791122	0,98718997
Rango	58,71	1,41	19	23
Mínimo	-58	-0,81	0	0
Máximo	0,71	0,6	19	23
Suma	-168,69	-2,46	88	76
Cuenta	16	12	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-5 se muestra el resumen estadístico de los coliformes fecales y potencial de los puntos de las zonas no intervenidas que cuenta con 16 puntos y zonas intervenidas con 12 puntos. En el caso del potencial redox las medias tienen mucha diferencia entre la zona no intervenida y la que si tiene intervención con -10,543125 y -0.205 respectivamente. En el caso del indicador de contaminación de coliformes fecales no varía mucho los promedios entre zonas. Hay que tener en cuenta que el potencial redox es indirectamente proporcional a la cantidad de coliformes fecales, por lo tanto, cuanto menor sea dicha concentración, mayor es el número de coliformes fecales, como lo dice (Mérida, 2020, p. 6).

4.1.3.1. Potencial redox

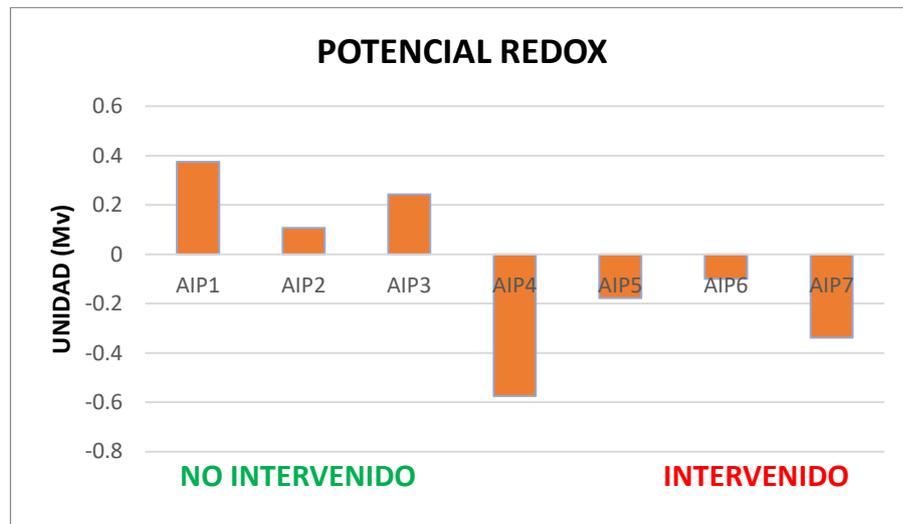


Ilustración 4-7: Concentraciones de potencial redox por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en el Ilustración 4-7, siendo los valores tanto de la zona intervenida como los de la zona no intervenida bajos, el punto AIP4 es en donde se detectó el valor mínimo con -57.5 Mv, la razón de estos resultados es la presencia de purines en todos los puntos de muestreo por la presencia de animales, los resultados concuerdan con el argumento de (Peira, 2014, p. 4) que manifiesta que en el agua con cargas elevadas de materia orgánica el medio será notoriamente reductor e indicará potenciales redox muy negativos.

4.1.3.2. Coliformes fecales

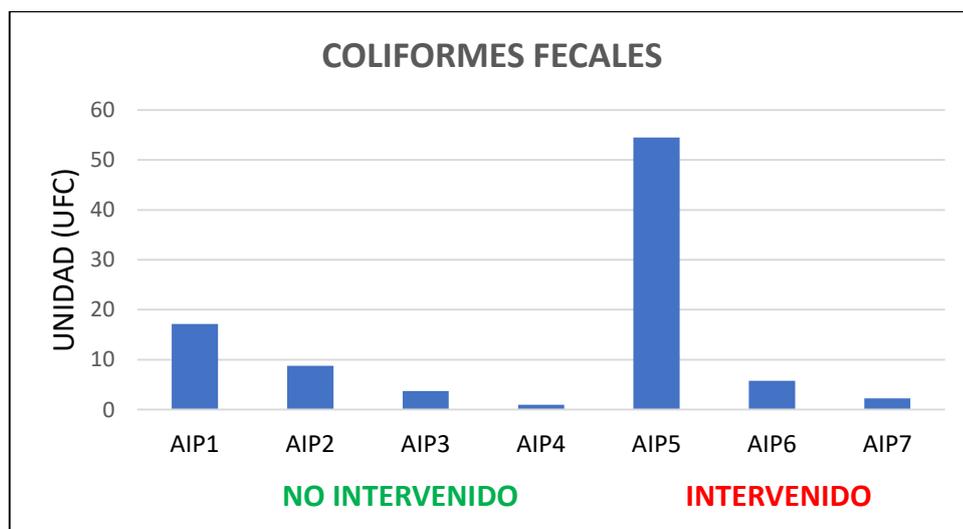


Ilustración 4-8:: Concentraciones de coliformes fecales por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Ilustración 4-8 se muestra el análisis espacial de coliformes fecales (UFC/100 ml). Los valores mínimos del análisis de coliformes fecales se detectaron en el punto AIP4, siendo de 1 UFC/100 ml el valor promedio, en cuanto a los resultados máximos se obtuvieron en el punto AIP5 con un valor de promedio de 54.5 UFC/100ml. El pastoreo intensivo que concentra el ganado junto al humedal ocasiona que los excrementos y otros desechos ganaderos llegan por arrastre y lixiviación según (Loja, 2013, p. 10) sin embargo, el nivel de estos microorganismos no es perjudicial debido a que se encuentran dentro de los rangos permisibles en base a las guías de calidad de agua para uso agrícola y pecuario, con lo que se puede afirmar que el agua usada para las actividades agropecuarias es bacteriológicamente segura según (Guilcamaigua y Chancusig, 2019, p. 16).

ANOVA de Potencial redox y coliformes fecales

Tabla 4-6: Análisis de nivel de significancia de potencial redox y coliformes fecales de los Cubillines

Parámetro	P	Significancia
Potencial Redox	0,134	*
Coliformes	0,77	*

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Las diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza se muestran en la Tabla 4-6, y se considera que no existen diferencias estadísticamente significativas cuando $P > 0.05$. El potencial redox tiene un valor de p de 0.134, lo que significa que no indica una diferencia estadísticamente significativa entre los valores entre puntos de muestreo. En cuanto a los coliformes fecales un valor de p de 0.77 donde tampoco muestra un nivel de significancia entre los diferentes puntos y no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

4.1.4. Aniones

El monitoreo de estos iones permite analizar como indicador de contaminación ambiental de origen antropogénico.

Tabla 4-7: Análisis descriptivo de aniones de los Cubillines

Parámetro	NITRATOS		NITRITOS		FOSFATOS		BICARBONATOS	
	No Interveni da	Interveni da						
Media	4,3	4,575	0,02025	0,02416667	1,516875	2,62666667	509,3125	688,75
Error típico	0,58345237	0,73815136	0,00392375	0,00416667	0,30763577	0,06020588	38,3876845	84,0148007
Mediana	3,8	4,3	0,015	0,025	1,53	2,75	495,5	800
Moda	#N/D	#N/D	0,01	0,04	2,75	2,75	320	800
Desviación estándar	2,33380948	2,5570313	0,01569501	0,01443376	1,23054307	0,20855927	153,550738	291,035807
Varianza de la muestra	5,44666667	6,53840909	0,00024633	0,00020833	1,51423625	0,04349697	23577,8292	84701,8409
Curtosis	0,97750953	1,16682393	1,70223356	1,43301818	2,27816835	2,757307	1,31073523	1,64957589
Coefficiente de asimetría	0,4386765	0,3336974	0,09799202	0,23631471	0,00434266	1,75136802	0,208132	0,61476598
Rango	7,4	7,6	0,04	0,04	2,55	0,65	415	661
Mínimo	1,2	1,2	0	0	0,2	2,1	320	304
Máximo	8,6	8,8	0,04	0,04	2,75	2,75	735	965
Suma	68,8	54,9	0,324	0,29	24,27	31,52	8149	8265
Cuenta	16	12	16	12	16	12	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

El resultado del análisis estadístico descriptivo en la Tabla 4-7 de los cuatro monitoreos de los aniones NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻ y HCO₃⁻, muestra que en la comparación entre la zona no intervenida con la zona intervenida no hay gran diferencia en los promedios de las concentraciones de nitritos y nitratos, así como en su valor mínimo y máximo, variando tan solo sus décimas. En el caso de fosfatos y bicarbonatos si se puede apreciar la mayor presencia del contaminante en la zona intervenida dado que el valor máximo de fosfatos es 2.1 mg/l y en la zona conservada el valor promedio mínimo es de 0.2 mg/l, en el caso de bicarbonatos el valor promedio bajo es de 509,31 mg/l y en la zona con intervención 688.75 mg/l. El hecho de que no hay variabilidad significativa de estos aniones entre las dos zonas a comparar se puede relacionar con el arrastre de residuos de fertilizantes o plaguicidas utilizados para los cultivos, sin embargo a simple vista no hay cultivos en la zona del humedal por lo que las altas concentraciones de nitratos pueden incluso ser causadas por una posible contaminación fecal, a causa de que los iones de amonio del estiércol que se depositan en el área se convierten rápidamente en nitratos y se filtran en el agua o en la escorrentía hasta que alcanzan el cuerpo superficial más cercano como lo asegura (Bolaños et al., 2017, p. 21), en la zona con intervención se puede encontrar ganado bravo y manadas de caballos rondando por el lugar. Así mismo, la contaminación por fosfatos es también una consecuencia del uso de químicos para actividades agrícolas, acción que no es propia

de la zona ya que la producción de leche es la actividad a la que se dedican las personas que viven en esta parte del páramo.

4.1.4.1. Nitratos

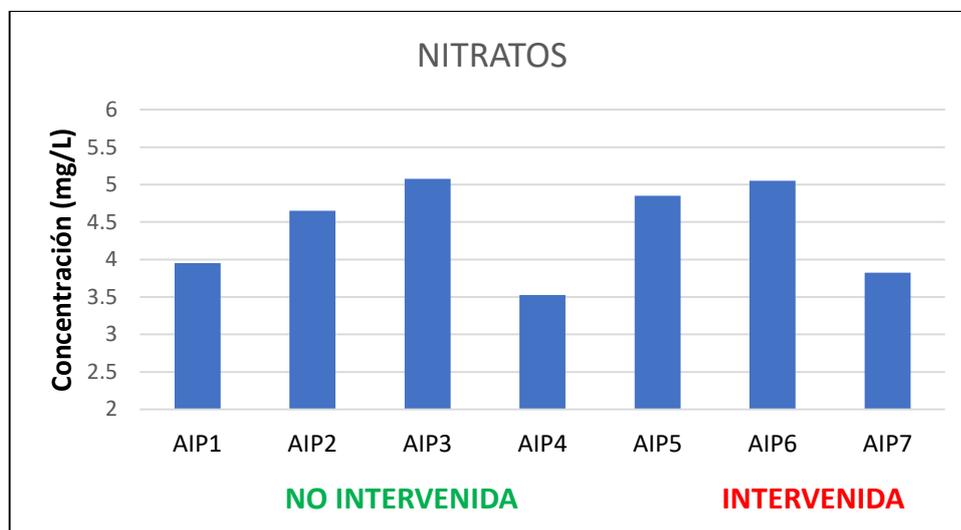


Ilustración 4-9: Concentraciones de nitratos por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Según la Ilustración 4-9 realizada con los promedios de los valores analizados para este anión en los 7 puntos se muestra que el valor máximo de concentración de nitratos en la zona no intervenida no varía con la zona intervenida, visto que se determinaron valores de 8.6 mg/ L y 8.7 mg/L respectivamente, el valor mínimo de concentración que se determinó fue en el punto AIP4 con 1.2 mg/L. En este caso los principales responsables de la presencia de nitratos son los referentes al sector ganadero, por cómo se manifiesta en (GreenPeace, 2022, p. 16) que tanto las deyecciones del ganado no estabulado y la inadecuada gestión de los residuos ganaderos del pastoreo realizado en el lugar son el potencial contaminante de los efluentes originados (estiércoles, purines, etc.) que dan lugar a una elevada carga de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados sobre el medio.

4.1.4.2. Nitritos

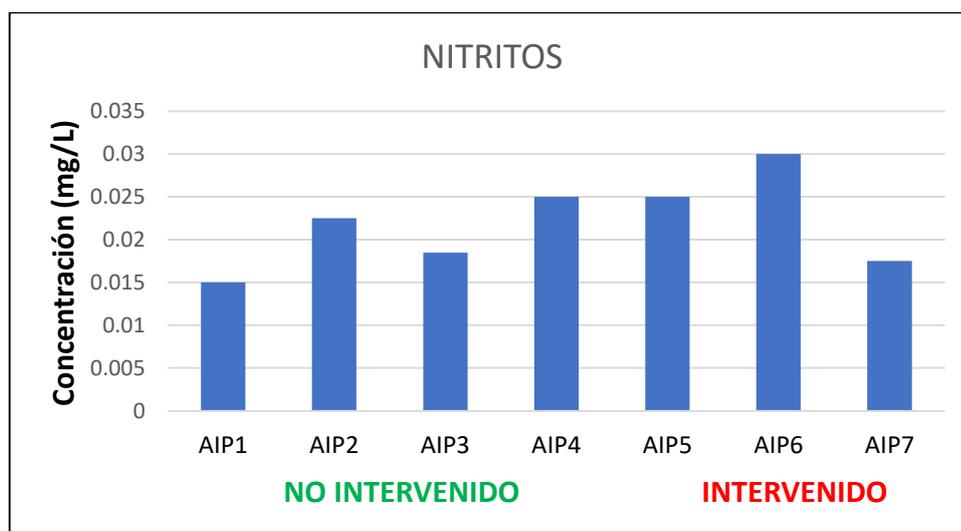


Ilustración 4-10: Concentraciones de nitritos por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Los nitritos son más nocivos que los nitratos, en concentraciones altas reaccionan en el organismo creando nitrosaminas de gran efecto cancerígeno y tóxico. Valores entre 0.1 y 0.9 mg/l pueden presentar problemas de toxicidad dependiendo del pH (Clavijo y Granja, 2016, p. 39). Se evidencia en la Ilustración 4-10 que las concentraciones de forma espacial aumentan levemente en los puntos ubicados en la zona con intervención antropogénica, siendo el valor promedio mayor de los análisis del punto AIP6 con la concentración de 0.03 mg/L y el valor promedio 0.015 mg/l en el punto AIP1 contiene la concentración más baja de los siete puntos. Cabe destacar que los valores de los resultados de los análisis del mes de junio en todos los puntos son casi nulos y esto se debe a la sequía de la zona, puesto que en ese mes las precipitaciones son bajas y hay menos probabilidad de transporte de contaminantes. Según (Fernandez y Vázquez, 2006, p. 4), generalmente en las dos zonas estudiadas este anión tiene concentraciones bajas y puede estar presente en las aguas bien como consecuencia de la oxidación del NH_3 o como resultado de la reducción microbiana o no de los nitratos.

4.1.4.3. Fosfatos

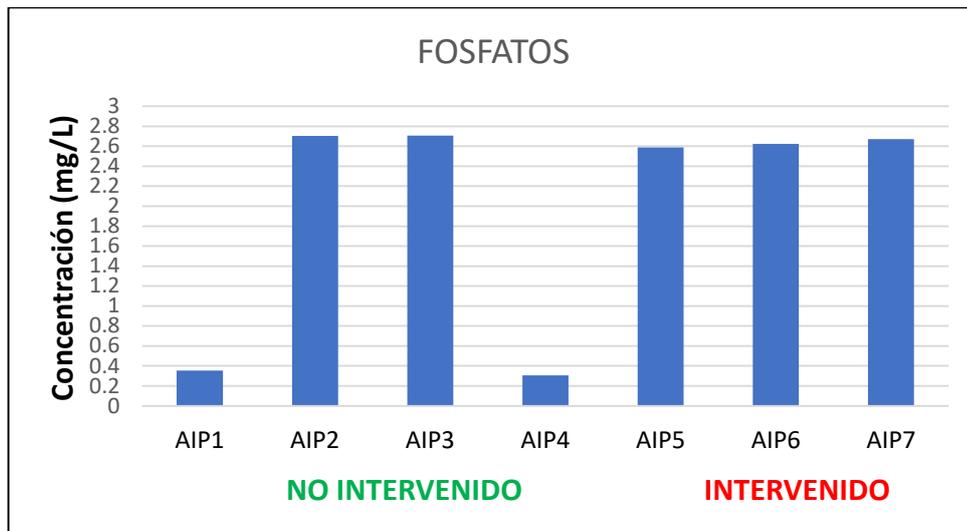


Ilustración 4-11: Concentraciones de fosfatos por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

El Ilustración 4-11 muestra la variabilidad de los resultados de los análisis de fosfatos, donde cinco puntos de los siete monitoreados tienen una gran similitud, es necesario mencionar que cuando se realizó la determinación de fosfatos en el laboratorio, estas muestras analizadas en el equipo de espectrofotometría arrojaban el valor límite de medición, lo que quiere decir que las concentraciones de muestras recogidas superan el rango esperado de los kits de reactivos ocupados. Las aguas naturales tienen una concentración de fósforo de aproximadamente 0,02 partes por millón (ppm), que es un factor limitante para el crecimiento de las plantas esto se le atribuye a que se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas en las zonas, cabe destacar que debido a las fuertes precipitaciones existe un arrastre de los excrementos de ganado y productos agrícolas como lo atribuye (Maza, 2017, p. 74).

4.1.4.4. Bicarbonatos

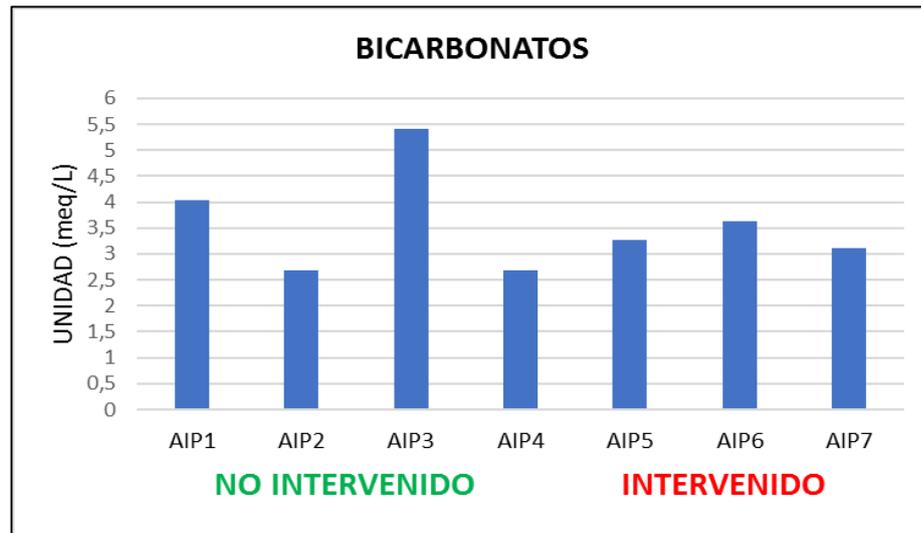


Ilustración 4-12: Concentraciones de bicarbonatos por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-7 se presentan los resultados de los análisis de bicarbonatos de las muestras de agua, se debe enfatizar que se realizó también el análisis en el laboratorio mediante titulación de carbonatos, lo cual dio como resultado una concentración de 0 ppm en los resultados de todos los cuatro meses en los siete puntos, por esa razón no se incluyó la gráfica correspondiente a este anión, por otro lado, la gráfica de bicarbonatos en la zona no intervenida denota que el valor más alto de concentración es de 965 ppm en el punto AIP6 y en el siguiente punto la concentración disminuye drásticamente a 304 ppm siendo este el valor de menor concentración de todos. En la zona no intervenida el valor máximo es 735 y el mínimo de 320 ppm en el punto AIP2. De acuerdo con el trabajo de (Mancilla et al., 2017, p. 8) se tienen valores similares al presente estudio, es decir las muestras contienen una cantidad moderada de iones bicarbonato esta situación es beneficiosa a causa de que estos aniones tienen influencia sobre el desarrollo de cultivos, además, cuando las variaciones de Ca^{+2} y Mg^{+2} están en balance impiden que la RAS aumente y cause daño por sodicidad y salinidad.

ANOVA de Aniones

Tabla 4-8: Análisis de nivel de significancia de nitratos, nitritos, fosfatos y bicarbonatos de los Cubillines

Parámetro	P	Significancia
Nitratos	0,76938997	*
Nitritos	0,50335238	*
Fosfatos	0,0048779	**
Bicarbonatos	0,04433222	**

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Después de analizar las varianzas mediante el análisis estadístico ANOVA de las dos zonas de estudio se obtuvo como resultado un valor p mayor que 0.05 para nitratos con 0.76938997 y para nitritos 0.50335238, lo que indica que no existe una diferencia significativa entre los puntos del área no intervenida y el área que si tiene intervención antropogénica. Por lo contrario, el valor de P en el análisis para fosfatos es 0.04433222 y para el ion bicarbonato es 0.04433222, siendo estos valores menores que 0.05 lo que significa que si existe una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.5. pH

Tabla 4-9: Análisis de nivel de significancia de pH de los Cubillines

Parámetro	<i>NO Intervenida</i>	<i>Intervenida</i>
Media	7,143125	7,0725
Error típico	0,15071142	0,09741449
Mediana	7,285	6,985
Moda	#N/D	#N/D
Desviación estándar	0,60284568	0,3374537
Varianza de la muestra	0,36342292	0,113875
Curtosis	-0,81014023	-0,6494579
Coficiente de asimetría	-0,63044738	0,47929297
Rango	1,94	1,09
Mínimo	6,03	6,63
Máximo	7,97	7,72
Suma	114,29	84,87
Cuenta	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

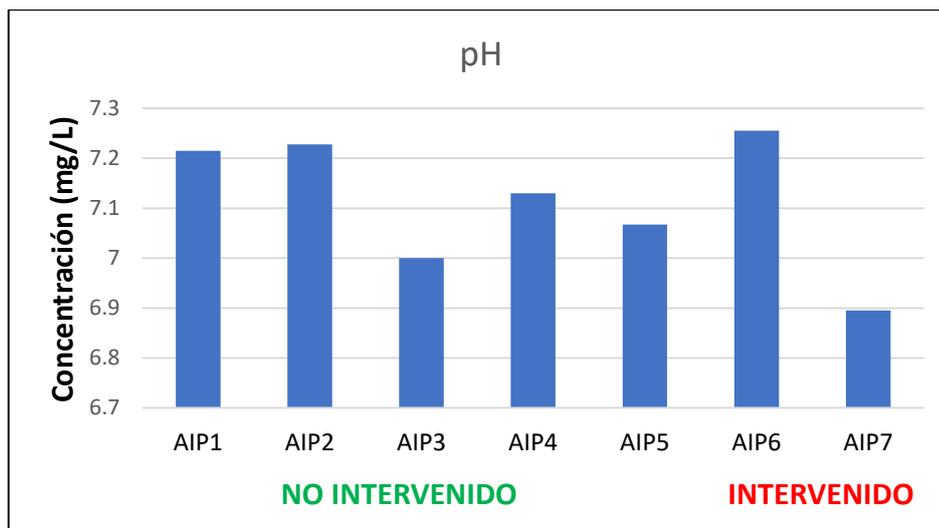


Ilustración 4-13: Concentraciones de pH por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En el Ilustración 4-13 se refleja el comportamiento del pH de forma espacial, el cual no tiene variaciones importantes, lo que significa que el pH se mantiene, sin embargo, hay puntos de muestreo en el que el agua tiende a volverse ligeramente alcalina. El valor máximo promedio de pH es de 7, 25 del punto AIP6 en la zona intervenida y en la zona no intervenida los valores no fluctúan y se encuentran cercanos al valor 7, en conclusión, todos los valores se encuentran en un rango considerado de agua neutra. Lo mismo ocurre en el estudio (Mancilla et al., 2017, p. 119) que en el agua analizada cuenta con la presencia de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), asociados con los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}

ANOVA de pH

Tabla 4-10: Análisis de nivel de significancia de pH de los Cubillines

Parámetro	P	Significancia
pH	0,71864721	*

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Después de realizar el estadístico Anova se obtuvo un valor de p para pH que no tiene una significancia estadística debido a que el resultado es mayor de 0.05 es 0.71864721.

Tabla 4-11: Análisis descriptivo de oxígeno disuelto y nivel de nivel freático

Parámetro	Oxígeno Disuelto		Nivel Freático		Temperatura	
	NO Interven	Intervenida	NO Interven	Intervenida	NO Interven	Intervenida
Zona	NO Interven	Intervenida	NO Interven	Intervenida	NO Interven	Intervenida
Media	24,125	25,8612833	1,011875	0,74083333	11,73125	12,325
Error típico	1,72666586	2,43242046	0,0197108	0,02791921	0,3888786	0,40808589
Mediana	23,55	27,0677	1,01	0,755	11,35	12,3
Moda	#N/D	#N/D	0,95	#N/D	11,3	12,3
Desviación estándar	6,90666345	8,42615164	0,0788432	0,09671498	1,55551438	1,41365098
Varianza de la muestra	47,702	71,0000314	0,00621625	0,00935379	2,419625	1,99840909
Curtosis	-1,13634655	-0,98895909	0,07559516	0,86671853	-1,23876258	0,16185341
Coefficiente de asimetría	0,00625713	0,27124438	0,40113887	-0,93603941	0,55891228	0,27819108
Rango	22,2	25,3	0,31	0,34	4,6	4,7
Mínimo	12,4	15,3	0,87	0,53	9,9	10,1
Máximo	34,6	40,6	1,18	0,87	14,5	14,8
Suma	386	310,3354	16,19	8,89	187,7	147,9
Cuenta	16	12	16	12	16	12

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

La Tabla 4-11 se muestra los valores del indicador de agua oxígeno disuelto en los cuatro meses de monitoreo. El valor máximo se encuentra en la zona intervenida con 40.6% de oxígeno disuelto y el mínimo se encuentra en la zona no intervenida con 12.4%, el incremento aumenta notablemente en el mes de septiembre debido a las fuertes lluvias que afectan al relleno del tubo enterrado en el humedal. En cuanto al nivel freático, el valor máximo en la zona conservada es de 1.18 m y el mínimo de 0.87m y en la otra zona el máximo es de 0.87m y el mini8mo de 0.53 m.

4.1.6. Oxígeno disuelto

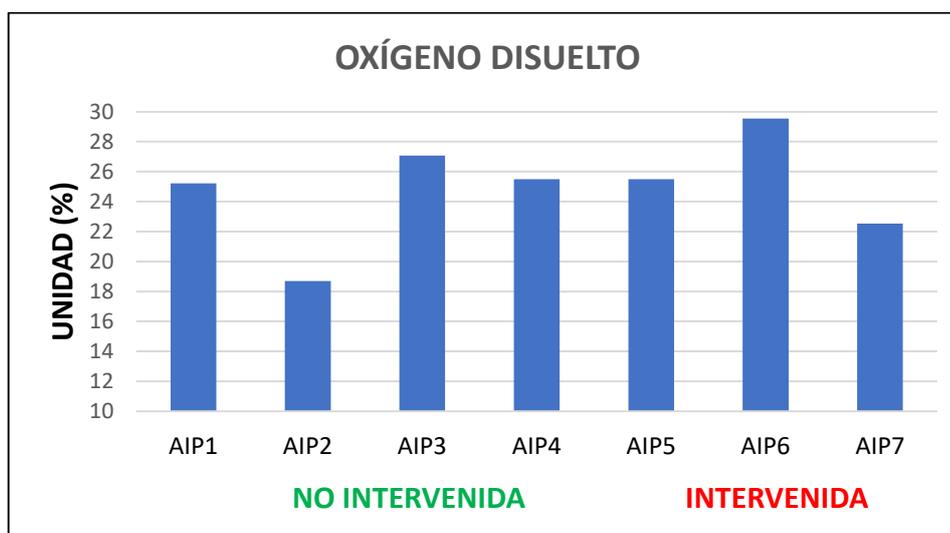


Ilustración 4-14: Concentraciones de oxígeno disuelto por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Ilustración 4-14 se muestra los valores del indicador de agua oxígeno disuelto en los 7 puntos de monitoreo. El valor máximo se encuentra en la zona intervenida en el punto AIP6 con 40.6% de oxígeno disuelto, el mínimo se encuentra en la zona no intervenida con 12.4% en el punto AIP2. según (Peña, 2007, p. 6) sugiere que los niveles más altos de oxígeno disuelto indican una mejor calidad del agua. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Esto guarda una estrecha correlación con las condiciones en las que se encuentra el humedal debido a los asentamientos urbanos cercanos y su actividad antrópica.

4.1.7. Nivel freático

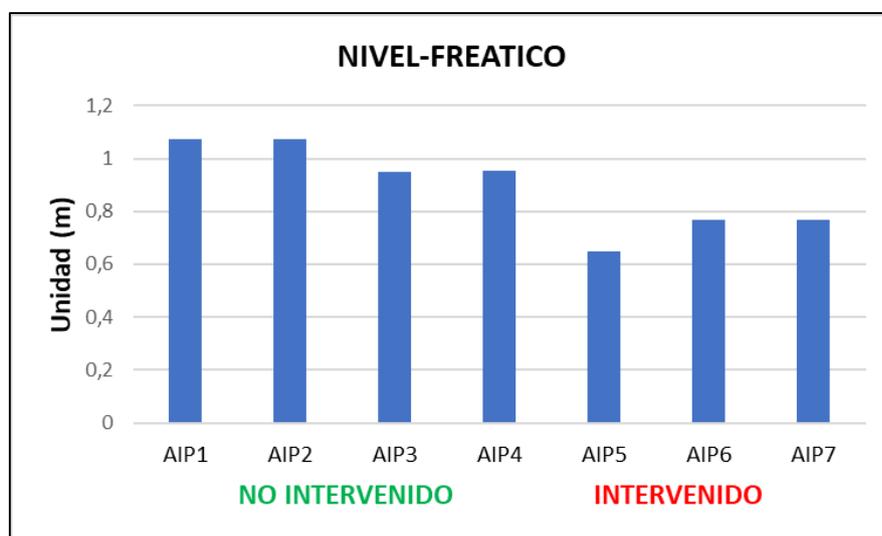


Ilustración 4-15: Longitud del nivel freático por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Se evidencia en la Ilustración 4-15 que el nivel freático presenta una disminución en el volumen del tubo que se encuentran en la zona intervenida. En la zona conservada los tubos tienen una tendencia a llenarse con más volumen de agua como sucede en los puntos AIP1 y AIP2, esto a razón de que el humedal mantiene al suelo con más porosidad y por ende con una menor densidad aparente debido a que no hay presencia de actividades antropogénicas. Hay que tener presente que la percolación de aguas lluvia, riegos o filtraciones no son las únicas causantes de las fluctuaciones del nivel freático, la evapotranspiración puede ser también una causa importante de disminución del nivel freático dependiendo de los cultivos existentes en el área y el clima imperante como lo manifiesta (Salgado, 2000, p. 34).

4.1.8. Temperatura

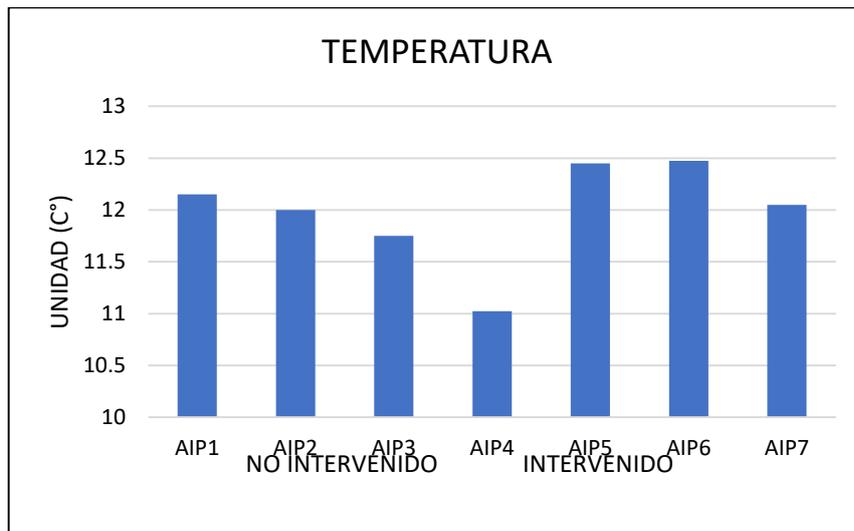


Ilustración 4-16: Longitud del nivel freático por puntos de muestreo

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

La variación de la temperatura se puede apreciar en la Ilustración 4-16 donde los valores se midieron de forma in situ y se detectaron un aumento ligero a medida que se avanzaba con el monitoreo a los puntos más bajos de altitud, según los datos de (Clavijo y Granja, 2016, p. 89) consideran que los valores se pueden intensificar por factores externos como, la radiación solar que depende de la hora del día de la toma de muestra, así como de la altitud donde se encuentran los puntos de muestreo, como es lógico en la parte intervenida se encuentra con los valores más altos ya que se encuentran con una considerable distancia.

ANOVA de oxígeno disuelto y nivel de nivel freático

Tabla 4-12: Análisis de nivel de significancia de oxígeno disuelto, nivel freático y temperatura en agua

Parámetro	P	Significancia
Oxígeno Disuelto	0,55416709	*
Nivel Freático	0,29073755	*
Temperatura	0,88726612	*

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

De acuerdo al estadístico ANOVA el valor de p de oxígeno disuelto 0,55416709, es mayor a 0.05 por lo tanto este parámetro no alcanza valores estadísticamente significativos entre las medias de oxígeno disuelto en la zona no intervenida con la intervenida, de la misma manera ocurre con el valor de p del nivel freático y de la temperatura con 0.29073755 y 0.88726612 respectivamente.

4.2. Análisis de muestras de suelos

Tabla 4-13: Análisis de propiedades fisicoquímicas de suelo del humedal los Cubillines

		AIP1	AIP2	AIP3	AIP4	AIP5	AIP6	AIP7
Parámetro	Profundidad	Resultados						
CE	0-30 cm	88	26,46	30,3	29,12	21,64	33,1	38,9
	30-60 cm	84,9	27,96	56,3	51,4	26,85	29,86	30,3
pH	0-30 cm	6,92	6,4	5,91	6,08	6,01	6,15	6,06
	30-60 cm	6,69	6,14	6,07	6,03	5,89	6,24	6,11
Densidad aparente	0-30 cm	0,454	0,405	0,533	0,380	0,670	0,548	0,749
	30-60 cm	0,440	0,452	0,530	0,490	0,999	0,404	0,577
Densidad real	0-30 cm	2,214	2,147	1,148	1,876	1,401	2,288	2,094
	30-60 cm	1,182	2,249	1,421	2,252	1,887	2,201	1,778
Porosidad	0-30 cm	79,49	81,12	53,55	79,73	52,19	76,04	64,23
	30-60 cm	62,77	79,88	62,73	78,26	47,05	81,65	67,56
Textura	0-30 cm	Franco arenoso	Franco arenoso	Areno Francosa	Arcillo Limosa	Franca	Franco limosa	Franco arcillosa
	30-60 cm	Franco limoso	Franco arcillosa	Franco	Arcillo Limosa	franco arenosa	Franco arcillo limosa	Franco arcillosa

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Se analizaron las 14 muestras de suelo recolectadas de los 7 puntos de estudio denominadas AIP1, AIP2, AIP3, AIP4 correspondiente a la zona no intervenida y AIP5, AIP6, AIP7 correspondiente a la zona intervenida en dos profundidades distintas: 0 a 30 cm y de 30 cm a 60 cm. Donde se analizaron parámetros como conductividad eléctrica siendo el punto AIP1 de profundidad de 0 a 30 cm con el valor máximo 88 μS y el valor mínimo en el punto AIP5 en la profundidad de 0 a 30 cm con 21,64 μS . Además, se determinó el pH del suelo en donde el punto AIP1 de profundidad 0 a 30 cm tiene el valor máximo de 6,92 y el valor mínimo de pH 5,89 se determinó en el punto AIP5 a una profundidad de 30 cm a 60 cm, valores que según (Reinoso, 2018, p. 50) se puede catalogar al suelo en calidad alta a media por tener pH neutro y al pH moderadamente ácido respectivamente.

En el caso de la densidad aparente se muestra un valor máximo de 0,99 g/cm^3 en el punto AIP5 a una profundidad de 30 a 60 cm y un valor mínimo de 0,38 g/cm^3 en el punto AIP4 de profundidad de 0 a 30 cm, en general los suelos analizados presentan valores bajos de densidad aparente, lo que se concuerda con los datos obtenidos por (Llambí et al., 2012, p. 146) los cuales afirman que los suelos de páramo se caracterizan por una baja densidad aparente, lo que se puede relacionar con la textura del suelo. Para el caso de densidad real se obtuvieron valores considerados bajos según (Pinos, 2022, p. 31) los valores se clasifican en el rango de suelos arcillosos porque se analizaron como valor máximo 2.29 g/cm^3 y como valor mínimo 1.15 g/cm^3 .

En el caso de la porosidad se determinaron valores alrededor del 69%, porcentajes que tienen relación con los resultados del estudio de (Llambí et al., 2012, p. 177) donde se señala que los suelos de páramo presentan mayor porosidad incluyendo valores que van en un rango desde 60% hasta el 90 %, en cuanto a la textura, la mayoría de las muestras de suelo que se identificaron fueron Franco arcillosa y Franco arenosa, lo que coincide con lo manifestado (Pinos, 2022, p. 20) en su estudio, que declara que la textura predominante en los suelos andisoles es la misma determinada en este presente estudio, el autor también menciona que la pérdida de la calidad de la estructura y la textura del suelo también es reflejada por el pisoteo por parte del ganado vacuno generando fragmentación, es decir alteran el ordenamiento espacial de los suelos.

4.2.1. Correlación de Pearson

En la Tabla 4-14 muestra el rango de los coeficientes de correlación de Pearson que va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Tabla 4-14: Análisis de correlación de propiedades fisicoquímicas de suelo y agua del humedal los Cubillines

	porosidad %	Humedad	Fosfatos	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Bicarbonatos (meq/L)	Sodio (mg/L)	Potasio	Magnesio (mg/L)	CE agua (µs/cm)	SST (mg/L)	Potencial Redox (Mv)	Coli. Fecales	Temperatura (°C)	%arcilloso	%limos	Densidad Aparente	Densidad Real	%arenoso	pH suelo	C.E. suelo	Calcio	%O.D.
porosidad %		0,91	-0,34	-0,3744	-0,33	-0,2	-0,6	-0,5	0,09	-0,2	-0,75	-0,37	-0,39	-0,32	0,56	-0,22	-0,85	0,8	-0,5	0,39	0,1	-0,31	-0,19
Humedad	0,91		-0,54	-0,3801	-0,3	-0,03	-0,62	-0,47	0,39	-0,07	-0,82	-0,3	-0,3	0,29	0,29	-0,15	-0,89	0,62	-0,24	0,66	0,39	0	-0,15
Fosfatos (mg/L)	-0,34	-0,54		0,33	0,73	0	0,06	0,56	-0,8	-0,11	0,19	0,6470	0,44	0,57	-0,327	0,3149	0,4476	-0,0362	0,1299	0,5409	0,7062	0,3559	-0,1152
Nitritos (mg/L)	-0,37	-0,38	0,33		0,5415	0,0328	0,3063	-0,006	-0,6013	-0,3265	0,3125	0,1295	0,0291	-0,2264	-0,3614	0,081	-0,0361	-0,6691	0,3652	0,4036	0,0745	0,2267	0,3599
Nitratos (mg/L)	-0,33	-0,3	0,73	0,5415		0,5063	0,0833	0,6581	-0,5547	0,139	0,0523	0,6182	0,4352	0,5159	-0,6236	0,4823	0,2069	-0,2287	0,3513	-0,285	0,3932	0,1411	0,2962
Bicarbonatos (meq/L)	-0,2	-0,03	0	0,0328	0,5063		0,2226	0,4184	0,2099	0,8573	0,2482	0,2627	0,0728	0,5034	-0,3553	0,6983	0,1647	-0,0963	-0,1063	0,1527	0,1413	0,8389	0,7878
Sodio (mg/L)	-0,6	-0,62	0,06	-0,3063	-0,0833	0,2226		0,5943	0,148	0,3764	0,5505	-0,1471	0,3573	0,2029	0,1116	-0,087	0,8518	-0,1097	-0,0492	0,4738	0,3775	0,401	0,1359
Potasio (mg/L)	-0,5	-0,47	0,56	-0,006	0,6581	0,4184	0,5943		-0,22	0,23	0,1	0,35	0,81	0,52	-0,386	0,1197	0,6558	-0,0541	0,3529	0,4391	0,6116	0,3464	0,0328
Magnesio (mg/L)	0,09	0,39	-0,8	-0,6013	-0,5547	0,2099	0,148	-0,22		0,7408	0,1538	-0,1722	0,1335	-0,0165	-0,0643	0,0104	-0,1096	0,0007	0,0737	0,7457	0,7408	0,6544	0,0202
CE agua (µs/cm)	-0,2	-0,07	-0,11	-0,3265	0,139	0,8573	0,3764	0,23	0,7408		0,3934	0,2784	0,2493	0,6238	-0,1985	0,7547	0,3048	0,0141	-0,3281	0,2985	0,2686	0,8293	0,6466
SST (mg/L)	-0,75	-0,82	0,19	0,3125	0,0523	0,2482	0,5505	0,1	-0,1538	0,3934		0,1185	-0,243	0,2067	-0,0926	0,3707	0,6974	-0,5817	-0,1482	0,4342	0,0476	0,2058	0,5367
Potencial Redox (Mv)	-0,37	-0,3	0,6470	0,1295	0,6182	0,2627	0,1471	0,35	-0,1722	0,2784	0,1185		0,2849	0,8606	-0,7984	0,7293	0,3114	-0,2576	0,3649	0,2175	0,0279	0,1288	0,0801
Coli. Fecales	-0,39	-0,3	0,44	-0,0291	0,4352	-0,0728	0,3573	0,81	-0,1335	-0,2493	-0,243	0,2849		0,2478	-0,4295	-0,275	0,4557	-0,0962	0,6931	0,2805	0,4876	0,0445	0,4878
Temperatura (°C)	-0,32	0,29	0,57	-0,2264	0,5159	0,5034	0,2029	0,52	-0,0165	0,6238	0,2067	0,8606	0,2478		-0,5572	0,796	0,4836	0,0223	0,0384	0,1629	0,1036	0,379	0,0817
%arcilloso	0,5583	0,2943	-0,327	-0,3614	-0,6236	-0,3553	0,1116	-0,386	-0,0643	-0,1985	0,0926	-0,7984	0,4295	-0,5572		-0,5165	-0,2608	6347	-0,7668	-0,28	0,2741	0,3903	0,0287
%limos	-0,2194	-0,1543	0,3149	0,081	0,4823	0,6983	-0,087	0,1197	0,0104	0,7547	0,3707	0,7293	-0,275	0,796	-0,5165		0,1742	-0,1606	-0,153	0,3025	0,2462	0,4638	0,5375
Densidad Aparente	-0,8522	-0,8899	0,4476	-0,0361	0,2069	0,1647	0,8518	0,6558	-0,1096	0,3048	0,6974	0,3114	0,4557	0,4836	-0,2608	0,1742		-0,3767	0,1821	-0,505	0,4035	0,2513	0,0531
Densidad Real	0,8009	0,6163	-0,0362	-0,6691	-0,2287	-0,0963	0,1097	0,0541	0,0007	0,0141	0,5817	-0,2576	0,0962	0,0223	6347	-0,1606	-0,3767		-0,6319	0,1004	0,3212	0,2205	0,2523
%arenoso	-0,4977	-0,239	0,1299	0,3652	0,3513	-0,1063	0,0492	0,3529	0,0737	-0,3281	0,1482	0,3649	0,6931	0,0384	-0,7668	-0,153	0,1821	-0,6319		0,09	0,1405	0,1149	0,3527

pH suelo	0,3904	0,6557	-0,5409	-0,4036	-0,285	0,1527	0,4738	0,4391	0,7457	0,2985	0,4342	0,2175	0,2805	0,1629	-0,28	0,3025	-0,505	0,1004	0,09	0,8419	0,3789	0,1133
C.E. suelo	0,1046	0,3929	-0,7062	-0,0745	-0,3932	0,1413	0,3775	0,6116	0,7408	0,2686	0,0476	0,0279	0,4876	-0,1036	-0,2741	0,2462	-0,4035	-0,3212	0,1405	0,8419	0,4159	0,1505
Calcio	-0,3056	-0,0032	-0,3559	-0,2267	0,1411	0,8389	0,401	0,3464	0,6544	0,8293	0,2058	0,1288	0,0445	0,3769	-0,3903	0,4638	0,2513	-0,2205	0,1149	0,3789	0,4159	0,5436
%O.D.	-0,1915	-0,1458	-0,1152	0,3599	0,2962	0,7878	0,1359	0,0328	-0,0202	0,6466	0,5367	-0,0801	0,4878	0,0817	-0,0287	0,5375	0,0531	-0,2523	-0,3527	0,1133	0,1505	0,5436

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC))

En la Tabla 4-14 muestra las correlaciones que existen entre parámetros de suelo como densidad aparente, pH, conductibilidad eléctrica y parámetros del agua como: cationes, aniones, pH, conductibilidad eléctrica, sólidos suspendidos totales, potencial redox, oxígeno disuelto, coliformes fecales y temperatura.

La medida de relación de las variables tiene una tendencia negativa entre SST y la porosidad (-0,75), lo que quiere decir que al aumentar los SST disminuye la presencia de porosidad y existe una correlación negativa. Además, la medida de asociación entre porosidad y la densidad aparente (-0,85) tiene una correlación negativa alta que coincide con lo que (Rubio, 2010, p. 20) el cual también propone que la densidad aparente de un suelo es inversamente proporcional a la porosidad del mismo suelo y cuanto mayor sea el espacio poroso en el suelo, menor será el valor de la densidad aparente, por lo que la correlación de porosidad con el porcentaje de suelo arenoso (-0,49) tiene una correlación negativa moderada al encontrarse en rangos de -0,4 al -0,69 dando como resultado una relación inversamente proporcional. Así también, La medida de relación de las variables tiene una tendencia negativa entre: % arcilloso con nitratos (-0,62), densidad aparente con humedad (-0,88), densidad real con nitritos (-0,66), fosfatos con conductividad eléctrica del suelo (-0,7), potasio con conductividad eléctrica del suelo (-0,61), magnesio con: fosfatos (-0,80) y el sodio con humedad (-0,62) lo que concuerda con (Morales, 2010, p. 7) que mencionan que el sodio además de perjudicar las plantas también erosiona la estructura del suelo, reduciendo la porosidad y la permeabilidad del agua, que concuerda con lo determinado en este estudio explicando que a mayor concentración de sodio menor será la humedad. Además, se observa una relación correlación negativa entre SST con humedad (-0,82) explicando cómo los valores tienden a alejarse uno del otro al ser inversamente proporcional.

La medida de asociación de las variables tiene una tendencia positiva alta entre la humedad con el porcentaje de porosidad (0,91) lo que concuerda con (Sanchez, 2007, p. 39) el cual menciona que la disminución en el tamaño de partícula, tanto los materiales orgánicos como inorgánicos, reducen la capacidad de retención que tiene el agua, debido a que el espacio entre poros total también disminuye, dando una relación directamente proporcional, además se observa una tendencia positiva moderada entre la humedad con la densidad real (0,61) y el pH de suelo (0,65).

Por otro lado, la medida de asociación de las variables tiene una tendencia positiva alta como el sodio y la densidad aparente (0,85), porosidad y la densidad real (0,80), conductividad eléctrica del agua y % limos (0,75), potencial redox y % de limos (0,72), temperatura y % de limos (0,79) dando como resultado una relación directamente proporcional. De la misma manera, la medida de relación de las variables tiene una tendencia positiva entre: conductividad eléctrica del suelo con magnesio (0,74), calcio con bicarbonatos (0,83), conductividad eléctrica del suelo con

bicarbonatos (0,85), % Oxígeno disuelto con bicarbonatos (0,78) , coliformes fecales con potasio (0,80) y pH del suelo con magnesio en la cual la concentración de magnesio tiene una correlación directa de 0,74 con el pH del suelo, describiendo una relación directamente proporcional que significa que el valor del magnesio aumenta al mismo tiempo del pH, lo que concuerda con (Llambí et al., 2012, p. 232) que señalo en su estudio que las plantas en el suelo tienen un valor de pH óptima, en tanto si se encuentra por debajo del nivel ideal presentará deficiencias de calcio (Ca) y magnesio (Mg).

4.3. Resultados de Análisis de agua para aptitud de riego

Tabla 4-15: Resultados de cálculo de RAS

	CE ($\mu\text{s/cm}$)	CE (mHo/cm)	RAS meq/L	Promedio de zonas meq/L
AIP1	270	0,27	0,120	0.154
AIP2	62,85	0,06	0,153	
AIP3	114,25	0,11	0,170	
AIP4	129,7	0,13	0,171	
AIP5	260,33	0,26	0,199	0.192
AIP6	303,33	0,30	0,150	
AIP7	174,225	0,17	0,226	

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

Después de analizar los 7 puntos de muestreo en los 4 meses, en la Tabla 4-15 se evidencia el valor promedio de los valores de la conductividad eléctrica y el resultado de los cálculos para obtener la Relación de Adsorción de Sodio. El valor más alto de conductividad eléctrica es 0.32us/cm del punto AIP6 y el valor menor es en el punto AIP2 con 62.85 us/cm, en cuanto al RAS el valor más alto es 0.226 meq/l en el punto AIP7 y el valor menor es en el punto AIP1 con 0.120 meq/l. Según la clasificación de la calidad del agua para riego de la FAO, el valor calculado del RAS de las 28 muestras está entre 0 a 3 y los promedios de la conductividad eléctrica de los puntos AIP1, AIP5, AIP6 entran en el grado de restricción de uso ligero o moderado, mientras que los puntos AIP2, AIP3, AIP4 y AIP7 tienen valores menores a 0.2 mS/cm, considerándose un grado de restricción de uso severo. Sin embargo, también se realizó la interpolación en el diagrama de Richards entre los resultados del RAS con los resultados de conductividad eléctrica, como se puede observar a continuación:

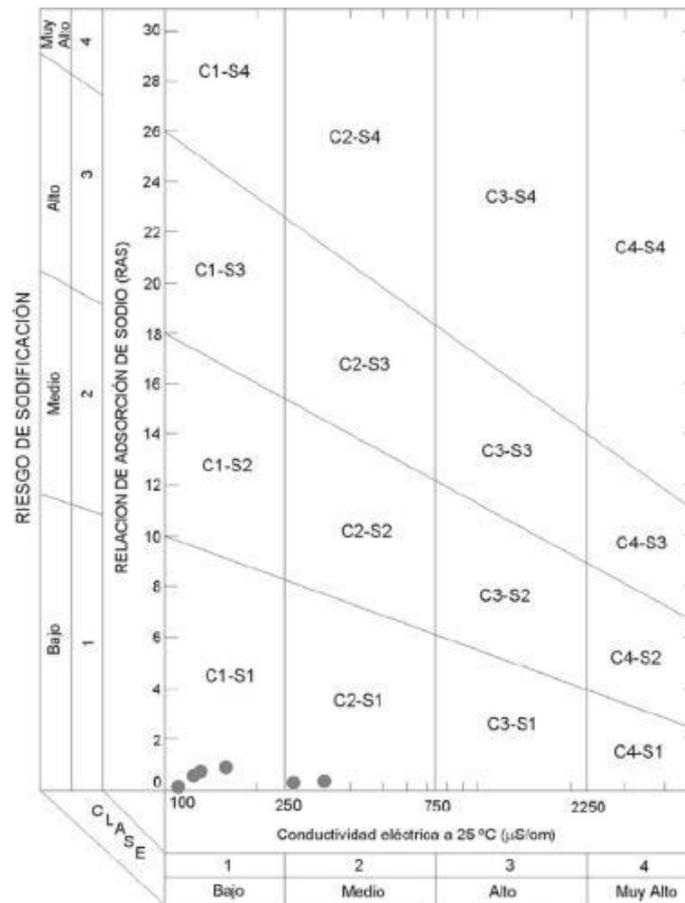


Ilustración 4-17: Diagrama de Richards según el RAS

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Ilustración 4-17 se presenta la clasificación de las muestras dentro del diagrama de Richard, donde se obtuvo que la mayoría de los datos del agua muestreada corresponden a la clase baja, es decir, la aptitud de agua para riego del humedal de los Cubillines se clasifica en el cuadrante C1S1, lo que quiere decir que presenta baja peligrosidad salina y también baja peligrosidad sódica, lo que vuelve apta para que se utilice el agua en los cultivos de las zonas bajas del humedal sin tener problemas graves a corto o largo plazo. Lo mismo sucede en el trabajo de Carabali et al. (2019, p. 52) titulado: “Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco”, donde menciona que el agua presenta un valor bajo de peligrosidad salina con 324 uS/cm. y un valor medio de peligrosidad sódica con 3,94 meq/l considerando que los valores son relativamente cercanos a los valores obtenidos en el humedal de los Cubillines, de esta manera se denominan a las dos zonas estudiadas apta para el riego.

4.4. Balance iónico

Tabla 4-16: Resultados de balance iónico del humedal los Cubillines de la zona no intervenida.

ZONA NO INTERVENIDA	
Cationes	Concentración (meq/L)
Na	0,141892134
K	0,152314531
Ca	0,990724981
Mg	0,885137346
Aniones	
NO ₃	0,069350364
NO ₂	0,000855885
PO ₃	0,047916447
HCO ₃ ⁻	2,5075
% B.E.	1,655348559
C.E.	144,2

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-16 se muestra el valor promedio de los análisis de iones y cationes en los 7 puntos de muestreo tanto de la zona no intervenida como de la zona intervenida, para posteriormente determinar el porcentaje de balance iónico (% B.I) siendo un valor de 1,65 % que está en los rangos admisibles según (Matthess, 1982, p. 1), además el autor menciona que los valores mayores al 5 % presentan una significancia de error (e) para excluir el análisis, habitualmente el valor de “e” debe ser menor que el 2 %.

Tabla 4-17: Resultados de balance iónico del humedal los Cubillines de la zona intervenida.

ZONA INTERVENIDA	
Cationes	Concentración (meq/L)
Na	0,18118944
K	0,226111324
Ca	1,121319358
Mg	0,744008916
Aniones	
NO ₃	0,073785562
NO ₂	0,000525305
PO ₃	0,082973571
HCO ₃ ⁻	2,836666667
% B.E.	12,02578977
C.E.	245,9638889

Realizado por: Núñez, A.; Sánchez, N. 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-17 se muestra el valor promedio de los análisis de iones y cationes en los 7 puntos de muestreo de la zona intervenida para seguidamente determinar el porcentaje de balance iónico siendo un valor de 12,02 % superando los rangos admisibles según (Matthess, 1982, p. 2) que sugiere que valores mayores al 5 % presentan una significancia de error (e) para excluir el análisis, habitualmente el valor de “e” debe ser menor que el 2 %, sin embargo (Custodio y Llamas, 1996, p. 223), aseguran que los valores admisibles para el error del balance iónico dependen de la Conductividad eléctrica y que para valores de 200 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) el % de error aceptable es +/- 10. Por esta razón el % de balance iónico de 12,02 concuerda con la C.E. de 245,96 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Evaluados los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua intersticial en los puntos de muestreo, la mayor parte de los puntos tienen un incremento en las concentraciones de aniones y cationes, provocando un desequilibrio químico en el estado de conservación del ecosistema, mostrando un elevado porcentaje de balance iónico que expresa la presencia de otros elementos contaminantes en la zona del humedal de los Cubillines.
- Determinada la calidad de agua en el humedal de los Cubillines, la zona intervenida presenta una mayor contaminación en comparación a la zona no intervenida debido al efecto que producen las actividades antropogénicas que se realizan en el área, principalmente por la presencia de animales herbívoros de pastoreo en la zona.
- Se determinó que la densidad aparente en rangos altos influyó de forma significativa en la percolación del agua intersticial en el humedal de los Cubillines provocando la disminución de la porosidad que afecta a la cantidad de agua disponible, así como la actividad microbiológica que se desarrolla en ella. La zona intervenida mostró una porosidad baja provocada por factores como la actividad ganadera que destruye y debilita su estructura afectando la capacidad de almacenamiento de agua. En la zona no intervenida se determinó una porosidad alta, de esta manera el agua se llena progresivamente en todos los poros del suelo alcanzando así su máxima capacidad para almacenar agua.
- La valoración cuantitativamente del estado de conservación determinó en la zona intervenida un nivel bajo de conservación, presenta un menor nivel freático debido a los cambios en el almacenamiento del agua intersticial, provocada por la actividad humana. En la zona no intervenida el nivel de conservación es moderado, el resultado de la medida restrictiva de alambrado implementado en el humedal contribuyó de una manera positiva en la preservación de la zona, presentando una forma más porosa de suelo y con una mejor capacidad de almacenamiento de agua.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la difusión de la información recolectada en esta investigación para generar proyectos de conservación del humedal.
- Se recomienda capacitaciones a las personas del sector y turistas para el cuidado y conservación del humedal.
- Se recomienda realizar trabajos investigativos conjuntamente con el GAD Municipal del cantón Chambo de las zonas altoandinas que rodean el cantón ya que, es un beneficio para todas las comunidades que se abastecen de los servicios hídricos que brindan los páramos.
- Se recomienda también realizar un estudio sobre cambio de cobertura vegetal en la zona del humedal ya que hay que tomar en cuenta la relación de la calidad del suelo con la calidad del agua intersticial

BIBLIOGRAFIA

ALVARADO, María José & PÁIZ, Nelson José. *Utilización de fosas de absorción como Tratamiento transitorio de aguas residuales en el barrio Santa Lucía*: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2003.

ÁLVAREZ, José et al. "Nitrate removal and potential soil N₂O emissions in eutrophic salt marshes with and without *Phragmites australis*". *Geoderma*, vol. 282, (2016), pp. 49-58. ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/J.GEODERMA.2016.07.011.

APPELO, C.A.J. & POSTMA, D. *Geochemistry, Groundwater & Pollution*. S.l. 1996.

ARTETA, Yussy et al. "La gestión ambiental de la cuenca del río Magdalena desde un enfoque socialmente responsable", (2015), pp. 193-218.

BARRERO, María Isabel. *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL HUMEDAL LA CONEJERA, LOCALIDAD 11 DE SUBA* [en línea]: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS. 2015. Disponible en:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4299/EVALUACION-CALIDAD-DEL-AGUA-HUMEDAL-LA-CONEJERA-FINAL3.pdf;jsessionid=713198AC9A316EBA0E59268AE495C25B?sequence=1>.

BEITA, Wilson & BARAHONA, Marco. "Físico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica". *UNED Research Journal*, vol. 2, no. 2, (2010), pp. 157-179. ISSN 1659-4266. DOI 10.22458/urj.v2i2.156.

BENDEZÚ, Giovanna. *MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS EN EL RÍO SANTA* [en línea]. S.l.: s.n. 2003. Disponible en:
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/776%0Ahttp://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3760>

BOLAÑOS, John. "Determinación de cationes en agua potable del cantón de Grecia , Costa Rica por absorción atómica". *Revista de las Sedes Regionales*, vol. XV, (2014), pp. 95-106.

BOLAÑOS, John et al. "Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)". *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 30, no. 4, (2017), pp. 15. ISSN 0379-3982.

DOI 10.18845/tm.v30i4.3408.

BORJA, Soraya. "La Constitución y la Justicia en el Ecuador". *Ciencia Unemi*, vol. 4, no. 5, (2015), pp. 38-45. ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol4iss5.2011pp38-45p.

BUYTAERT, W. et al. "HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD". *RESEARCHGATE*, (2014), pp. 27.

CAMACHO, Miguel. "LOS PÁRAMOS ECUATORIANOS: CARACTERIZACIÓN Y CONSIDERACIONES PARA SU CONSERVACIÓN Y", (2013), pp. 1-16.

CAN, Álvaro et al. "Calidad del agua para riego en la Sierra Norte de Puebla , México", vol. V, (2014), pp. 77-96.

CARABALÍ, Joffre et al. "Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco". *Siembra*, vol. 6, no. 2, (2019), pp. 46-57. ISSN 1390-8928. DOI 10.29166/siembra.v6i2.1641.

CÁRDENAS, Myriam. *Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe*. S.l.: s.n. 2015.

CARGUA, María De Los Angeles. *DISEÑO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA COMUNIDAD AINCHE DEL CANTÓN CHAMBO*. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2015.

CASTELLÓN, Juan et al. "Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala". *Ingeniería*, vol. 19, (2015), pp. 39-50.

CEJUDO, Eduardo & HERRERA, K. Geraldine. "Humedales en dolina del norte de Quintana Roo , México: ecosistemas poco conocidos", vol. 6, no. 17, (2019), pp. 207-218. DOI 10.19136/era.a6n17.1827.

CLAVIJO, Andrea & GRANJA, Karla. *Análisis del estado de conservación ambiental de la microcuenca del río Chamachán en la parroquia Mariano Acosta*. S.l.: s.n. 2016.

COELLO, Dalia. *Plan de conservación para las lagunas de cubillín y magtayán en el parque nacional sangay.* S.l.: ESPOCH. 2009.

COLACELLI, Norberto. *Azufre en el suelo.* S.l.: s.n. 2001.

CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR. "No Title". . . 2017.

CÓRDOBA, Lesly. *CARACTERIZACIÓN DE HONGOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE *Vaccinium floribundum* DEL PÁRAMO CUBILLÍN, CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.* S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2022.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. *Hidrología Subterránea.* Omega. Barcelona: s.n. 1996.

DAGNINO, S. "Análisis de varianza". *Revista Chilena de Anestesia*, vol. 43, no. 4, (2014), pp. 306-310. ISSN 07164076. DOI 10.2307/j.ctvvn8k0.7.

DE MIGUEL, Constantino & VÁZQUES, Yaniel. "Origen de los nitratos y nitritos y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas". *Minería y Geología*, vol. 22, (2006), pp. 1-9.

DUCHICELA, Katty & RIVERA, Noemí. *EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS.* S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2022.

DUQUE, David et al. "Análisis del carbono secuestrado en humedales Altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador", vol. 15, no. 2, (2016).

ENCA. "Estrategia nacional de calidad del agua". S.l.: 2016.

FERNÁNDEZ, Alicia. "Ambiente". *Revista Travessia*, no. 81, (2017). ISSN 0103-5576. DOI 10.48213/travessia.vi81.866.

FLOREZ, Gloria. "Servicios ecosistémicos y variables sociambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos . Sector el ocho y paramo de letras Manizales Colombia", (2015), pp. 173-179.

FONTALVO, Fernando & TAMARIS, Cesar. "Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF". *Intropica*, vol. 13, no. 2, (2018), pp. 101. ISSN 1794-161X. DOI 10.21676/23897864.2510.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION [FAO]. "Guía para la descripción de suelos". *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* [en línea], (2009), pp. 100. Disponible en: file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00 (1).pdf.

GARCÍA, Inoel & SÁNCHEZ, Maritza. "INFLUENCIA DEL PH DEL AGUA SOBRE LA EFECTIVIDAD DE VARIOS HERBICIDAS UTILIZADOS EN CAÑA DE AZÚCAR", (2005).

GIRALDO, José & JARAMILLO, Alvaro. "Ciclo hidrológico y transporte de nutrimentos en cafetales bajo diferentes densidades de sombrero de guamo", vol. 55, (2004), pp. 52-68.

GÓMEZ, Oscar. "Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública". *Revista Facultad de Medicina*, vol. 66, no. 1, (2018), pp. 7-8. ISSN 01200011. DOI 10.15446/revfacmed.v66n1.70775.

GONZÁLEZ, José Luis et al. "Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas". *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 3, no. 1, (2012), pp. 21-32. ISSN 20072422.

GONZÁLEZ, Judith Catherine. *VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL POR EL MÉTODO CONTINGENTE DEL PÁRAMO LOS CUBILLINES EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. S.l.: s.n. 2018.

GONZÁLEZ, Soledad et al. "EL USO DEL POTENCIAL REDOX EN MUESTRAS AMBIENTALES Soledad", vol. 2, (2006).

GREENPEACE. "Resultados de las mediciones efectuadas por la Red Ciudadana de Vigilancia de la Contaminación del Agua por Nitratos (2021 2022)". , (2022), pp. 1-54.

GUARACA, Mario. *LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y EL MANEJO DEL PÁRAMO ANDINO*. S.l.: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. 2013.

GUILCAMAIGUA, Doris & CHANCUSIG, Edwin. "Evaluación de la calidad del agua de riego en tres ecosistemas: tradicional, orgánico y convencional", (2019), pp. 1-29.

HERRERA, Greys et al. "Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial". *Información tecnológica*, vol. 33, no. 2, (2022), pp. 59-66. DOI 10.4067/s0718-07642022000200059.

HOFSTEDE, Robert et al. "THE CONSERVATION STATUS OF TUSSOCK GRASS PARAMO IN ECUADOR", vol. 15, no. 1, (2002), pp. 3-18.

JAIMES, Jose et al. "Evaluación Analítica para las Determinaciones de Sodio y Potasio en Aguas por Espectroscopia de Emisión Atómica", (2014).

JAYA, Fabian. *Estudio de los sólidos suspendidos en el río TabacayJaya*. S.l.: s.n. 2017.

JAYA, Fabián Enrique. *Estudio de los sólidos Suspendidos en el agua del rio tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca*. S.l.: s.n. 2018.

KAMPALA, Uganda. "Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos". *Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales*, vol. 9, (2005), pp. 34.

LAHURA, Erick. "EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Y CORRELACIONES ESPÚREAS". [en línea], (2003). Disponible en:
<http://www.pucp.edu.pe/economia/pdf/DDD218.pdf>.

LAMZ, Alexis & GONZÁLEZ, María C. "EFECTO DEL ESTRÉS POR NaCl EN EL CRECIMIENTO Y LAS RELACIONES HÍDRICAS EN PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DURANTE EL PERÍODO VEGETATIVO". *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 4, (2010), pp. 76-81. ISSN 1819-4087.

LANDA, Mario Israel & TITUAÑA, Erika. *Estado de salud del ecosistema páramo del área de conservación del GAD parroquial San Fernando*. S.l.: Universidad estatal amazónica. 2020.

LLAMBÍ, L. et al. *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos* [en línea]. S.l.: s.n. 2012. ISBN 9789942115492. Disponible en:
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>.

LOJA, Geovanny. "Determinación de estrategias de conservación en la subcuenca del río Yanuncay mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de agua", (2013).

LOZA, Alfredo & TAYPE, Irene. "Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina , Puno-Perú", vol. 35, no. 2, (2021), pp. 1-19.

LUQUE, Arturo et al. "La gestión de residuos de las industrias lácteas: el caso de Ecuador". *Universidad Tecnológica Indoamérica Ambato*, (2018), pp. 1-17.

MAASS, Manuel. "PRINCIPIOS GENERALES SOBRE MANEJO DE ECOSISTEMAS". [en línea], (2003). Disponible en:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36611959/1._Los_ecosistemas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1631898449&Signature=KRef4DMVdwn7M5clS6mgBY-zhanB~URCFMnOga9T0CuaR3akRA3-kgofxunQexWv7CDYkO1JZzi5IREy-F7xIngv5jn1OecO6vJCDp6TwEnKn4bb0QU-geGpIMFAKy1PMBsts~3jx.

MANCHENOATAUCHI, María José & MEDINA, Milton. *Levantamiento de la línea base de cuatro humedales de la parroquia San Andrés - Chimborazo proyecto Andes-II Etapa*. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD. 2011.

MANCILLA, Oscar et al. "Concentración iónica y metales pesados en el agua de riego de la cuenca del río Ayquila-Tuxcacuesco-Armería", vol. 35, (2017), pp. 115-124.

MARILIO, A. "C 214 Fotómetro Multiparametro de Sobremesa para Aplicación en Tratamiento de Aguas Residuales". S.l.: 2002.

MATA, Fernàndez et al. "Dinámica de la salinidad en los suelos". *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, vol. 1, no. 5, (2014), pp. 26-35. ISSN 2007-5782.

MATTHESS, G. *The Properties of Groundwater*. S.l.: s.n. 1982.

MAZA, Johana. *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. S.l.: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CUENCA. 2017.

MENA, P.A.C. Josse & MEDINA, Galo. "Los suelos del páramo". *Serie Páramo 5*, (2000), pp. 1-75.

MÉRIDA, Marvin. "Calidad bacteriológica del agua y su relación con el potencial de óxido reducción (ORP)". *Agua, Saneamiento & Ambiente*, vol. 15, no. 1, (2020), pp. 37-43.

MÉRIDA, Silvia & URNICIA, José. "Aptitud química del agua subterránea para el riego agrícola en el valle del Tulum, San Juan, Argentina", (2016).

MORALES, D. "EFECTO DEL ESTRÉS POR NaCl EN EL CRECIMIENTO Y LAS RELACIONES HÍDRICAS EN PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DURANTE EL PERÍODO VEGETATIVO", (2010), pp. 10.

MORENO, Héctor et al. "Determinación en aguas de Carbonatos y Bicarbonatos". [en línea], (2011). [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en:
<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/9846>.

MOTA, Antonio. "Química del medio ambiente: Una aproximación práctica". *Universidad de Granada* [en línea], (2013), pp. 19-21. Disponible en:
<http://www.uco.es/~iq2sagrl/QIMediambiente/TranspTema6-web.pdf>.

NARANJO, Luis et al. *Humedales Interiores de Colombia: Bases técnicas para su conservación y uso sostenible*. Bogotá: s.n. 1999.

OLÍAS, M. et al. "Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS)". *Geogaceta*, vol. 37, (2005), pp. 111-113.

OLIVA, Julio. "Medidas de forma: asimetría y curtosis", (2010), pp. 1-5.

ORTEGA, Antonio et al. "La naturaleza del Magnesio", vol. 3, (1999).

PALIZ, Cristian et al. "Análisis estadístico de datos de las precipitaciones usando métodos robustos y bootstrap". *REVISTA FIGEMPA*, vol. 12, no. 2, (2021).

PEIRA, Guillemes. "Aplicación de la oxidación avanzada en la desinfección de aguas residuales". *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, vol. XXXV, no. 3, (2014), pp. 60-72.

PEÑA, E.P. "Calidad de Agua- Oxígeno Disuelto". *Escuela Superior Politecnica del Litoral*, (2007).

PINOS, Daniela et al. "Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador". *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 55, no. 2, (2021), pp. 157-179. ISSN 1409-2158. DOI

10.15359/rca.55-2.8.

PINOS, Diego. *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun - Yanasacha.* S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. 2022.

PODWOJEWSKI, Pascal. "Los suelos de las altas tierras andinas: los páramos del Ecuador". *Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo*, (1999), pp. 14.

POVEDA, Yoan et al. "Evaluation of supervised classification methods for the estimation of spatiotemporal changes in the Merchán and Telecom paramos, Colombia". *Boletín de Geología*, vol. 44, no. 2, (2022), pp. 51-72. ISSN 21458553. DOI 10.18273/revbol.v44n2-2022002.

PULLES, Robert. "Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba". *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, vol. 45, no. 1, (2014), pp. 25-36.

QUEVEDO, Fernando. "Medidas de tendencia central y dispersión". *Medwave*, vol. 11, no. 03, (2011), pp. 1-6. DOI 10.5867/medwave.2011.03.4934.

QUINTANA, Rubén D. "Humedales, biodiversidad y servicios eco sistémicos. ¿Hacia dónde vamos?". *Agua + Humedales*, vol. 1, (2018), pp. 1-20.

RAMÓN, Galo. *Gente y ambiente de páramo : realidades y perspectivas en el Ecuador.* S.l.: s.n. 2009. ISBN 9789978228234.

RAMOS, Lina María et al. "Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano". *Acta Biologica Colombiana*, vol. 13, no. 3, (2010), pp. 87-98. ISSN 0120548X.

RAVI, A. et al. "Propiedades Físicas del Suelo". *Transactions of the Faraday Society*, vol. 64, (2004), pp. 3358-3360. ISSN 00147672. DOI 10.1039/TF9686403358.

REDONDO, Lucinda. "Análisis y caracterización de purines para la obtención de estruvita y biogás". *Universidad Politecnica de Valencia*, (2015).

REINOSO, Jenny. *Análisis de la calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana en la parroquia de San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.* S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2018.

RODRIGUEZ, J. "Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto , (ASADAS), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel". *Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, vol. 9, no. 12, (2009), pp. 125-134.

RUBIO, Ana María. *LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES.* S.l.: ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD DE SEVILLA. 2010.

RUIZ, Natividad. "La salinidad del agua de riego y del suelo". , (2008).

SALGADO, Luis. "Estudio De Niveles Freáticos Y Piezométricos". *Facultad de Ingeniería Agrícola* [en línea], (2000), pp. 48. Disponible en:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/33803/NR25848.pdf?sequence=1>.

SAMBONI, Natalia et al. "Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua". , (2007). ISSN 10990682. DOI 10.1002/cber.19911241016.

SANABRIA, Doris. "Conductividad eléctrica del agua por el Método Electrométrico.". *Ideam*, vol. 2, (2016), pp. 1-7.

SANCHEZ, Gonzalo. *Diseño y Protección de un Sistema de tratamiento fisicoquímico y microbiológico para el agua del cantón Chambo* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. 2007. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4305/1/20T00092.pdf>.

SOLÍS, Yuliana et al. "La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica". *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 1, (2018), pp. 35. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v31i1.3495.

SUÁREZ, Mario. "Coeficiente de correlación de Karl Pearson", vol. 4, no. 1, (2011), pp. 88-100.

SUCUY, Camila & CASTILLO, Jessica. *Evaluación de la granulometría de la subcuenca del Río Cebadas* [en línea]. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2021.

Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15318/1/236T0563.pdf>.

TOVAR, Juliana & HOZ, Mileth. *Caracterización del cambio en la regulación hídrica y la oferta potencial de servicios ecosistémicos , asociado al establecimiento de infraestructura hidráulica . Caso de estudio : Complejo de Humedales de Ayapel.* S.l.: Universidad de Antioquia Facultad. 2020.

VALENCIA, Mónica & FIGUEROA, Apolinar. "Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 14, no. 26, (2015), pp. 29-42. ISSN 16923324. DOI 10.22395/rium.v14n26a2.

VARGAS, Vanessa & MALDONADO, Sergio. *CONTENIDO DE FÓSFORO, NITRITOS Y NITRATOS EN UN TRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ; APORTE INVESTIGATIVO AL PROYECTO SOBRE LA AUTODEPURACIÓN DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES.* S.l.: s.n. 2019.

VÁZQUEZ, Diego. "Reconsiderando el nicho hutchinsoniano". , (2005).

VILLASEÑOR, Diego. *Fundamentos y procedimientos para análisis físicos y morfológicos del suelo* [en línea]. Machala: s.n. 2016. ISBN 9789942240828. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTOS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10690/1/FUNDAMENTOS_Y_PROCEDIMIENTOS.pdf).

VILLENA, Jorge. "Water quality and sustainable development". *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, vol. 35, no. 2, (2018), pp. 304-308. ISSN 17264642. DOI 10.17843/rpmesp.2018.352.3719.



ANEXOS

ANEXO A: COLOCACIÓN DE TUBOS PARA RECOLECCIÓN DE AGUA INTERSTICIAL



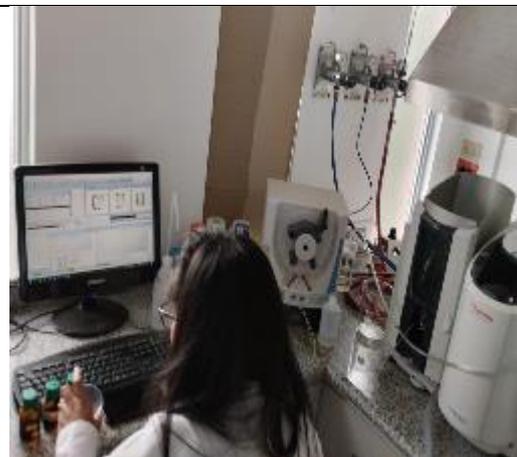
ANEXO B: MONITOREO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS INSITU



ANEXO C: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO



ANEXO D: ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA EN EL LABORATORIO



ANEXO E: ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO





esPOCH

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: 08 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Alisson Daniela Núñez Rivadeneira Christopher Nicolás Sánchez Herrera
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera/o Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0687-DBRA-UPT-2023