



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**CARACTERIZACIÓN DE SUELOS ASOCIADOS A LA
RIZOSFERA DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth) EN
LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN DE LA PROVINCIA
DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: FREDDY EDISON QUISHPE QUISHPI

DIRECTOR: Ing. FRANKLIN ARCOS TORRES M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Freddy Edison Quishpe Quishpi**

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 del Autor.

Yo, Freddy Edison Quishpe Quishpi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 15 de diciembre de 2021

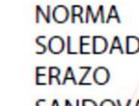
A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Freddy Edison Quishpe Quishpi', written in a cursive style.

.....
Freddy Edison Quishpe Quishpi

060461160-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Proyecto de Investigación **CARACTERIZACIÓN DE SUELOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth) EN LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **FREDDY EDISON QUISHPE QUISHPI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova Ph.D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: VICTOR ALBERTO LINDAO CORDOVA	2021/12/15
Ing. Franklin Arcos Torres M.Sc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: JOSE FRANKLIN ARCOS TORRES	2021/12/15
Ing. Norma Erazo Sandoval PhD MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por: NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL Fecha: 2022.03.11 12:13:54 -05'00'	2021/12/15

DEDICATORIA

A mi Padre amado Dios, quien me ha brindado la fortaleza y constancia en mi ser, que me ha permitido lograr uno de los anhelos de mi vida, por ser tan bueno y misericordioso.

A mi mami Ana María Quishpi, por darme la vida, y haberme brindado el apoyo incondicional en todo momento de mi carrera estudiantil, por darme el amor más sincero que solo una madre puede dar, por demostrarme que por más grandes que sean tus sueños, los puedes lograr si estás dispuesto a luchar.

A mi papi Nelson Antonio Quishpe Caiza, quien siempre miré como un ejemplo y modelo de dedicación que en la vida siempre he de seguir, por el sacrificio y apoyo durante el transcurso de mi carrera, eso me ayudo a esforzarme más y cumplir una etapa de mi vida. Gracias por haberme inculcado a no rendirme jamás.

A mis hermanos: Cristian Quishpe, Cesar Quishpe, Jhenny Quishpe y Katy Quishpe, los mismos que en cada tropezón que tenía estaban ahí para levantarme y motivarme a seguir luchando.

A, Sayri Quishpe y Thiago Quishpe, con sus llegadas a este mundo, me llenaron de alegría, amor y paz para, superar esos momentos difíciles, y nunca rendirme. A Dios y a la virgen les doy las gracias por existir en mi vida, son una bendición, sin ustedes mi vida no florece.

A, Blanca Roció Agualsaca Guamán, quien forma un pilar muy importante en mi vida ya que en los momentos más difíciles siempre estuvimos juntos, la vida nunca estuvo colmada de felicidad, pero el apoyarnos fue suficiente para los dos, demostrando que, con sacrificio y perseverancia todo es posible.

Freddy

AGRADECIMIENTO

Consciente de que las cosas que suceden en mi vida son tus decisiones, agradecerte a ti mi Dios, por regalarme salud, sabiduría y vida para poder cumplir cada una de mis metas.

A mis padres Nelson y Ana por darme la vida y por darme todo el apoyo incondicional para cumplir mi sueño.

Quiero agradecer de manera especial a mi director: Ing. Franklin Arcos Torres, M.Sc., por ser una extraordinaria persona y excelente docente, quien me ha apoyado de manera oportuna, amable y efectiva en todo mi trabajo de integración curricular.

De igual manera a mi tutora: Ing. Norma Erazo Sandoval, PhD., primero por ser un excelente ser humano, y regalarme su confianza para eliminar cada una de mis dudas, tanto en lo académico como en el presente trabajo.

Al Ing. Víctor Lindao, PhD., mi más sincero agradecimiento, quien con su profesionalismo, honestidad y responsabilidad me ha ayudado en mi trabajo de titulación.

A la Ingeniera Gabriela Rosero Obando, por su guía y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de titulación, donde me ha permitido adquirir sabios conocimientos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a mi querida Escuela de Agronomía por ser mi hogar y haberme formado académicamente, donde tuve la oportunidad de aprender-haciendo; como también me ha brindado todos los conocimientos y me ha permitido formarme como profesional.

Freddy

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Ecosistema.....	4
1.1.1. Ecosistemas naturales.....	4
1.1.2. Características de los ecosistemas naturales.....	4
1.2. Páramo.....	5
1.3. Páramos del Ecuador.....	6
1.4. La fertilidad del suelo.....	6
1.5. Propiedades Físicas del suelo.....	7
1.5.1. Estructura.....	7
1.5.1.1. Clases y tipos de estructura del suelo.....	7
1.5.1.2. Tipos.....	8
1.5.2. Textura.....	8
1.5.3. Color.....	9
1.5.4. Densidad del suelo.....	10
1.5.4.1. Densidad Aparente.....	10
1.5.4.2. Densidad real.....	10
1.5.5. Temperatura del suelo.....	11
1.5.6. Humedad.....	11
1.6. Propiedades Químicas.....	11
1.6.1. pH.....	11
1.6.2. Conductividad eléctrica (CE).....	12
1.6.3. Materia Orgánica.....	12
1.6.4. Carbono Orgánico del suelo.....	12
1.6.5. Capacidad intercambio catiónico (CIC).....	13

1.6.6.	<i>Nitrógeno (N) del suelo</i>	13
1.6.6.1.	<i>Ciclo de Nitrógeno</i>	13
1.6.6.2.	<i>Dinámica del nitrógeno (N) en el suelo</i>	14
1.6.7.	<i>Fósforo (P) en el suelo</i>	14
1.6.7.1.	<i>Ciclo del fósforo (P) en el suelo.</i>	15
1.6.8.	<i>Potasio (K) en el suelo</i>	15
1.6.8.1.	<i>Ciclo del potasio (K) en el suelo</i>	16
1.7.	Relación Carbono-nitrógeno R C/N	16
1.8.	Rizosfera	17
1.9.	Interacciones rizosfera-microorganismos	17
1.10.	Mortíño (<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth)	18
1.10.1.	<i>Origen</i>	18
1.10.2.	<i>Morfología del Mortíño</i>	18
1.10.3.	<i>Taxonomía</i>	18
1.10.4.	<i>Vaccinium floribundum</i>	19
1.10.5.	<i>Distribución geográfica</i>	19
1.10.6.	<i>Beneficios del Mortíño en la salud</i>	19
1.11.	Microorganismos del suelo	20
1.11.1.	<i>Importancia de los microorganismos</i>	20
1.11.2.	<i>Clasificación de microorganismos del suelo según su tamaño</i>	20
1.11.2.1.	<i>Macrofauna</i>	20
1.11.2.2.	<i>Mesofauna</i>	21
1.11.2.3.	<i>Microfauna</i>	21
1.11.3.	<i>Diversidad microbiana presente en los suelos</i>	21
1.11.3.1.	<i>Bacterias</i>	22
1.11.3.2.	<i>Hongos</i>	22

CAPÍTULO II

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1.	Caracterización del lugar	23
2.1.2.	<i>Ubicación de zonas de estudio</i>	23
2.1.3.	<i>Características Geográficas</i>	24
2.1.4.	<i>Características climáticas</i>	24
2.1.5.	<i>Localización del laboratorio</i>	24
2.2.	Materiales y equipos	24
2.2.1.	<i>Materiales de campo</i>	25

2.2.2.	<i>Materiales de oficina</i>	25
2.2.3.	<i>Materiales y equipos de Laboratorio</i>	25
2.3.	Metodología	25
2.3.1.	<i>Trabajo en campo</i>	25
2.3.1.1.	<i>Área de estudio</i>	25
2.3.2.	<i>Diseño experimental</i>	25
2.3.2.1	<i>Características del diseño</i>	25
2.3.3.	<i>Esquema de análisis de varianza</i>	26
2.3.3.1	<i>Análisis de varianza (ADEVA)</i>	26
2.3.4.	<i>Análisis funcional</i>	26
2.3.5.	<i>Muestreo</i>	26
2.3.6.	<i>Trabajo de Laboratorio</i>	26
2.3.7.	<i>Análisis físicos de las muestras de suelo</i>	26
2.3.7.1.	<i>Estructura del suelo</i>	27
2.3.7.2.	<i>Textura del suelo</i>	27
2.3.7.3.	<i>Color</i>	28
2.3.7.4.	<i>Densidad Aparente del suelo</i>	29
2.3.7.5.	<i>Temperatura</i>	30
2.3.7.6.	<i>Humedad</i>	30
2.3.8.	Propiedades Químicas	31
2.3.8.1.	<i>pH</i>	31
2.3.8.2.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	31
2.3.8.3.	<i>Materia Orgánica</i>	32
2.3.8.4.	<i>Carbono Orgánico</i>	33
2.3.8.5.	<i>Capacidad intercambio catiónico (CIC)</i>	33
2.3.8.6.	<i>Nitrógeno Asimilable (N)</i>	34
2.3.8.7.	<i>Nitrógeno Total (N)</i>	34
2.3.8.8.	<i>Fósforo (P)</i>	34
2.3.8.9.	<i>Potasio (K)</i>	34
2.3.8.10.	<i>Relación Carbono Nitrógeno (C/N)</i>	35
2.3.9.	Diversidad microbiana	36
2.3.9.1.	<i>Método de dilución</i>	36
2.3.9.2.	<i>Evaluación de microorganismos</i>	36
2.3.9.3	<i>Análisis metagenómico</i>	37

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1.	Análisis Físico de los suelos de Ganquis y Cubillín	38
3.1.1.	<i>Estructura</i>	38
3.1.2.	<i>Textura</i>	38
3.1.3.	<i>Color</i>	39
3.1.3.1.	<i>Color en muestra Húmeda</i>	39
3.1.3.2.	<i>Color en muestra Seca</i>	40
3.1.4.	<i>Densidad aparente (Da)</i>	40
3.1.4.1.	<i>Análisis de Varianza de densidad aparente</i>	40
3.1.4.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de densidad aparente g/cm³</i>	41
3.1.5.	<i>Temperatura</i>	41
3.1.5.1.	<i>Análisis de Varianza de Temperatura (°C)</i>	41
3.1.6.	<i>Humedad</i>	42
3.1.6.1.	<i>Análisis de Varianza de Humedad (%)</i>	42
3.1.6.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Humedad (%)</i>	43
3.2.	Análisis Químico de los suelos de Ganquis y Cubillín	44
3.2.1.	<i>pH</i>	44
3.2.1.1.	<i>Análisis de Varianza de pH</i>	44
3.2.2.	<i>Conductividad Eléctrica (CE)</i>	45
3.2.2.1.	<i>Análisis de Varianza de CE (μS/cm)</i>	45
3.2.3.	<i>Materia Orgánica (MO)</i>	45
3.2.3.1.	<i>Análisis de Varianza de Materia Orgánica (%)</i>	45
3.2.3.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Materia Orgánica (%)</i>	46
3.2.4.	<i>Carbono Orgánico (CO)</i>	47
3.2.4.1.	<i>Análisis de Varianza de Carbono Orgánico (%)</i>	47
3.2.4.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Carbono Orgánica (%)</i>	47
3.2.5.	<i>Capacidad intercambio catiónico (CIC)</i>	48
3.2.5.1.	<i>Análisis de Varianza de Capacidad Intercambio Catiónico (meq/100 g)</i>	48
3.2.5.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)</i>	49
3.2.6.	<i>Nitrógeno Asimilable (ppm)</i>	50
3.2.6.1.	<i>Análisis de Varianza de Nitrógeno Asimilable (ppm)</i>	50
3.2.6.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Nitrógeno Asimilable (ppm)</i>	50
3.2.7.	<i>Nitrógeno Total (%)</i>	51
3.2.7.1.	<i>Análisis de Varianza de Nitrógeno Total (%)</i>	51
3.2.7.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Nitrógeno Total (%)</i>	51

3.2.8.	<i>Fósforo (mg/kg)</i>	52
3.2.8.1.	<i>Análisis de Varianza de Fósforo (mg/kg)</i>	52
3.2.9.	<i>Potasio (cmol/kg)</i>	53
3.2.9.1.	<i>Análisis de Varianza de Potasio (cmol/kg)</i>	53
3.2.10.	<i>Relación Carbono/ Nitrógeno (R C/N)</i>	53
3.2.10.1.	<i>Análisis de Varianza de Relación Carbono/ Nitrógeno (%)</i>	53
3.2.10.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% de Relación Carbono/Nitrógeno (%)</i>	54
3.3.	<i>Caracterización de la diversidad microbiana</i>	55
3.3.1.	<i>Diversidad microbiana</i>	55
3.3.1.1.	<i>Análisis de varianza para las Bacterias (ufc/g)</i>	55
3.3.1.2.	<i>Prueba de TUKEY al 5% para Bacterias (ufc/g)</i>	55
3.3.1.3.	<i>Análisis de varianza para Hongos (ufc/g)</i>	56
3.3.2.	<i>Análisis metagenómico para Phylum</i>	57
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características geográficas en las dos localidades de páramo que se realizara el muestro.....	24
Tabla 2-2:	Características Climáticas de la zona de Ganquis.....	24
Tabla 3-2:	Características climáticas de la zona de Cubillín.....	24
Tabla 4-2:	Tipos de estructuras y características del suelo.....	27
Tabla 5-2:	Rangos para interpretar la densidad del suelo.....	30
Tabla 6-2:	Rangos para interpretar la humedad del suelo.	31
Tabla 7-2:	Niveles de pH en el suelo.....	31
Tabla 8-2:	Rangos de porcentajes de conductividad eléctrica.....	32
Tabla 9-2:	Rangos de porcentajes de Materia Orgánica (MO).....	33
Tabla 10-2:	Rangos de porcentajes de Carbono Orgánico (COS).....	33
Tabla 11-2:	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	34
Tabla 12-2:	Rango de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en ppm	35
Tabla 13-2:	Rango de Relación Carbono/nitrógeno	35
Tabla 1-3:	Análisis de Estructura de las zonas de Ganquis y Cubillín.....	38
Tabla 2-3:	Análisis de textura de las zonas de Ganquis y Cubillín	39
Tabla 3-3:	Análisis de color en suelo húmedo de las zonas de Ganquis y Cubillín	39
Tabla 4-3:	Análisis de color en suelo seco de las zonas de Ganquis y Cubillín.....	40
Tabla 5-3:	Análisis de Varianza de densidad aparente.....	40
Tabla 6-3:	Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente (g/cm^3), en localidades	41
Tabla 7-3:	Análisis de Varianza de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	42
Tabla 8-3:	Análisis de Varianza de Humedad (%).....	43
Tabla 9-3:	Prueba de Tukey al 5% para Humedad (%) en localidades.	43
Tabla 10-3:	Análisis de Varianza de pH.....	44
Tabla 11-3:	Análisis de Varianza de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$).....	45
Tabla 12-3:	Análisis de Varianza de Materia Orgánica (%).....	46
Tabla 13-3:	Prueba de Tukey al 5% para Materia Orgánica en localidades.....	46
Tabla 14-3:	Análisis de Varianza de Carbono Orgánico (%).....	47
Tabla 15-3:	Prueba de Tukey al 5% para Carbono Orgánico (%), en localidades	47
Tabla 16-3:	Análisis de Varianza de Intercambio Catiónico ($\text{meq}/100\text{ g}$)	48
Tabla 17-3:	Prueba de Tukey al 5% para Capacidad de Intercambio Catiónico ($\text{meq}/100\text{ g}$), en localidades.....	49
Tabla 18-3:	Análisis de Varianza de Nitrógeno Asimilable (ppm).	50
Tabla 19-3:	Prueba de Tukey al 5% para Nitrógeno Asimilable (ppm), en localidades.	50

Tabla 20-3: Análisis de Varianza de Nitrógeno Total (%).	51
Tabla 21-3: Prueba de Tukey al 5% para Nitrógeno Total (%), en localidades.	51
Tabla 22-3: Análisis de Varianza de Fósforo (mg/kg).	52
Tabla 23-3: Análisis de Varianza de Potasio (cmol/kg).	53
Tabla 24-3: Análisis de Varianza de Relación Carbono/ Nitrógeno (%).	54
Tabla 25-3: Prueba de Tukey al 5% para Relación Carbono/Nitrógeno (%), en localidades..	54
Tabla 26-3: Análisis de Varianza de Bacterias en la dilución 10 ³ de los suelos de páramo de Ganquis y Cubillín.	55
Tabla 27-3: Prueba de Tukey al 5% para Bacterias (ufc/g), en localidades.	56
Tabla 28-3: Análisis de Varianza de Hongos en la dilución 10 ³ de los suelos de páramo de Ganquis y Cubillín.	56
Tabla 29-3: Perfil taxonómico de bacterias benéficos asociados a <i>V. floribundum</i> en el páramo de Ganquis.	57
Tabla 30-3: Perfil taxonómico de bacterias benéficos asociados a <i>V. floribundum</i> en el páramo de Cubillín.	58
Tabla 31-3: Perfil taxonómico de hongos benéficos asociados a <i>V. floribundum</i> en el páramo de Ganquis.	59
Tabla 32-3: Perfil taxonómico de hongos benéficos asociados a <i>V. floribundum</i> en el páramo de Cubillín.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Diagrama textural de la USDA	9
Figura 2-1:	Ciclo del Nitrógeno.....	14
Figura 3-1:	Ciclo del Fósforo.....	15
Figura 4-1:	Ciclo del Potasio	16
Figura 1-2:	Tabla de color de Munsell.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Ubicación Geológico de la zonas de Ganquis y Cubillín	23
Gráfico 1-3:	Densidad Aparente (g/cm^3), en localidades.....	41
Gráfico 2-3:	Humedad (%) en localidades.....	43
Gráfico 3-3:	Materia Orgánica (%) en localidades.	46
Gráfico 4-3:	Carbono Orgánico (%) en localidades.....	48
Gráfico 5-3:	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g) en localidades.	49
Gráfico 6-3:	Nitrógeno Asimilable (ppm), en localidades.....	50
Gráfico 7-3:	Nitrógeno Total (%), en localidades.....	52
Gráfico 8-3:	Relación Carbono/Nitrógeno (%) en localidades.	54
Gráfico 9-3:	Bacterias (ufc/g), en localidades.....	56
Gráfico 10-3:	Phylum y Especies de bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis.....	57
Gráfico 11-3:	Phylum y Especies de bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín.	58
Gráfico 12-3:	Phylum y Especies de hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis.....	59
Gráfico 13-3:	Phylum y Especies de hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín.	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	FOTOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE TRABAJO EN CAMPO.	74
ANEXO B:	FOTOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE TRABAJO EN LABORATORIO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICAS.	75
ANEXO C:	PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE GANQUIS.	77
ANEXO D:	PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE CUBILLÍN.	78
ANEXO E:	PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE GANQUIS.	80
ANEXO F:	PERFIL TAXONÓMICO DE HONGOS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE CUBILLÍN.	80
ANEXO G:	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO REALIZADOS EN LABORATORIO.	81
ANEXO H:	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES DE PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.	83
ANEXO I:	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES DE PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.	83
ANEXO J:	CONTENIDO EN PHYLUM DE BACTERIAS BENÉFICOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE V. FLORIBUNDUM EN LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.	84
ANEXO K:	CONTENIDO EN PHYLUM DE HONGOS BENÉFICOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE V. FLORIBUNDUM EN LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.	84

RESUMEN

En esta investigación se caracterizó los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en las propiedades físicas - químicas y microbiológicas en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo. Estudio realizado en los laboratorios (GIDAC), en la Facultad de Ciencias; laboratorio de Suelos, laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH mediante metodologías establecidas, para el análisis estadístico se aplicó diseño de bloques completos al azar (DBCA), con dos tratamientos (localidades) y tres repeticiones, utilizando ANOVA se determinó el coeficiente de variación y prueba de TUKEY al 5% cuando existieron diferencias significativas entre localidades. Los análisis de propiedades físicas en las dos localidades manifiestan similitud en lo referente a textura franco arenoso, estructura granular, color gris muy oscuro en húmedo, y marrón grisáceo muy oscuro en seco, densidad aparente, temperatura y humedad. Mientras que las propiedades químicas del suelo de Ganquis difieren con las de Cubillín en: Conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno asimilable, nitrógeno total y R C/N. Los páramos de Cubillín, presentan mejores características físico químicas para el crecimiento del mortiño y microbiano. El análisis metagenómico encontró: 5 Phylum, 25 familias, 37 géneros y 39 especies de bacterias benéficas y 2 Phylum, 4 familias, 4 géneros y 17 especies de hongos benéficos; En el páramo de Ganquis se registró: 4 Phylum, 12 familias, 15 géneros, 15 especies de bacterias benéficas y 1 Phylum, 4 familias, 5 géneros y 5 especies de hongos benéficos. Los suelos de la rizosfera asociadas a las bacterias benéficas en Cubillín contempla: Proteobacteria 56,4%; Actinobacteria 17,95%; Firmicutes 12,82%; Bacteroides 10,26% y Cianobacterias 2,56%. Se recomienda realizar estudios sobre la caracterización física y química del suelo de páramos en zonas no alteradas a diferentes profundidades e identificar las poblaciones microbiológicas.

Palabras claves: <SUELOS ASOCIADOS>, <MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth) > <PÁRAMOS>, <RIZOSFERA>, <POBLACIONES MICROBIANAS>, <METAGENÓMICO>



Firmado electrónicamente por:
**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO
RUIZ**



2266-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This research characterized the soils associated with the rhizosphere of *mortiño* (*Vaccinium floribundum* Kunth) in the physical, chemical, and microbiological properties in the moors of *Ganquis* and *Cubillín* in *Chimborazo* province. The study was carried out in the laboratories (GIDAC), in the Faculty of Sciences; Soil laboratory, Biological Sciences laboratory of the Faculty of Natural Resources, *ESPOCH* by means of established methodologies. A randomized complete block design (RCBD) was applied for the statistical analysis with two treatments (localities) and three replications, ANOVA was used to determine the coefficient of variation and TUKEY test at 5% when there were significant differences in these places. The analysis of physical properties in these places showed similarities in terms of sandy loam texture, granular structure, very dark gray color when wet, and very dark grayish brown when dry, bulk density, temperature, and humidity. Chemical properties of the *Ganquis* soil differ with those of *Cubillín* in Electrical conductivity, organic matter, cation exchange capacity, assimilable nitrogen, total nitrogen, and R C/N. The moorlands of *Cubillín*, have better physical-chemical characteristics for *mortiño* and microbial growth. The metagenomic analysis found five phylum, 25 families, 37 genera and 39 species of beneficial bacteria and two phylum, four families, four genera and 17 species of beneficial fungi. In the *Ganquis* moorland, four phylum, 12 families, 15 genera, 15 species of beneficial bacteria and one phylum, four families, five genera and five species of beneficial fungi were recorded. The rhizosphere soils associated with beneficial bacteria in *Cubillín* contemplates Proteobacteria 56.4%; Actinobacteria 17.95%; Firmicutes 12.82%; Bacteroides 10.26% and Cyanobacteria 2.56%. It is recommended to carry out studies about the physical and chemical characterization of moorland soil in undisturbed areas at different depths and to identify microbiological populations.

Key words: <ASSOCIATED SOILS>, <MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth)>, <MOORLANDS>,<RHIZOSPHERE>,<MICROBIAL POPULATIONS>, METAGENOMICS>.



Firmado electrónicamente por:

**ESTHELA
ISABEL
COLCHA
GUASHPA**

INTRODUCCIÓN

Los páramos son ecosistemas de montaña que se desarrollan por arriba de los bosques andinos, a alturas que tienen la posibilidad de ser mejores a los 3,000 msnm, tienen características que los hacen vitales, pues prestan servicios ecosistémicos muy relevantes, también son hogar de especies únicas en el planeta, 6 de cada 10 especies de plantas que se hallan en los páramos habitan ahí. Cumplen funcionalidades de mitigación y adaptación al calentamiento global; la concentración de materia orgánica en los suelos de los páramos posibilita guardar carbono en más grande proporción que en otros ecosistemas. (Herrera, 2013, pp. 2-3)

Según Herrera (2013), menciona: Una función bastante importante como es la retención del agua y conservar la igualdad entre los aportes y pérdidas dentro del ecosistema, la característica de conservación de agua se debería a su altitud y clima debido a estas condiciones del medio ambiente se puede proteger el agua en épocas de sequía, también gracias a su clima gélido y suelo orgánico, son ideales para recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos y libera agua limpia y pura. En el Ecuador (*Vaccinium floribundum* Kunth), se encuentra distribuido en la Sierra en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja. Aunque la zona de adaptación del mortiño va desde 2000 hasta 4500 msnm, debido a la expansión de la frontera agrícola, se ha relegado a zonas de páramo comprendidas entre los 3400 a 4500 msnm (Santamaría y Coba, 2012, parr. 5)

Según Vavilov (1951) citado por Santamaría y Coba (2012), menciona: La región de los Andes es uno de los mayores centros de domesticación de plantas del mundo, fue escenario de civilizaciones que desarrollaron una agricultura autóctona y tradicional y cuenta con una gran cantidad de especies de plantas nativas, dentro de un rango de altitud que oscila entre los 2500 y 4300 msnm. Según Loján (2003) citado por Santamaría y Coba (2012), menciona: El mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), de la familia Ericaceae, llamado también uva de monte, es una fruta nativa de los páramos ecuatorianos también es considerada endémica y ha sido utilizada por sus habitantes desde tiempos inmemoriales principalmente en el día de los difuntos para la elaboración de la tradicional colada morada. El suelo del páramo, generalmente es de color oscuro, está poderosamente asociado con la materia orgánica (que es la más grande responsable de la alta capacidad para retener agua), cuya acumulación se ve favorecida por las bajas temperaturas, conformando complicados bastante fuertes entre la parte mineral y la parte orgánica. Generalmente un suelo tiene del 1 - 5 % de MO, mientras tanto que el suelo de páramo puede tener de 3 - 44% y llegar inclusive a valores tan elevados como 90 % en la situación de suelos de turberas (Llambí et al., 2012: pp. 194-195).

PROBLEMA

La constante inquietud por una mejor calidad de vida del sector y una clara conciencia del sentido de ingesta de alimentos sanos han estimulado la creciente aprobación y la alta demanda por el consumo de productos naturales ya que el desconocimiento de la diversidad de los suelos asociados a la rizósfera de *Vaccinium floribundum* Kunth, limitan la comprensión para entender la funcionalidad de ese ecosistema y sus potenciales aplicaciones y aprovechamiento mediante su propagación.

Al no existir información sobre la caracterización de propiedades físicas y químicas de los suelos del páramo y que se encuentren vinculados a brindar beneficios a la especie vegetativa de *Vaccinium floribundum* Kunth, se propone la presente investigación para caracterizar los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo.

JUSTIFICACIÓN

En los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, hay una gran variedad de arbustos silvestres, Se consideran como los principales afectados, el ecosistema páramo de la provincia de Chimborazo, pobladores y academia por el desconocimiento de los suelos asociados a (*Vaccinium floribundum* Kunth). Las asociaciones de microorganismos que se forman con las plantas de (*Vaccinium floribundum* Kunth) en condiciones silvestres son determinantes para el crecimiento y desarrollo de esta especie. La principal característica que tiene la rizosfera es su riqueza energética representada por la gran cantidad de sustancias orgánicas transferidas por la raíz como producto de su metabolismo, la rizosfera, gracias a su ambiente rico en energía y nutrientes, alberga grandes poblaciones de la mayor parte de los grupos de microorganismos del suelo.

Con esta investigación se generó conocimiento local sobre los suelos asociados a la rizósfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), que garanticen un buen desarrollo de la especie, con miras a convertirse en un rubro de importancia agrícola de las zonas parameras, posteriormente permitan establecer plantaciones comerciales de esta baya tan apetecida en el mercado local e internacional, esta especie puede cobrar gran relevancia como un cultivo promisorio en zonas parameras de la provincia de Chimborazo, contribuyendo a la conservación del páramo y dotando de alternativas sostenibles y rentables que garanticen el frenado de la expansión de la frontera agrícola.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo.

Específicos

- Determinar e interpretar las características físicas y químicas del suelo asociado con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín.
- Determinar las características microbiológicas de los suelos asociados con la rizosfera del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín.

HIPÓTESIS

Nula

La caracterización del suelo en sus propiedades físico - químicas en los páramos de Ganquis y Cubillín no son similares en la rizosfera del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

Alterna

Al menos una de las propiedad física-química en la caracterización del suelo en los páramos de Ganquis y Cubillín son diferentes en la rizosfera del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

VARIABLES

Variables dependientes

Caracterización del suelo

Variables independientes

Características físicas, químicas y microbiológicas en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

1.1. Ecosistema

Es un grupo de plantas y otros seres vivos (biocenosis) que se interrelacionan y que comparten un mismo ambiente con determinadas propiedades físicas y químicas (biotopo). También es un sistema biológico construido por una sociedad de seres vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Se trata de una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas acostumbran conformar una secuencia de cadenas que presentan la interdependencia de los organismos dentro del sistema. Un ecosistema radica de la sociedad biológica de un espacio y de los componentes físicos y químicos que conforman el ambiente abiótico (Mass y Martínez Yrizar, 1990: pp.11-12).

1.1.1. Ecosistemas naturales

Son fuente de riqueza y pluralidad, brindando una asombrosa pluralidad de recursos naturales, así como una maravillosa diversidad biológica de especies, comprendido como sistemas biológicos en los cuales se realiza la vida, desempeñando un fundamental papel dentro del manejo universal del mundo Tierra, las interrelaciones que se establecen entre sus sociedades biológicas, así como las propiedades de los fenómenos climáticos que en ellos se otorgan, permiten el desarrollo de organismos vivos adaptados a un ecosistema definido. Por todo ello, la custodia y conservación de los ecosistemas naturales resulta importante, debido a que si respetamos la vida de los ecosistemas naturales estaremos apostando por la diversidad biológica y la calidad de vida en la Tierra (Roldán, 2020.parr.3-5).

1.1.2. Características de los ecosistemas naturales

Para el conveniente desempeño y equilibrio óptimo de los ecosistemas naturales, toda una red de elementos de distinto índole interacciona unos con otros. En la siguiente lista observaremos detalladamente cuáles son aquellos primordiales elementos y propiedades de los ecosistemas naturales del mundo: Se forman por elementos bióticos (seres vivos) y abióticos (suelo, piedras, componentes climáticos). Desde estas propiedades usuales, es viable distinguir la vida de diversos tipos de ecosistemas naturales según sean sus propiedades climáticas, así como las sociedades biológicas que los conforman (Roldán, 2020.parr.4-6).

1.2. Páramo

Ecosistema dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes, de clima gélido y es bastante frágil a los cambios en la utilización de la tierra, por lo cual su potencial para la riqueza cultural, empero pobreza económica está aprovechando los recursos de este paisaje. mismo tiempo, una enorme población aguas debajo lo está aprovechando de forma indirecta, aun cuando de forma importante, en especial por medio de su servicio ambiental hídrico (Bautista, 2018: pp.22-23).

El páramo es una formación única de la Sierra, típicamente herbácea. Dependiendo del sistema hídrico o de las maneras de vida que predominan, se puede hacer una categorización más fina de esta formación (páramo herbáceo, arbustivo, de almohadilla, de frailejones o páramo seco). En ciertas montañas como el Chimborazo, el páramo desértico comienza a niveles más bajos (3800 msnm). Varias especies de plantas útiles que tienen la posibilidad de descubrir en esta clase de páramo son: Chuquiragua Jussieu, *Stipa ichu*, *Ephedra americana*, *Hypochaeris sonchoides*, *Azorella pedunculata* y *Calceolaria ericoides*. De esta forma, predominan plantas con rizomas y raíces bastante desarrollados y con hojas drásticamente pequeñas. Esta formación está presente en todos los nevados de la cordillera Occidental y ciertos nevados de la cordillera Oriental, ejemplificando en el Antisana y el Cayambe (Muriel, 2008.parr.3-5).

En la cordillera Occidental ocupa casi todo el sector entre los 3400–3500 y 4000 msnm de altitud, se puede descubrir en los Ilinizas y en el Pichincha, además en las provincias de Carchi e Imbabura. En el norte y centro de la cordillera Oriental, los páramos son semejantes a los de la cordillera Occidental, sin embargo, son en la mayor parte de los casos más húmedos. Se hallan en la mayor parte de ciudades a partir de 3400–3500 a 4000 msnm, ejemplificando en los Llanganates y el páramo de la Virgen. Enormes superficies en dichos páramos permanecen cubiertas por densas asociaciones de musgos con arbustos y hierbas en sitios pantanosos y son conocidas localmente como tembladeras. En el norte y centro de la cordillera Oriental, hay zonas donde los penachos de gramíneas son reemplazados por arbustos, hierbas de diversas especies, plantas en roseta y, en especial en los páramos más húmedos, por plantas en almohadilla. Dichos son identificados como páramos de almohadillas y permanecen constantemente confinados a altitudes entre 4000 y 4500 msnm; ocurren, ejemplificando, en varias superficies del páramo de la Virgen y de los Llanganates. Es de esta forma que en el Ilinizas hay enormes superficies cubiertas por *Polylepis lanuginosa* entre los 4200 y 4300 msnm. Al sur de la cordillera Oriental, tenemos la posibilidad de hallar el páramo arbustivo, ubicado sobre 3100 msnm, y caracterizado por una escasez de gramíneas en penachos y una alta presencia de arbustos bajos, hierbas, gramíneas y ciperáceas (Muriel, 2008: pp.35-36).

1.3. Páramos del Ecuador

En Ecuador poseen una elevación promedio de 3300 m s.n.m., y cubren el 7 % de su territorio, y dan servicios ecosistémicos como: recursos hídricos de calidad y sumideros de carbono primordialmente. Dichos ecosistemas poseen además trascendencia social y cultural, en ellos viven una población marginada, no obstante, produce recursos económicos con la producción diversa de alimentos agrícolas y la administración del turismo y la recreación; desafortunadamente permanecen dañados por el cambio de uso del suelo, introducción de plantas exóticas, incendios, calentamiento global y en ciertos sectores por la actividad minera (Morocho y Chunchu, 2019, parr.2-5).

Cubre una elevación de 5% del territorio patrio, esto realizaría pensar que, a la inversa de lo que pasa con ecosistemas más extensos como los bosques amazónicos, su trascendencia es además subjetivamente baja. Por esa razón es de lamentar que el páramo sea claramente uno de los ecosistemas menos conocidos del territorio. A partir de la perspectiva del Ministerio, un elaborado que puede hacer percibir el valor que tiene el páramo se relaciona con las zonas protegidas del territorio, que permanecen al mando de la organización. De las recientes 27 zonas protegidas (que integran parques nacionales, reservas ecológicas, zonas nacionales de recreación, refugios de vida silvestre y reservas de producción faunística) nada menos que 14 tienen dentro relevantes extensiones de páramo. Sin embargo, la nueva Ley de Diversidad biológica, que está en plena promoción, estima a los páramos como ecosistemas frágiles, justamente por la agresión que vienen sufriendo por prácticas como quema, producción agrícola inadecuada y sobrepastoreo. (Mena, Medina y Hofstede, 2001: p.3).

1.4. La fertilidad del suelo

Son distintas, y algunas veces contradictorias, las definiciones a alrededor de la fertilidad de suelo, se acepta que esencialmente se refiere a la capacidad que tiene el medio edáfico para sustituir los recursos fundamentales que demandan las plantas para su metabolismo. Por consiguiente, un suelo fértil tiene una reserva idónea y equilibrada de nutrientes, suficientemente disponible para tolerar los requerimientos de las especies vegetales. La primera se refiere a las condiciones propias de suelos que no fueron intervenido y en los cuales hay un equilibrio entre el suelo y la vegetación que aguanta (Camilo et al., 2008: pp.6-7).

Tiene relación con la capacidad del suelo para mantener el aumento de las plantas agrícolas, o sea, para proveer hábitat a las plantas y generar rendimientos sostenidos y consistentes de alta calidad. Un suelo fértil tiene las próximas características: La función de proporcionar nutrientes

y agua fundamentales para las plantas en porciones y proporciones correctas para el aumento y reproducción de las plantas; y la falta de sustancias tóxicas que tienen la posibilidad de inhibir el aumento de las plantas.

Las siguientes características contribuyen a la fertilidad del suelo en la mayor parte de las situaciones: profundidad suficiente del suelo para el aumento correcto de las raíces y la retención de agua; buen drenaje interno, que posibilita una aireación suficiente para un incremento óptimo de las raíces. Concentraciones correctas de nutrientes fundamentales para las plantas en maneras accesibles para la planta; Presencia de una diversidad de microorganismos que apoyan el crecimiento de las plantas (FAO, 2020.parr.1-2).

1.5. Propiedades Físicas del suelo

Las propiedades físicas son en parte importante causantes del buen desarrollo de las plantas puesto que principalmente solamente se piensan las propiedades químicas para que exista un medio óptimo para el incremento de las plantas debería darse una relación dinámica en medio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Ramírez, 1997: p.9).

1.5.1. Estructura

La composición del suelo perjudica de manera directa la aireación, el desplazamiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el aumento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el elemento elemental que perjudica la composición del suelo con más trascendencia gracias a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el aumento de las plantas (FAO, 2020b.parr.2). Esta propiedad nos posibilita conocer como están compuestos los agregados del suelo, o sea como se organizan las arcillas, el limo y las arenas para conformar el suelo (Marín et al., 2011: p.46).

La estructura se refiere a la forma como se unen las partículas primarias del suelo (arena, limo, arcilla) y el tamaño de las mismas.

1.5.1.1. Clases y tipos de estructura del suelo

La clase de composición explica la magnitud medio de los agregados personales el tipo de composición de suelo de donde proceden los agregados, tienen la posibilidad de reconocer, generalmente y estas son las siguientes:

Muy fina o muy delgada.

Fina o delgada.

Mediana.

Gruesa o espesa.

Muy gruesa o muy espesa.

1.5.1.2. Tipos

Estructuras granulares y migajosas: son partículas principalmente de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. Por lo general, se hallan en el horizonte A de los perfiles de suelos.

Estructuras en bloques o bloques subangulares: son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados subjetivamente monumentales indican que el suelo resiste la penetración y el desplazamiento del agua. Por lo general, se hallan en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

Estructuras prismáticas y columnares: son partículas de suelo que han conformado columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, empero definidas mayor complejidad y el drenaje es deficiente, Normalmente se encuentran en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

Estructura laminar: está formado de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que A menudo las láminas se traslapan, se encuentra en suelos boscosos, en cierta forma del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla (Marín et al., 2011: pp. 46-47).

1.5.2. Textura

Mediante la textura de un suelo tienen la posibilidad de estimar ciertos atributos como su capacidad provechosa, su comportamiento mecánico, capacidad de retención de agua, capacidad portante, rapidez de infiltración, densidad aparente, capacidad de usos contrastándola con el interior del suelo y su pendiente (Marín et al., 2011: p.44).

La textura del suelo tiene relación con la cantidad de elementos inorgánicos de diferentes maneras y tamaños como arena, limo y arcilla. Partículas del suelo que sobrepasan tamaño de 2.0 mm se definen como roca y grava y además se integran en la clase de textura. Una vez que predominan elementos orgánicos están compuestos suelos orgánicos en lugar de minerales (FAO, 2020b.parr.5). El Diagrama textural de la USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla.

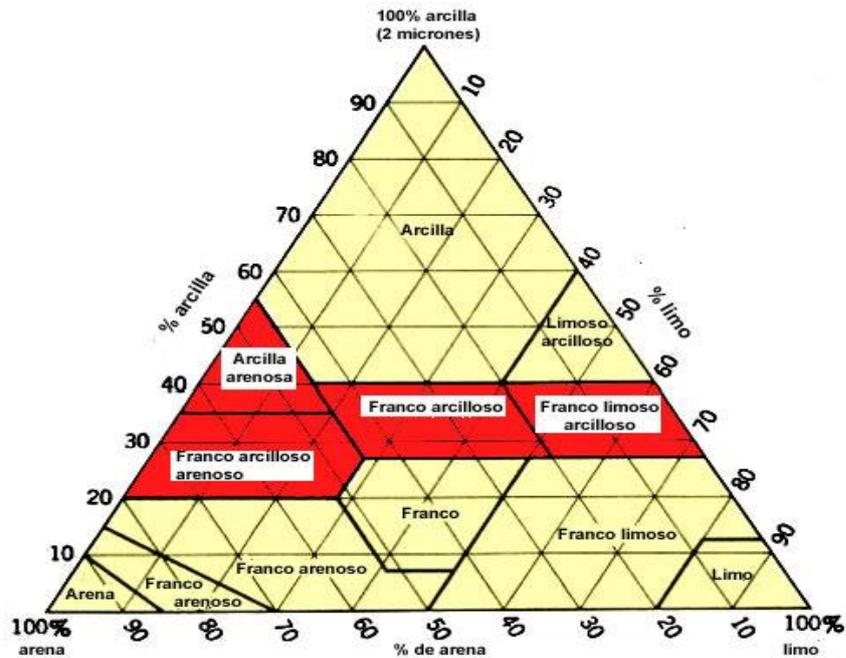


Figura 1-1. Diagrama textural de la USDA

Fuente: (Ibañez et al., 2011. pp.29-30).

El triángulo se divide en una secuencia de superficies correspondientes a las múltiples clases texturales, que representan conjuntos de texturas con capacidades o características análogas. Las clases texturales acostumbran asociarse en 4 conjuntos primordiales correspondientes a las texturas arcillosas, limosas, arenosas y francas o equilibradas; según exista un componente (Ibañez et al., 2011:pp.29-30).

1.5.3. Color

Es una de las propiedades que guarda interacción directa con la temperatura, los organismos, la materia orgánica la evolución del suelo. A primera vista tienen la posibilidad de deducir diferentes procesos y fenómenos que han ocurrido en el suelo a través del tiempo.

La decisión del color del suelo, se hace por la comparación de éste con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell son un sistema de notación de color con base en una secuencia de límites que nos permite obtener varios colores que varían en forma del matiz, brillo y croma.

Matiz: Representa al color espectral puro que corresponde a una cierta longitud de onda, o sea, expresa la longitud de onda dominante en la radiación las iniciales de su nombre en inglés, excepto el naranja que se representa por YR. Cada color se le asigna una graduación de 0 a 10, correspondiente a la banda del arcoíris. Al descender nos aproximamos al color de longitud de onda más baja y al subir lo hacemos al que la tiene rápidamente más alta.

Croma o pureza: Expresa la pureza relativa del color del matiz de que se trate. La pureza 0 correspondería al color gris, de manera si la pureza se anula el matiz asignar costo de pureza.

Intensidad o brillo: Expresa la cantidad de la luz reflejada y representa la amplitud de la radiación midiendo en definitiva el nivel de claridad u oscuridad (Moreno et al., 2014: pp.4-8).

El color del suelo refleja la estructura, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental. El color de la matriz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en las dos condiciones, seco y húmedo una vez que fuera posible) utilizando las notaciones para matiz, valor y croma. Para descripciones de rutina, se tienen que establecer los colores del suelo sin la incidencia directa de los rayos solares y por medio de la comparación de un añadido, recientemente quebrado con la ficha de color de la tabla Munsell. Para fines especiales, como para la categorización del suelo, tienen la posibilidad de solicitar los colores extras de material molido o frotado (FAO, 2009: pp. 34-35).

1.5.4. Densidad del suelo

Por medio de la decisión de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Existen 2 tipos de densidad, real y aparente, de las partículas densas del suelo, cambia con la cantidad de recursos constituyendo el suelo y una densidad aparente alta sugiere un suelo compacto o tenor.

1.5.4.1. Densidad Aparente

Se define como la masa de suelo por unidad de volumen, Explica la compactación del suelo, del suelo a la elongación de las raíces concentraciones a masa o volumen, cálculos bastante usados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente cambia con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede es el procedimiento del cilindro, costo puede variar con la magnitud del cilindro, siendo más grande la densidad una vez que menor es el tamaño del cilindro, gracias a que no se captan los poros de más grande diámetro (Rojas y Peña, 2012: p.2).

1.5.4.2. Densidad real

Se establece dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los rígidos. Constituye la densidad de la etapa sólida del suelo parte de los minerales arcillosos muestran una densidad que está cerca de 2.65 g/cm^3

1.5.5. Temperatura del suelo

Los páramos, representan la zona sobre los 3.600 o 3.900 msnm, respectivamente, hasta los 4.700 msnm, con temperaturas entre 3 y 6 °C (Camacho, 2014:p.81).

La temperatura del suelo agrícola condiciona los procesos microbianos que poseen este sitio, La temperatura además influye en la absorción de los nutrientes, en especial del fósforo que es menor en suelos fríos. La temperatura del suelo es simple de medir y los datos recogidos resultan muy útiles, la temperatura del suelo perjudica al clima, al aumento de las plantas. La temperatura del suelo está de manera directa vinculada a la temperatura de la atmósfera ya que libera calor al aire, y esto perjudica de manera directa a la temperatura del aire. La temperatura del suelo además establece si el agua en el suelo está en estado gaseoso (Globe, 2005.parr.3).

1.5.6. Humedad

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105 °C (Radulovich, 2009: pp.121-124).

La humedad juega un papel importante en la conducta de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El agua del suelo lleva sustancias por medio del perfil de este sistema de humedad de un suelo establece los tipos de plantas que crecerán en este, perjudicando el contenido de humedad del suelo en fase de secamiento y puede tomar semanas o meses. El contenido de humedad de los suelos típicamente está en un rango de 5 a 50 % una vez que se hallan en su máxima capacidad de retención (capacidad de campo). Se llama humedad del suelo a la proporción de agua por volumen terrestre que hay en un lote (InfoAgro, 2020.parr.2-5).

1.6. Propiedades Químicas

1.6.1. pH

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas, así como a muchos procesos del suelo. (FAO, 2009: pp.42-43).

El pH (potencial de hidrógeno) establece el nivel de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo y sugiere si un suelo está ácido o alcalino. Los suelos bastante ácidos (8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos ácidos, Además establece la concentración de Iones tóxicos, la CIC y distintas características relevantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo (Ramírez, 2010: pp.13-14).

1.6.2. Conductividad eléctrica (CE)

La salinidad de un suelo o agua, tiene relación con la proporción de sales presentes en solución, y puede ser influenciado por la concentración y estructura de las sales disueltas. La conductividad eléctrica más grande es la salinidad presente inorgánicos, Es importante considerar que todos los fertilizantes son sales y por lo mismo poseen un impacto directo sobre la conductividad eléctrica. La salinidad es un fenómeno indeseable debido a que perjudica el aumento de las plantas de muchas maneras y por lo mismo, un aumento en la (CE) traerá como consecuencia una disminución de rendimiento (Intagri, 2020.parr.5-8).

1.6.3. Materia Orgánica

El humus tiene impacto sobre las características físicas del suelo, conformando agregados y dando seguridad estructural, uniéndose a las arcillas y conformando el complejo de cambio, favoreciendo una vez que hace referencia al impacto sobre las características químicas del suelo, los autores dicen que se incrementa la función de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo beneficia la acción de los abonos minerales y permite su características biológicas, beneficia los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta.

La proporción de humus en el suelo es dependiente de varios componentes, como por ejemplo la adhesión de nuevos restos orgánicos al suelo y su rapidez de oxidación química y biológica, la rapidez de descomposición de la materia orgánica que existe ya en el suelo, la textura del suelo, la aireación, humedad y los componentes climáticos (Julca, Meneses y Blas, 2006: pp. 49-55).

1.6.4. Carbono Orgánico del suelo

La vegetación fija el carbono de la atmosfera por fotosíntesis transportándolo a materia viva y muerta. Los organismos del suelo descomponen esta materia transformándola a materia orgánica del suelo (MOS). Los seres vivos por un cierto tiempo o se vuelve a producir para la atmosfera por respiración de los organismos (organismos del suelo y raíces) a modo de dióxido carbono, CO_2 , o metano CH_4 , descomposición y se distingue en diversas fracciones como lábiles

(compuestas de hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos) o fracciones húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos Las fracciones lábiles resultan más rápidas en digerir los microorganismos resultando en respiración de carbono y plazo de permanencia más corto en el suelo. para los Las fracciones húmicas se encapsulan en los agregados del suelo y son más difíciles para acceder. El carbono orgánico del suelo (COS) optimización las características físicas del suelo, se incrementa la función de intercambio catiónico, la retención de humedad y coopera con seguridad de compuesta en mayor parte de carbono, tiene una capacidad de guardar una gigantesca cantidad de minerales para las plantas y regulador del pH del suelo. carbono orgánico en el suelo es un elemento primordial para la salud del suelo, forma parte importante del Periodo de Carbono y tiene gran trascendencia en la mitigación a los efectos del cambio climático (FAO, 2020c.parr.3-5).

1.6.5. Capacidad intercambio catiónico (CIC)

Es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las zonas de los minerales y elementos orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la proporción de cationes que las áreas tienen la posibilidad de estos van a ser intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El grado de CIC sugiere la capacidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y proporción de Un suelo con bajo CIC sugiere baja capacidad de retener nutrientes (FAO, 2020c.parr.5-6).

1.6.6. Nitrógeno (N) del suelo

Es uno de los elementos más importantes para la nutrición de las plantas y más extensamente compartido en la naturaleza. Se asimila por las plantas de la naturaleza está en forma inorgánica por lo cual son imposibles de asimilar de manera directa (FAO, 2020c.parr.8).

1.6.6.1. Ciclo de Nitrógeno

El periodo universal del nitrógeno está construido por las colaboraciones de las diversas maneras de N con el suelo, los organismos y la atmósfera. En las transformaciones permanecen relacionadas las maneras orgánicas e inorgánicas que ocurren en forma simultánea. (gas) a maneras utilizables por las plantas se genera primordialmente por medio del proceso de fijación biológica. Las maneras inorgánicas tienen la posibilidad de ser absorbidas por las raíces de las plantas o por los microorganismos, que vuelven a integrar el N a una forma orgánica por inmovilización (Benimeli et al., 2019: p.3).

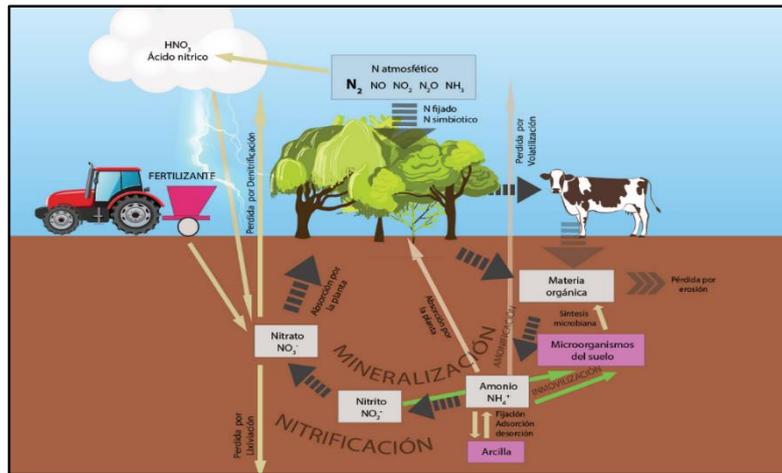


Figura 2-1. Ciclo del Nitrógeno
Fuente: (Benimeli et al., 2019: p.4).

1.6.6.2. Dinámica del nitrógeno (N) en el suelo.

En todos los suelos, y de manera continua, hay considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complicadas. El nitrógeno presente en suelos cultivables viene de varios materiales: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación de N atmosférico por ciertos microorganismos. Parte importante del nitrógeno de esta forma incorporado al suelo sufre grandes transformaciones antes de ser utilizados por los vegetales. Las proteínas son degradadas, originando productos de descomposición más simples y, al final, parte del nitrógeno surge a modo de nitrato. En esta modalidad podría ser apropiado tanto por los microorganismos (Benimeli et al., 2019: p. 3).

1.6.7. Fósforo (P) en el suelo

El fósforo pertenece a los diecinueve recursos considerados como fundamentales para la vida de las Constituye un elemento primario de los sistemas causantes de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía, y es elemento principal en las construcciones de macromoléculas de interés determinante, como por ejemplo ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo cual se puede mencionar que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos el 90 % del fósforo está en el suelo y menos del 10 % está repartido fuera del suelo carbono y el oxígeno que permanecen presentes en la atmósfera de manera utilizable para las plantas, el resto de los nutrientes son tomados del suelo. y el magnesio únicamente se generan en suelos ácidos y arenosos (Fernández, 2007: pp.51-57).

1.6.7.1. Ciclo del fósforo (P) en el suelo.

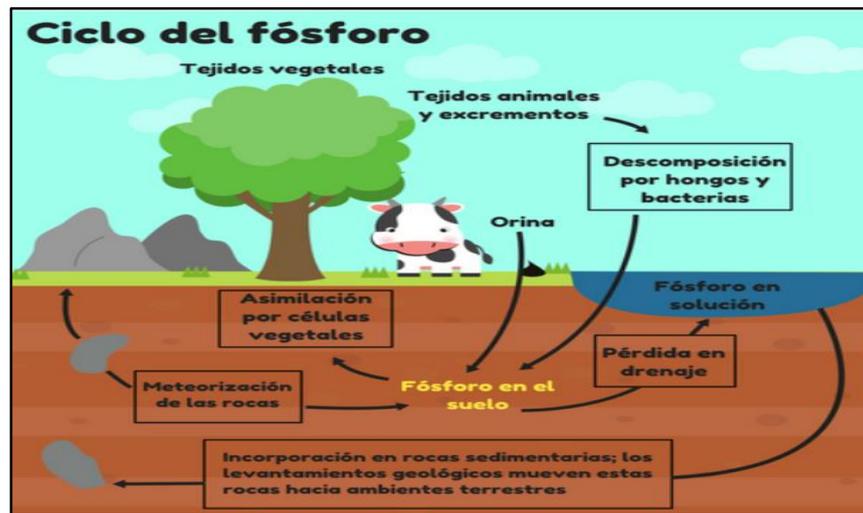


Figura 3-1. Ciclo del Fósforo

Fuente: (Agropal, 2021).

Los nutrientes del suelo los integran por medio del agua, ya que las plantas en incremento utilizan más agua que cualquier otra sustancia. Los compuestos inorgánicos (minerales) conforman menos del 5% en peso de la planta, sin embargo, la mayor parte de los suelos son deficitarios en alguno de dichos compuestos fundamentales para un incremento conveniente, por lo cual se necesita la utilización de fertilizantes (Agropal, 2021.parr.3).

El periodo del fósforo se apoya en un periodo biogeoquímico que pasa en los ecosistemas con el objeto de explicar el desplazamiento de hablado compuesto químico. El periodo biogeoquímico del fósforo tiene movilidad a lo extenso y ancho de la biósfera. Claramente, los organismos vivos se benefician de hablado periodo, puesto que es imprescindible para la vida. Por consiguiente, está referente con el periodo del nitrógeno, la hidrosfera y el periodo del carbono.

Los organismos capturan el fósforo después de la meteorización de rocas. Estas últimas son descompuestas, liberando el fósforo a modo de fosfatos. De tal modo, el fósforo se convierte en la pieza culminante de la fotosíntesis. Es una ley de la vida que los nutrientes se compartan de organismo en organismo (Emilia et al., 2012: pp. 290-292).

1.6.8. Potasio (K) en el suelo

El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en monumentales porciones, siendo superado del fósforo (o del azufre y por expansión del nitrógeno), el potasio está presente en la solución del suelo, a diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no provoca inconvenientes del medio ambiente una vez que sale del sistema suelo. Aunque el potasio juega varios papeles en la nutrición de plantas y animales, no está incorporado a la composición de los compuestos

orgánicos. Las plantas exigentes en K generan monumentales porciones de azúcares (Intagri, 2018.parr.5).

1.6.8.1. Ciclo del potasio (K) en el suelo.

El ciclo del potasio es una serie de procesos químicos, geológicos y biológicos que hacen que este elemento circule por la tierra. Por lo tanto, es un ciclo biogeoquímico, lo que significa que el potasio (K) circula continuamente en el suelo, el agua y los organismos a través de la transformación física y química. El potasio es uno de los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre, con un contenido de hasta el 2,6%. Sin embargo, no todo el potasio existe en una forma eficaz que pueda ser absorbida por las plantas (Castro, 2020.parr.4).



Figura 4-1. Ciclo del Potasio
Fuente: (Lifeder, 2020)

La mayoría de estos son inalcanzables para las plantas, están incrustados en estructuras rocosas o formadas entre finas rodajas de arcilla. Menos del 1% de potasio forma iones solubles en agua y puede usarse en especies vegetales. En su ciclo, el potasio ha pasado por varias etapas, incluido el paso de la roca al suelo (etapa geológica). Posteriormente, es absorbido por las raíces de las plantas (etapa biológica) consumido por los herbívoros y pasa de estas raíces de las plantas a los carnívoros. Luego, cuando todos mueren, los descomponedores reabsorben el potasio en el suelo (la etapa geológica de la ciencia del suelo) y, de manera similar, los excrementos animales reintegran el potasio en el suelo. Parte del potasio presente en el suelo es transportado por el agua a ríos, lagos y océanos (etapa hidrológica) (Castro, 2020.parr.1-4).

1.7. Relación Carbono-nitrógeno R C/N

La relación C/N es un indicador de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Representa la relación de nitrógeno disponible para las plantas; un valor alto significa que la materia orgánica se descompone lentamente, porque los microorganismos fijan el nitrógeno, por lo que los

vegetales no pueden utilizarlo; por otro lado, un valor entre 10 y 14 corresponde a una rápida mineralización y ruptura de los tejidos.

Debido a la estimulación de la actividad microbiana, los microbios y las plantas tienen suficientes nutrientes. Además, la relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor de 15, lo que significa que cuando el valor C/N es bajo, los microorganismos descomponen la materia orgánica de manera más eficiente (Gamarra et al., 2018: pp.6-7).

1.8. Rizosfera

La rizosfera es la fina capa de suelo que se queda adherida al sistema de raíces de las plantas, la magnitud de la rizosfera es dependiente de la composición especial del sistema de raíces y principalmente el sector de contacto con el suelo frecuenta ser bastante enorme biomasa total de la planta, la composición ramificada de la raíz de las plantas herbáceas es una región con un área más grande que el sistema de raíces con cofia, de diámetro de raíz, se puede calcular una 19 región extremista con un área que excede como mucho los 6 m², sin embargo, solamente entre un 4 y un 10% del rizoplano está en contacto físico directo con los microorganismos; la mayoría de los microorganismos asociados a las raíces se encuentran en los alrededores de la rizosfera.

Las poblaciones microbianas situadas a unos cuantos cm de distancia entre sí tienen la posibilidad de diferir sustancialmente gracias a las raíces de las plantas, de igual modo que estas últimas se ven dañadas porque las plantas de tierra permanecen infectadas por hongos conocidos como endo/ectomicorrizas (Conoma, 2012: pp.2-4).

1.9. Interacciones rizosfera-microorganismos

La rizosfera, debido a que su entorno es rico en energía y nutrientes, es el hogar de las poblaciones más grandes y numerosas partes del microbiota del suelo, también que hay muchas bacterias y la mayoría de los protozoos y Nematodos de vida libre del suelo. Los primordiales equipos de microorganismos son 10 a 100 veces que más abundan en la rizosfera que en el suelo adyacente, ya que las sustancias que se generan en ella estimulan su aumento.

La fijación de N₂ por bacterias libres es más grande en la rizosfera de plantas no leguminosas que en el suelo adyacente. Ciertas estructuras de hongos son estimuladas a germinar por las excreciones radiculares. Algunos exudados y/o secreciones de la raíz de ciertas plantas poseen efectos alelopáticos empero además este impacto podría ser producido por microorganismos de la rizosfera que alteran los exudados y conforman compuestos tóxicos (Jaramillo, 2002: p.393).

1.10. Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)

1.10.1. Origen

La última edad de hielo, conocida como el gusano, terminó alrededor del 24.000 a.C. El momento de un evento importante fue. Por ejemplo, la presencia de las montañas andinas a una altitud aparente las erupciones volcánicas, la migración de especies a través del Estrecho de Bering cuando este se congeló los animales se trasladaron de Asia, Europa, África, no obstante, llevaron las primeras semillas de una nueva especie vegetal adaptada a las condiciones ambientales del nuevo hábitat. Mortiño es una especie del género *Vaccinium* que ha sido conocida y utilizada por los indígenas desde antes de la conquista, y describe estas pequeñas bayas encontradas en Palamós, Imbabura y Calci en, personas colonizaron el este de los Estados Unidos y llegaron a Centroamérica. Y llegaron a Sudamérica en Ecuador. Sin embargo, determinar el origen de la planta es muy complicado en este caso con mortiño. Esto se debe a que es necesario realizar una prueba de ADN (ácido desoxirribonucleico) y conexiones culturales para el uso de Mortiño durante los últimos años (Loor & Zambrano, 2016: pp.6-10).

1.10.2. Morfología del Mortiño

Es un arbusto ramificado con una altura de 2,5 metros y hojas muy pequeñas. Bordes serrados o crenados, venas pinnadas, flores menores de 1 cm, solitarias o agrupadas; tubo del cáliz y pedicelo nodulares o no, hipanto globular, 5 lóbulos lanceolados; corola en forma de botella, blanca o rosada, con 5 lóbulos reflejos, estambres 8 a 10, de la misma longitud que el tubo de la corola, filamentos libres, anteras con túbulos cortos, ápice con agujeros y dehiscencia; ovario inferior, estilo un poco más largo que el tubo de la corola. El fruto es una baya esférica con un diámetro de 5 a 8 mm, azul y azul oscuro, lisa (Loor y Zambrano, 2016: p.7).

1.10.3. Taxonomía

Tabla 1-1: Taxonomía del cultivo de mortiño

Reino:	Plantae
Subdivisión:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Género:	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>V. floribundum</i>
Nombre Científico:	<i>Vaccinium floribundum</i>

Fuente: (Pérez, 2001).

1.10.4. *Vaccinium floribundum*

Muestra un hábito de incremento vertical, es un arbusto que puede medir a partir de 0,2 a 2,5 m de elevación, sus hojas no son decurrentes, son coriáceas, elípticas, ovaladas o lanceoladas, su base es cuneada a redonda, su ápice es sutilmente redondeado acuminado, y su margen es crenado-aserrado, muestra inflorescencias axilares con racimos de 6 a 10 flores, su fruto es redondo, de un color azulado a negro, a veces dulce, cuyo diámetro esta entre los 5 a 8 mm (Pérez y Flores, 2007: p.41).

1.10.5. *Distribución geográfica*

Esta planta crece en el norte de Sudamérica, es en especial difusa en el norte de los Andes, en Colombia, Bolivia y Venezuela, esta esté primordialmente en elevaciones desde 1800 a los 3800, es cultivada, pero esta fruta es recolectada de los arbustos que crecen de forma silvestre para ser vendidos en mercados de pueblos y ciudades.

En el Ecuador *Vaccinium floribundum* se estima como una planta silvestre que crece en las partes altas de la cordillera a partir de los páramos del Ángel en el Carchi hasta Tambo en Cañar.

Además se conocen datos proporcionados por el Parque Nacional Cotopaxi que ubican a el área de habituación del mortiño a partir de los 1000 m.s.n.m hasta los 4500 m.s.n.m, estas plantas, gracias a la expansión de las superficies agrícolas que ha relegado a esta especie a regiones de paramo comprendido entre 3400 a 3500 hasta los 4500 msnm y se encuentra en las Provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja (Pérez y Flores, 2007: p.43).

1.10.6. *Beneficios del Mortiño en la salud*

Mortiño es un alimento saludable, además, esta baya también contiene antioxidantes Promueve de forma natural el metabolismo y previene los radicales libres nocivos para la salud, que son la causa de la muerte celular.

- Ayuda a restaurar los niveles de azúcar en sangre.
- Previene la diabetes y el reumatismo.
- Las flores de la fruta ayudan a tratar enfermedades neurológicas.
- Previene la inflamación del tracto urinario.
- Debido a la presencia de antioxidantes, se reduce el riesgo de cáncer.
- Ayuda a disminuir el riesgo de enfermedades cardíacas.
- Lucha contra las enfermedades del sistema digestivo.

- La presencia de flavonoides reduce el riesgo de acumulación de grasa en las arterias (Loor y Zambrano, 2016: p.16).

1.11. Microorganismos del suelo

La variedad de microorganismos que se hallan en una parte de suelo cumple funcionalidades determinantes en la transformación de los elementos orgánicos e inorgánicos que se le unen. Esto posibilita entender su trascendencia en la nutrición de las plantas al hacer procesos de transformación hasta recursos que tienen la posibilidad de ser asimilados por sus raíces (Ecured, 2018.parr.2).

1.11.1. Importancia de los microorganismos

Los microorganismos del suelo, aparte de suministrarle una buena proporción de biomasa al mismo y de causar en varios casos problemas fitosanitarios en los cultivos, interviene directamente en los ciclos de Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Azufre.

También toman parte en una buena proporción de procesos y actitudes que deben ver con la nutrición vegetal. En el periodo del carbono, los hongos juegan un papel importante pues son los organismos responsables de transformar unos 80 por ciento de celulosa que produce y es la mayor reserva de carbono en el planeta y el polisacárido más exuberante en la naturaleza, con una producción que se estima en 1.4 billones de Ton/año⁻¹ (Jaramillo, 2002: p.387).

1.11.2. Clasificación de microorganismos del suelo según su tamaño

1.11.2.1. Macrofauna

Es el conjunto de organismos de mayor tamaño de 2 y 20 mm y estos son: formícidos (hormigas), isópodos (bicho bolita), isóptera (termitas), quilópodos (ciempiés), diplópodos (mil pies), insectos (adultos y larvas), oligoquetos (lombrices) y moluscos (caracoles y babosas).

La mayor parte de ellos poseen un periodo biológico extenso, movimientos lentos y escasa capacidad de dispersión de esta forma como baja tasa reproductiva. Los hábitos de ingesta de alimentos varían de manera considerable dentro y entre conjuntos: fitófagos, detritívoros, depredadores y geófagos, entre otros (INIA, 2020: p.2).

1.11.2.2. Mesofauna

Grupo de tamaños incumbe a los organismos cuyo diámetro está comprendido en el rango de 0.1 a 2 mm. Los que más abundan son los micros artrópodos como por ejemplo los ácaros, colémbolos, pequeños miriápodos, etcétera., así como gusanos del tipo de los enquitreidos. Tienen una capacidad reducida de excavar túneles o canales, viviendo más usualmente en los poros del suelo. No se puede despreciar su capacidad de producir composición, como los mentados canales (Ibañez, 2007.parr.2-5).

1.11.2.3. Microfauna

Significa vida animal de menos de 0,1 mm de ancho, y la función principal de la microflora del suelo es descomponer la materia orgánica y propagar la microflora. Se puede observar un ejemplo concreto del papel del microbiota del suelo, donde es importante en la circulación de nutrientes en este ecosistema. Pueden digerir casi todas las sustancias orgánicas y algunas sustancias inorgánicas. Estos organismos a menudo establecen vínculos importantes en la cadena alimentaria entre productores importantes y especies más grandes. El microbioma también apoya la digestión de organismos más grandes y otros procesos. El microbioma está compuesto principalmente por protozoos, nematodos y rotíferos.

Estos son organismos con un ancho corporal de menos de 100 micrones. Está formado por invertebrados (protozoos, nematodos, rotíferos) que habitan el océano abierto y una película de agua que cubre partículas del suelo. El movimiento de este organismo depende de la textura del suelo, la disponibilidad de poros y la distribución del agua. Debido a su pequeño tamaño, su capacidad para modificar directamente las estructuras del suelo es muy limitada y la probabilidad de interrelaciones significativas es baja. Sin embargo, afectan la disponibilidad de nutrientes a través de su interacción con los microbios del suelo. Los nematodos son un componente importante del en este grupo y son los invertebrados más abundantes en muchos suelos (INIA, 2020: p.2).

1.11.3. Diversidad microbiana presente en los suelos

La variedad microbiana del suelo es fundamental para la salud de los ecosistemas procesos agrícolas, así como el desempeño de los recursos vegetales inciden sobre este componente afectando tanto a su biodiversidad como a la densidad de las poblaciones microbianas implicadas; los resultados a mediano y extenso plazo tienen la posibilidad de ser la pérdida de fertilidad de los suelos y su progresivo empobrecimiento.

Varios factores que influyen a los microorganismos lo que impide sus funcionalidades o la misma sobrevivencia de los mismos. Una vez que los múltiples organismos del suelo interactúan, con las plantas, animales y entre sí mismos, conforman una compleja red de actividad ecológica llamada red alimentaria (Calvo, Reymundo y Zúñiga, 2008.parr.5-7).

1.11.3.1. Bacterias

Se piensan el conjunto más diverso de microorganismos en el suelo y tienen la posibilidad de ser útiles o fitopatógenos (Fertibox, 2019.parr.2-4).

Tienen la posibilidad de ser aerobias (crecen con oxígeno), anaerobias (crecen sin oxígeno) o facultativas (crecen con o sin oxígeno). Tienen la posibilidad de soportar pH ácido (acidófilas), pH elemental (basófilas) o pH neutro (neutrófilas). Las que se desarrollan a temperaturas medias (15 a 40 grados centígrados) son mesófilas, a temperaturas menores a 15 grados centígrados son psicrófilas y a temperaturas más grandes a 40 grados centígrados son termófilas. La mayor parte de las bacterias del suelo que son relevantes para las plantas son heterótrofas, aerobias y mesófilas (Delgado, 2019.parr.5).

1.11.3.2. Hongos

Pueden vivir libremente o combinarse con las raíces de las plantas, al igual que las micorrizas. La levadura entra en esta categoría y pueden estar presentes hongos beneficiosos y patógenos de plantas. La importancia de este grupo es que muchos de ellos juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica (Fertibox, 2019.parr.2-4).

Generan enzimas y metabolitos que contribuyen al ablandamiento y a la transformación de sustancias orgánicas. Además, estas enzimas son parte de la actividad de otros microorganismos. También metabolizan compuestos carbonados de bastante difícil degradación como las celulosas, las hemicelulosas y las ligninas. Además, degradan azúcares básicas, alcoholes, aminoácidos y ácidos nucleicos. Su aumento ramificado veloz y la fuerte actividad degradadora les permiten conservar un equilibrio en los ecosistemas del suelo. Los hongos movilizan nutrientes minerales a las raíces de las plantas, aumentan la capacidad de retención de agua de sequía, fijan nitrógeno y fósforo, protegen las raíces de los patógenos de las plantas a través del espacio y liberan sustancias que inhiben los patógenos de las plantas. Los hongos son muy activos en las plantas y prefieren el azúcar que segregan de las raíces (Delgado, 2019.parr.2-6).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización del lugar

2.1.1. Ubicación de zonas de estudio

La presente investigación se realizó en los páramos de la provincia de Chimborazo: el transecto que corresponde a la comunidad de Ganquis ubicada en la parroquia de San Juan del cantón Riobamba provincia de Chimborazo aproximadamente a 41 kilómetros desde Riobamba.

Cubillín ubicado en la parroquia de Chambo, cantón Chambo, Provincia de Chimborazo aproximadamente a 25,5 kilómetros de Riobamba.

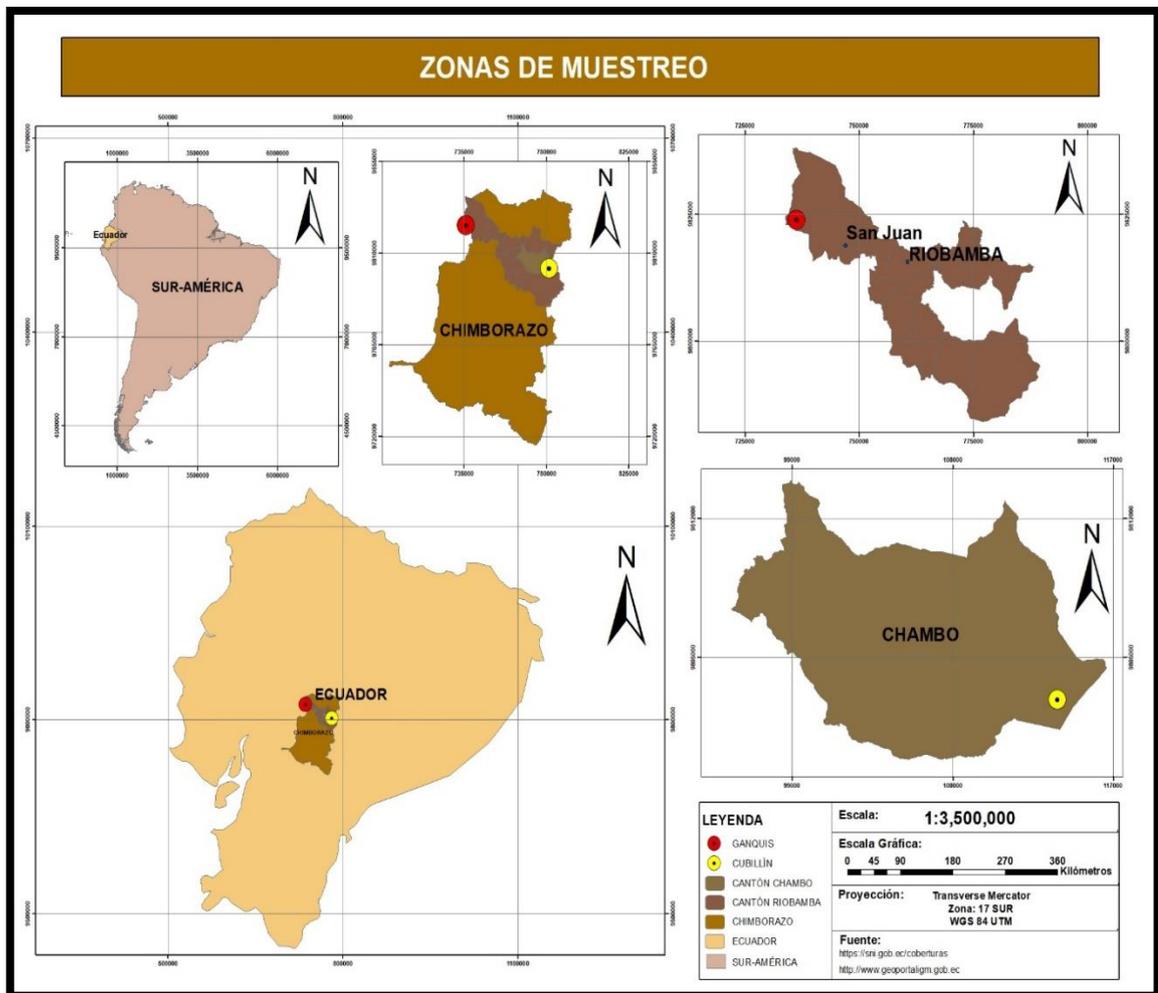


Gráfico 1-2. Ubicación Geológico de la zona de Ganquis y Cubillín

Realizado por: Quishpe F, 2021.

2.1.2. Características Geográficas

Tabla 1-2: Características geográficas en las dos localidades de páramo que se realizó el muestro.

LOCALIDAD	COORDENADAS		ALTITUD (msnm)	ECOSISTEMA
	UTM	Geográficas		
Ganquis	-1.566725	1°34'00.2''S	3857	Páramo herbáceo
	-78.859722	78°51'35.0''W		
Cubillín	-1.755424	1°45'19.5''S	3500	Bosque montano alto
	-78.522272	78°31'20.2''W		

Fuente: (INAMHI, 2021).

2.1.3. Características climáticas

Tabla 2-2: Características climáticas de la zona de Ganquis.

Características climáticas de la zona Ganquis	
Precipitación promedio	500 a 1000 mm al año
Temperatura media anual	3°C en la noche y un rango de 6 a 15° C durante el día
Clima	Frio andino
Humedad Relativa	70 a 80 %

Fuente: (Espinoza, 2017: pp.40-41)

Tabla 3-2: Características climáticas de la zona de Cubillín

Características climáticas de la zona Cubillín	
Precipitación promedio	1000 a 2000 mm al año
Temperatura media anual	6 a 15° C
Clima	Frio
Humedad Relativa	65-80%

Fuente: (INAMHI, 2021)

2.1.4. Localización del laboratorio

Los análisis físicos y químicos del suelo se realizó en el laboratorio de Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), de la Facultad de Ciencias, y en el laboratorio de Suelos, los análisis microbiológicos en laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales, que pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, parroquia de Lizarzaburu, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.2. Materiales y equipos

Muestras compuestas de suelo de los páramos de Ganquis y Cubillín.

2.2.1. *Materiales de campo*

Barreno, Pala, Libreta de apuntes, Lápiz, Rotuladores, Azadón, Fundas Ziplock, GPS, Termómetro, Cooler, Esfero, Borrador, Libreta de campo, Botas de caucho.

2.2.2. *Materiales de oficina*

Computadora, Impresora, Esferos Gráficos, Hojas papel bond, Calculadora, Programa (ArcGIS).

2.2.3. *Materiales y equipos de Laboratorio*

Muestra de suelo, Autoclave, Estufa, pH-metro, Conductímetro, Tabla de Munsell, Balanza, Mufla, Erlenmeyer de 100ml, Pipeta de 25ml, Bureta, Piseta, Agua destilada, guante, mascarillas.

2.3. Metodología

2.3.1. *Trabajo en campo*

2.3.1.1. *Área de estudio*

Las áreas de muestreo corresponden a las dos zonas de páramo de las localidades Ganquis y Cubillín con mayor incidencia de especímenes de *V. floribundum*, que corresponden a tres transectos de 10x10m cada uno de los primeros 20 cm del horizonte A (rizósfera), para lo cual se realizó la georreferenciación de los predios donde están ubicados los dos páramos, por lo que se utilizó un GPS para registrar las coordenadas de cada uno de ellos.

2.3.2. *Diseño experimental*

Para la interpretación de los resultados se creó tablas con las principales características físico, químicos y microbiológicos de los suelos de paramos de Ganquis y Cubillín. Por lo tanto, se utilizó una estadística descriptiva.

2.3.2.1 *Características del diseño*

Se aplicó un diseño de bloques completo al azar (DBCA), con dos tratamientos (localidades) y tres repeticiones.

2.3.3. Esquema de análisis de varianza

2.3.3.1 Análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de variación	Fórmula	gl
Repetición	R-1	2
Localidad	L-1	1
Error	(R-1)(L-1)	2
Total	(R*L)-1	5

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

2.3.4. Análisis funcional

Se realizó el ANOVA y se determinó el coeficiente de variación.

Se utilizó la prueba de TUKEY al 5% cuando existieron diferencias significativas entre las localidades.

2.3.5. Muestreo

Para identificar el lugar de muestreo se procedió a la georreferenciación en las dos zonas de estudio Ganquis y Cubillín, se tomó 3 muestras de suelo en cada transecto y se las etiquetó cada muestra, se realizó dos salidas a cada zona. Las muestras al azar se recolectaron con un barreno a una profundidad de 0 a 20 cm, una cantidad de 0,5 a 1,0 Kg cada muestra. Cada muestra de suelo fue almacenada en fundas, etiquetados con número, fecha, lugar de colecta, nombre del recolector y se almacenaron a temperatura ambiente hasta antes de su análisis en laboratorio.

2.3.6. Trabajo de Laboratorio

Las muestras tomadas de las dos zonas de estudio se analizaron en el laboratorio del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), ubicado en la Facultad de Ciencias, y en el laboratorio de Suelos, laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

2.3.7. Análisis físicos de las muestras de suelo

Para el análisis físico se trabajó con 3 muestras compuestas de suelo de cada zona de estudio, con el propósito de generar un registro representativo de sus características, mediante las metodologías establecidas.

2.3.7.1. Estructura del suelo

Procedimiento:

Para determinar la estructura del suelo se utilizó el método del tacto, Propuesto por la FAO, 2009: p.46), que indica lo siguiente:

Se pesó una muestra de 5g, se humedeció la muestra, luego se procedió a realizar la identificación de la estructura basado en la (Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Tipos de estructuras y características del suelo

Nombre	Característica
Granular	Estructura granular y migajosas: son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en gramos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos, por los generales, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.
En bloque	Estructura en bloque: son partículas del suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento de agua. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.
Prismático	Estructuras prismáticas: son partículas de suelos agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.

Fuente: (FAO, 2009: p.46).

2.3.7.2. Textura del suelo

Procedimiento:

Para determinar la textura del suelo se utilizó el método de Bouyoucos,

Donde:

Se pesó 100 gramos de suelo tamizado, luego se introdujo el suelo a un frasco de boca ancha.

Se agregó 200 ml de agua destilada y 10 ml de agente dispersante (Solución de hexametáfosfato de sodio), se removió por el lapso de 15 minutos.

Se realizó la mezcla y traspaso la misma hacia un Bouyoucus (capacidad 1000 ml), se colocó agua destilada hasta completar los 800 ml, se introdujo el hidrómetro en el cilindro y se aforó con agua destilada hasta llegar a los 1000 ml.

Se retiró el hidrómetro y con ayuda de una varilla se agitó y removió vigorosamente toda la mezcla durante un minuto.

Se introdujo el hidrómetro en el cilindro y después de 40 segundos se registró la primera lectura, la segunda lectura se registró después del transcurrido dos horas.

Se realizó los cálculos de textura mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Primera lectura}}{\text{g de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Segunda lectura}}{\text{g de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla, se halló el resultado de la clase textural comparando sus valores en el triángulo de texturas (Figura 1-1).

2.3.7.3. Color

Procedimiento

La determinación de color se evaluó usando la tabla de Munsell

Se colectó una muestra de 20g de suelo y se comparó en la tabla con la tabla de colores Munsell.

Se identificó la coloración en la tabla de Munsell.

Tomar el ángulo superior derecho la identificación "Hue"

Tomar de orden la identificación "Valué"

Tomar la abscisa la identificación "Chroma"

Se Integró estas tres características

Se identificó el nombre asignado a ese valor en la página adyacente: 10YR en seco y húmedo (Figura:1-2)



Figura 1-2. tabla de color de Munsell
Fuente: Quishpe, F. 2021.

2.3.7.4. Densidad Aparente del suelo

Procedimiento:

Para determinar la densidad de suelo se aplicó el método de cilindro, que consiste en los siguientes:

Tomar el peso del cilindro.

Anotar el diámetro interno del cilindro.

Tomar la altura del cilindro.

Se pesó el cilindro con la muestra del suelo húmedo.

Introducir la muestra a la estufa durante 24 horas.

Transcurrida las 24h colocar en un desecador para que se enfríe.

Luego se pesó el cilindro con la muestra del suelo seco.

Se procedió a los cálculos correspondientes para determinar la densidad aparente de suelo.

Para la interpretación de resultados aplicamos la siguiente (Tabla 5-2).

Tabla 5-2: Rangos para interpretar la densidad del suelo

Denominación (Clase textural)	Da. g/cm ³
Materia orgánica	0,80 - 1,00
Arcilloso	1,00 - 1,15
Arcillo - limoso	1,15 - 1,20
Arcillo - arenoso	1,20 - 1,25
Franco arcillo limoso	1,20 - 1,25
Franco arcilloso	1,20 - 1,30
Franco arcillo arenoso	1,20 - 1,30
Franco limoso	1,20 - 1,30
Franco	1,25 - 1,35
Franco arenoso	1,30 - 1,40
Arena franca	1,40 - 1,50
Arena	1,50 - 1,80

Fuente: (FAO, 2009: pp.51-52).

2.3.7.5. Temperatura

Para registrar el valor de la temperatura en situ, se utilizó un termómetro al momento de recoger la muestra de suelo, en las dos zonas de estudio.

2.3.7.6. Humedad

Procedimiento:

Para determinar la Humedad del suelo se aplicó el método de gravimetría, que consiste en los siguientes:

Se pesó 10 g de muestra sobre un papel periódico.

Se colocó la muestra dentro de la estufa a 105°C de 12 a 24 horas.

Se sacó la muestra de la estufa y colocarla dentro de un desecador para que se enfríe.

Se pesó la muestra y calcular los porcentajes de humedad en el suelo por la diferencia de pesos.

Luego aplicar la siguiente formula:

$$\%H = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad

pf: peso fresco

ps: peso seco

Para la interpretación de resultados aplicamos la siguiente (Tabla 6-2).

Tabla 6-2: Rangos para interpretar la humedad del suelo.

Contenido De humedad %	Interpretación
<5	Muy baja
5-15	Baja
15-25	Media
25-35	Alta
>35	Muy alta

Fuente: (Ramírez, 2010:p.11)

2.3.8. Propiedades Químicas

2.3.8.1. pH

Procedimiento:

Se determinó el pH de las muestras de suelo en condiciones de laboratorio a través del método potenciométrico, que consiste en lo siguiente:

Se pesó 20 gramos de suelo tamizado en un vaso de precipitación., después se añadió 45 mililitros de agua destilada, se mezcló la preparación por 15 minutos con la ayuda de una cuchara, luego se lo dejó reposar por 10 minutos.

Finalmente se procedió a tomar la lectura que se mostró en el pH metro, para determinar el nivel de pH que posee cada muestra de suelo y compararlo con la (Tabla 7-2).

Tabla 7-2: Niveles de pH en el suelo.

Rango de pH	Interpretación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Fuente: (Valero, 1993:p.23).

2.3.8.2. Conductividad eléctrica (CE)

Procedimiento:

Se utilizó el método de pasta saturada donde:

En un vaso de precipitación se colocó suelo tamizado y luego se agregó agua destilada hasta obtener una pasta.

Se mezcló dicha pasta por el lapso de 15 minutos.

Se dejó reposar la mezcla por 30 min y luego se procedió a tomar y registrar la lectura con ayuda de un conductímetro, para la interpretación de resultados se utilizó la información descrita en la (Tabla 8-2).

Tabla 8-2: Rangos de porcentajes de conductividad eléctrica.

Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Reacción
250	Excelente
250-750	Buena
750-2000	Permisible
2000-3000	Uso dudoso
3000	Inapropiado

Fuente: (Agrolab, 2005).

2.3.8.3. *Materia Orgánica*

Procedimiento:

Para determinar el porcentaje de materia orgánica se utilizó el método de Ignición.

Se peso 10 gr de suelo y colocarlos en el crisol.

Dejar la muestra en la estufa 105°C durante 24h.

Sacar la muestra de la estufa pesarla y llevarla a la mufla.

Colocar los crisoles con muestra en la mufla 360°C durante 2 horas.

Aproximadamente 10 minutos antes de determinar las 2 horas, se precalentó la mufla a 360°C.

Culminada las dos horas en la mufla proceder a pesar y registrar.

Pesar y registrar el valor.

Cálculo

Obtenidos los datos necesarios se calculó el porcentaje de materia orgánica mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\% MO = \frac{(\text{peso en seco} - \text{peso de calcinacion}) \times 100}{\text{peso en seco}}$$

MO: Materias Orgánica

Peso en seco (g): el peso del suelo seco descontado del crisol

Peso de calcinación: el peso del suelo calcinado luego de haber sido secado, descontado el peso del crisol.

Posteriormente la interpretación de resultados basando en la siguiente (Tabla. 9-2)

Tabla 9-2: Rangos de porcentajes de Materia Orgánica (MO)

Porcentaje (%) Materia Orgánica	Nivel o Interpretación
< 0,9	Muy bajo
1,0 a 1,9	Bajo
2,0 a 2,5	Normal
2,6 a 3,5	Alto
> 3,6	Muy Alto

Fuente: (Agrolab, 2005).

2.3.8.4. Carbono Orgánico

Procedimiento:

Obtenidos los resultados de materia orgánica se obtiene los resultados de carbono orgánico aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{COS} = \frac{\%MO}{1,724}$$

%COS: Porcentaje de carbono orgánico del suelo

1,724: Factor de Van Bemmelen

Para la interpretación de resultados aplicamos la siguiente (Tabla 10-2).

Tabla 10-2: Rangos de porcentajes de Carbono Orgánico (COS)

Rango de Carbono Orgánico	Nivel de interpretación
< 0,5 %	Bajo
0,5 – 1,5 %	Medio
1,5 – 1,9 %	Alto
> 2,0 %	Bajo

Fuente: (Agrantech, 2018).

2.3.8.5. Capacidad intercambio catiónico (CIC)

Procedimiento:

Para la determinación de capacidad de intercambio catiónico se base en el método matemático.

En la cual consideramos el porcentaje de arcilla que se obtuve en la textura del suelo.

Para la interpretación de resultados se basó en la siguiente (Tabla 11-2).

$$CIC = \left(\frac{n}{100} \times 300\right) + \%Arcilla$$

Donde:

n: % de carbono orgánico

300: promedio de la CIC de las arcillas: montmorillonita, vermiculita, caolinita, illita

Tabla 11-2: Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

CIC (meq/100 gr)	Nivel o Interpretación
< 6,0	Muy Bajo
6,1 a 12,0	Bajo
12,1 a 25,0	Normal
25,1 a 40,0	Alto
> 40,1	Muy Alto

Fuente: (Agrolab, 2005)

2.3.8.6. Nitrógeno Asimilable (N)

Procedimiento:

Se determinó el contenido de N en laboratorio por el método Olsen modificado, utilizando el espectrofotómetro (Baush-lomb) donde se utilizó el siguiente procedimiento:

Para determinar la cantidad del nitrógeno se tomó 1 ml de alícuota con una pipeta y se colocó en un vaso de precipitación de 40 ml.

Se agregó 9 ml de fenol y 10 ml de cloro con una bureta, se mantuvo en reposo por 20 minutos y se procedió a la lectura en el colorímetro.

Para la interpretación de resultados se basó en la tabla 12-2.

2.3.8.7. Nitrógeno Total (N)

Se determinó el contenido de N en laboratorio por el método Kjeldahl.

2.3.8.8. Fósforo (P)

Se determinó el contenido de P en laboratorio por el método Olsen modificado, por espectrofotometría donde se utilizó el siguiente procedimiento:

Para determinar la cantidad de fósforo se tomó 0.5 ml de 28 alícuota con una pipeta y se colocó en un vaso de precipitación de 40 ml.

Se agregó 9.5 ml de agua destilada y 10 ml de reactivo “B” con una bureta, se dejó reposar por 20 minutos y se procedió a tomar la lectura en ayuda de un Colorímetro.

Para la interpretación de resultados se basó en la (Tabla 12-2).

2.3.8.9. Potasio (K)

Se determinó el contenido de K en laboratorio por el método Olsen modificado, utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica, donde se utilizó el siguiente procedimiento:

Para determinar la cantidad de potasio en el suelo se extrajo una solución para la cual se pesó 5 gramos de suelo tamizado y se colocó en un frasco de boca ancha.

Se añadió 25 ml de solución Olsen (bicarbonato de sodio) y se agitó durante 15 minutos, luego se filtró la solución en un frasco de boca pequeña.

Se tomó 1 ml de alícuota con una pipeta y se colocó en un vaso de precipitación de 40 ml.

Se añadió 9 ml de agua destilada con una bureta, y 10 ml de óxido de lantano, finalmente se tomó la lectura con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica a 770 nanómetros como la longitud de onda.

Para la interpretación de resultados se basó en la (Tabla 12-2).

Tabla 1-2: Rango de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en ppm

Rango/Elemento	Nitrógeno (N) ppm	Fósforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
Bajo	< 20	< 10	< 60
Adecuado	20 - 41	10 - 15	61 - 120
Alto	41 - 75	15 - 40	121 - 180
Exceso	> 75	> 40	> 180

Fuente: (Agrolab, 2005).

2.3.8.10. Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

Para obtener los resultados de la relación carbono nitrógeno se realizó el método matemático donde se divide los resultados de Carbono en porcentaje con los resultados de Nitrógeno en porcentaje.

Para la interpretación de resultados se basó en la siguiente (Tabla 13-2).

Tabla 2-2: Rango de Relación Carbono/nitrógeno

Relación C/N	Nivel o Interpretación
< 8	Bajo, fuerte liberación de nitrógeno, habrá que reducir las unidades de aplicación
8 a 12	Medio, liberación media de nitrógeno y las unidades recomendadas de N serán las normales.
12 a 15	Alto, se da una baja liberación de nitrógeno, habrá que dotar las unidades de N.
> 15	Muy Alto, se da una muy baja liberación de nitrógeno, habrá que aumentar las unidades de N.

Fuente: (FAO, 2009).

2.3.9. *Diversidad microbiana*

2.3.9.1. *Método de dilución*

Procedimiento:

Para determinar la presencia microbiana se utilizó el método de dilución, para ello se:

Pesó 10 gramos suelo de cada uno de las dos zonas en estudio.

Se colocó en un frasco de boca ancha y se añadió 90 ml de agua destilada previamente esterilizada, la suspensión de suelo preparada se agitó por 20 minutos.

Se preparó las diluciones hasta llegar $1/10^3$. Cien microlitros de las diluciones $1/10^3$ fueron colocados y extendido con una aza en cajas de Petri con dos medios de cultivo, los cuales son Potato Dextrosa Agar (Agar más cloranfenicol donde crecen hongos) y Agar nutritivo (donde crecen bacterias), con tres repeticiones para cada muestra, luego se colocaron en un contenedor a temperatura de 20°C .

Se realizó un conteo en todas las repeticiones establecidas de las colonias de bacterias y hongos con ayuda de un contador.

Finalmente se determinó el número de unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (ufc/g), mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{UFC/g Suelo} = \frac{N \times \text{FD} \times V_t}{V_i \times S}$$

Donde:

N = Número de colonias

FD = Dilución en la cual se contó N (Ej.: si N se contó en la dilución $1/1000 = 1 \times 10^3$)

V_t = Volumen de la dilución $1/10$, en mililitros

V_i = Volumen inoculado en mililitros

S = Cantidad de suelo utilizado para preparar la dilución $1/10$.

Para el estudio de presencia de colonias microbianas (método de dilución) se ordenaron los datos en una tabla Excel (Anexos C, D, E, F)

2.3.9.2. *Evaluación de microorganismos.*

La siembra de los microorganismos de las muestras de zona de Ganquis se realizó el 20 de enero y las muestras de la zona de Cubillín el 28 de abril del presente año, la frecuencia de las evaluaciones se hizo cada 24 horas con el fin de contabilizar todas las bacterias, y hongos desarrollados.

2.3.5.3 *Análisis metagenómico*

El análisis metagenómico de las muestras de suelos procedentes de los páramos de Ganquis y Cubillín se realizó mediante secuenciación masiva paralela.

El análisis del perfil taxonómico de la región ITS para hongos, 16S para bacterias y HTS para micorrizas mediante secuenciación masiva paralela Next Generation Sequencing, NGS.

Procedimiento:

Se utilizó 500 mg de las muestras para realizar la extracción de ADN total utilizando un kit comercial.

Se verificó la calidad del ADN obtenido mediante lectura espectrofotométrica en nanodrop.

Se realizó el análisis de calidad y creación de librerías para la plataforma Miseq NGS, realizando lecturas pair end de 300 bp en cada lado forward y reverse.

Se utilizó los primers ITS 3F-4R (3F GCATCGATGAAGAACGCAGC; 4R TCCTCCGCTTATTGATATGC), 16S F-R (F CCTACGGGNGGCWGCAG; R GACTACHVGGGTATCTAATCC), y HTS NS31-AML2 (NS31 TTGGAGGGCAAGTCTGGTGCC; AML2 GAACCCAAACACTTTGGTTTCC), con extremos cohesivos P5-P7 (P5 TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAG; P7 GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAG), para la adición de primers y códigos de barras de Nextera.

Las lecturas obtenidas fueron limpiadas, ensambladas, contabilizadas utilizando software bioinformático. Las secuencias químéricas fueron eliminadas.

Las secuencias finales fueron identificadas mediante BLAST con un índice de identidad del 97% para hongos, y un 99% de identidad para bacterias.

Los resultados se visualizaron con discos de Krona y tablas de unidades taxonómicas operacionales. En caso de necesitarlas, las secuencias crudas de la secuenciación masiva serán almacenadas en nuestros servidores por un periodo de tres meses.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Físico de los suelos de Ganquis y Cubillín

3.1.1. Estructura

La estructura que presentan los suelos a nivel de la rizosfera en los páramos de Ganquis y Cubillín es de tipo granular en las tres repeticiones (Tabla 1-3).

Tabla 1-3: Análisis de Estructura de las zonas de Ganquis y Cubillín.

Estructura		
Repetición/zona	Ganquis	Cubillín
R1	Granular	Granular
R2	Granular	Granular
R3	Granular	Granular

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

La estructura que presentan los suelos a nivel de la rizosfera en los páramos de Ganquis y Cubillín es de tipo granular, fundamento que concuerda con el estudio realizado por Cola, Proaño y Suarez (2017) en su estudio “*Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: Estudio de caso en la subcuenca del Río Pedro, cantón Mejía*” en donde manifiesta la estructura del suelo en los cuatro sitios es granular y una textura franco arenosa debido a que su origen es el resultado de múltiples erupciones volcánicas.

Mientras que en el estudio realizado por Diaz, Navarrete y Suarez (2015) denominado “*Páramos: Hidrosistemas Sensibles*” menciona que el suelo del páramo bajo favorece el cultivo de papa, haba, cebada, cebolla y especies silvestres debido a la alta capacidad de retención de agua, la estructura granular, la porosidad fina, esto concuerda con el estudio realizado, en los páramos de Ganquis y Cubillín.

3.1.2. Textura

En el análisis de textura de los suelos del páramo Ganquis presentan una clase textural que corresponde a franco arenoso, mientras que en los suelos del páramo Cubillín presentan una clase textural que corresponde también a franco arenoso (Tabla 2-3).

Tabla 2-3: Análisis de textura de las zonas de Ganquis y Cubillín

Textura		
Muestra/zona	Ganquis	Cubillín
R1	Franco arenoso	Franco arenoso
R2	Franco arenoso	Franco arenoso
R3	Franco arenoso	Franco arenoso

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Referente al análisis de la textura en suelos de páramos de Ganquis y Cubillín, concuerdan con el estudio desarrollado por Vargas (2012) titulado: “*Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de Vaccinium floribundum, Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*” se encontró a una altitud de 3000 a 4000 metros sobre el nivel, un suelo de textura franco arenoso.

3.1.3. Color

3.1.3.1. Color en muestra Húmeda

En el análisis de color según la tabla de Munsell, en los páramos de Ganquis en las muestras húmedas, presenta un código (10YR 3/1) que corresponde al color gris muy oscuro en las tres repeticiones. Mientras en la zona de Cubillín también presenta un código (10YR 3/1) que corresponde al color gris muy oscuro en las tres repeticiones. (Tabla 3-3).

Tabla 3-3: Análisis de color en suelo húmedo de las zonas de Ganquis y Cubillín

Color		
Muestra/zona	Ganquis	Cubillín
R1	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro
R2	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro
R3	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Referente al análisis de Color de suelos de páramos de Ganquis y Cubillín, nos arroja una tonalidad de Gris muy oscuro, los mismo que concuerdan con el estudio desarrollado por Mena, Medina y Hosfstede (2001). Titulado “*Los suelos del páramo*” que menciona que el suelo de color gris oscuro, es rica en materia orgánica supera los 20 cm de espesor a una altitud de 3000 msnm hasta los 40000 msnm.

3.1.3.2. Color en muestra Seca

En el análisis de color según la tabla de Munsell, en los páramos de Ganquis en las repeticiones secas, presenta un código (10YR 3/2) que corresponde al color marrón grisáceo muy oscuro en las tres repeticiones. Mientras en la zona de Cubillín presentan un código (10YR 2/2) que corresponde al color marrón muy oscuro en las tres repeticiones. (Tabla 4-3)

Tabla 4-3: Análisis de color en suelo seco de las zonas de Ganquis y Cubillín

Color		
Muestra/zona	Ganquis	Cubillín
R1	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Marrón muy oscuro
R2	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Marrón muy oscuro
R3	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Marrón muy oscuro

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

El color de los suelos de la rizosfera en los páramos de Cubillín presenta tonalidades marrón muy oscuro, misma aseveración que se manifiesta Llambí et al. (2012) en el estudio “*Ecología, hidrología y suelos de páramo*” donde menciona que los horizontes superficiales presentan una tonalidad de marrón a marrón muy oscuros debido a los elevados contenidos de materia orgánica humificada.

3.1.4. Densidad aparente (Da)

3.1.4.1. Análisis de Varianza de densidad aparente

En el análisis de varianza para densidad aparente presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 0,55% (Tabla 5-3).

Tabla 5-3: Análisis de Varianza de densidad aparente

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	8,3	2	4,2	8,33	0,1071	ns
Localidad	1,4	1	1,4	27,00	0,0351	*
Error	1,0	2	5,0			
Total	2,3	5				
C.V	0,55					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.1.4.2. Prueba de TUKEY al 5% de densidad aparente g/cm^3 .

En la prueba de TUKEY al 5% para densidad aparente, se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con $1,30 \text{ g/cm}^3$ se encontró la localidad Ganquis, y en el grupo “B” con $1,27 \text{ g/cm}^3$, se ubicó la localidad Cubillín.

Tabla 6-3: Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente (g/cm^3), en localidades

Localidades	Medias (g/cm^3)	Grupo
Ganquis	1,30	A
Cubillín	1,27	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

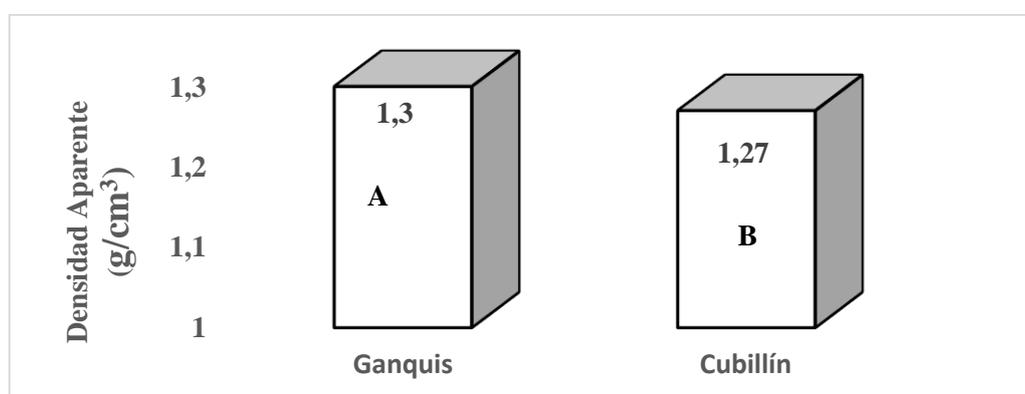


Gráfico 1-3. Densidad Aparente (g/cm^3), en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Referente al análisis de densidad aparente de los suelos de páramos de Ganquis y Cubillín se alcanzaron el $1,3$ y $1,27 \text{ g/cm}^3$, respectivamente que corresponden a suelos de textura franco arenosos según, FAO (2009: pp.51-52) lo mismo que concuerdan con el estudio desarrollado por Jaurixje et al. (2013) Titulado “*Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de quíbor, estado lara*” han determinado que la densidad aparente en el suelo de páramo no intervenido se conserva mejor con un valor de $1,2 \text{ g/cm}^3$ a $1,3 \text{ g/cm}^3$, mientras que en suelos intervenidos se incrementa el valor, por el uso intensivo de maquinaria agrícola, y se observa mayor compactación.

3.1.5. Temperatura

3.1.5.1. Análisis de Varianza de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

En el análisis de varianza para temperatura ($^{\circ}\text{C}$), no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 10,21% (Tabla 7-3).

Tabla 7-3: Análisis de Varianza de Temperatura (°C)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	0,00	2	0,00	0,00	0,9999	ns
Localidad	2,67	1	2,67	4,00	0,1835	ns
Error	1,33	2	0,67			
Total	4,00	5				
C.V	10,21					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

Los suelos analizados en el páramo de Ganquis y Cubillín se encuentran en una altitud de 3500 msnm y 3857snm, respectivamente con una temperatura de 7 y 8 °C en Ganquis y entre 7 a 10°C en Cubillín, esta información se acerca con el estudio realizado por *Camacho* (2014) titulado “*Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideración para su conservación y aprovechamiento sostenible*” quien considera que los páramos, se encuentran, en zonas sobre los 3.600 o 3.900 msnm, hasta los 4.700 msnm, con temperaturas entre 3 y 6 °C.

Los resultados obtenidos por *Ambientum* (2018) en el estudio “*Temperatura del suelo*” concuerda con los valores obtenidos en las zonas de Ganquis y Cubillín quien manifiesta que existe una reducción de la capacidad de absorción del sistema radical cuando éste es sometido a bajas temperaturas menores a 15 °C.

Mientras en el estudio realizado por *Cunalara* (2012) titulado “*Cuantificación de Carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Schobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo*” Manifiesta que los suelos de páramo presentan una textura franco arcilloso, limoso y tiene una temperatura que oscila entre los 7,6 a 10,6 °C. Estos valores son similares a los del páramo de Ganquis que mantiene su temperatura entre 7 y 8 °C y en el páramo de Cubillín entre 7 a 10°C.

3.1.6. Humedad

3.1.6.1. Análisis de Varianza de Humedad (%)

En el análisis de varianza para Humedad (%), presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 4,08% (Tabla 8-3).

Tabla 8-3: Análisis de Varianza de Humedad (%)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	4,18	2	2,09	0,63	0,6148	ns
Localidad	120,69	1	120,69	36,19	0,0265	*
Error	6,67	2	3,34			
Total	131,54	5				
C.V	4,08					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.1.6.2. Prueba de TUKEY al 5% de Humedad (%)

En la prueba de TUKEY al 5% para Humedad, se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 49,27 % se encontró la localidad Cubillín, y en el grupo “B” con 40,30 %, se ubicó la localidad Ganquis.

Tabla 9-3: Prueba de Tukey al 5% para Humedad (%) en localidades.

Localidades	Medias (%)	Grupo
Cubillín	49,27	A
Ganquis	40,30	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

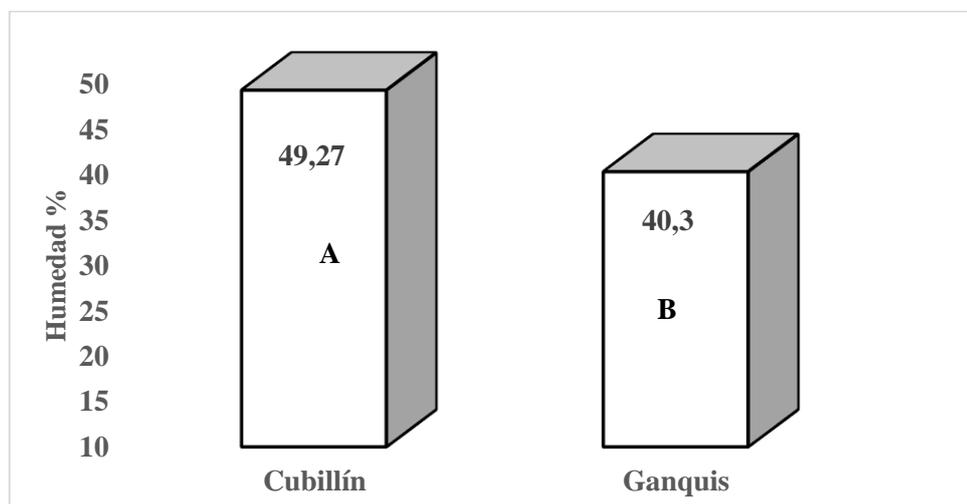


Gráfico 2-3. Humedad (%) en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Referente al análisis de la humedad de suelos de páramos de Cubillín y Ganquis se alcanzaron el 49,27 y 40,3 % respectivamente, los mismo que concuerdan con el estudio desarrollado por Martínez (2017) Titulado “Régimen de humedad del suelo de páramo y su relación con las prácticas socioculturales de manejo ante la variabilidad climática” ha determinado que la humedad en el

suelo de páramo no intervenido se conserva mejor en la época de invierno ya que posee el 66%, en cambio en el suelo intervenido posee el 42% que es menor debido a que las prácticas agrícolas han causado alteraciones en el mismo. En la época de verano los porcentajes de humedad son bajos en comparación a la época de invierno, el 42% representa el suelo de páramo no intervenido mientras que el suelo de páramo intervenido posee el 25% de humedad.

3.2. Análisis Químico de los suelos de Ganquis y Cubillín

3.2.1. pH

3.2.1.1. Análisis de Varianza de pH

En el análisis de varianza para pH no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 2,75% (Tabla 10-3).

Tabla 10-3: Análisis de Varianza de pH

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	0,07	2	0,04	1,41	0,4147	ns
Localidad	0,04	1	0,04	1,55	0,3394	ns
Error	0,05	2	0,02			
Total	0,16	5				
C.V	2,75					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor $>0,05$ y $> 0,01$ ns (No significativo)

P-valor $<0,05$ y $> 0,01$ * (Significativo)

P-valor $<0,05$ y $< 0,01$ ** (Altamente significativo)

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al pH del suelo se obtuvieron 5,7 y 5,63 que corresponden a niveles medianamente ácidos según Valero (1993:p.23), información que está muy próxima a la obtenida por Vargas (2012: pp.43) en su estudio Titulado *Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de Vaccinium floribundum en Acosa, Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Quien manifiesta que los resultados van entre 6,77 y 5,90 en el pH.

Al comparar con el estudio realizado por Altamirano (2019: pp. 30) titulado “*Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuena Jun-Jun.*” manifiesta que el pH varía entre 5,75 a 6,28 coincidiendo con los datos obtenidos en el estudio en los páramos de Ganquis y Cubillín.

3.2.2. Conductividad Eléctrica (CE)

3.2.2.1. Análisis de Varianza de CE ($\mu\text{S/cm}$)

En el análisis de varianza para CE ($\mu\text{S/cm}$), no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 17,77% (Tabla 11-3).

Tabla 11-3: Análisis de Varianza de Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	592,13	2	296,06	0,81	0,5521	ns
Localidad	920,08	1	920,08	2,52	0,2532	ns
Error	729,81	2	364,90			
Total	2242,02	5				
C.V	17,77					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor $>0,05$ y $> 0,01$ ns (No significativo)

P-valor $<0,05$ y $> 0,01$ * (Significativo)

P-valor $<0,05$ y $< 0,01$ ** (Altamente significativo)

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente a Conductividad Eléctrica del suelo se obtuvieron 94,11 y 119,88 $\mu\text{S/cm}$ que corresponden a suelos no salinos o excelentes según (Agrolab, 2005). Valores que concuerdan a los obtenidos por Mosquera (2017: pp.55) titulado “Variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en un valle del Mantaro” que alcanzó un valor de 109 $\mu\text{S/cm}$.

Mientras los valores de la Conductividad Eléctrica obtenidos por Herber (2011: pp.74) en su trabajo titulado: “Conductividad Eléctrica aparente como herramienta para delimitar Zonas de Manejo Sitio Específico en Maíz, *Zea mays*”, obtuvo un valor máximo de 147,4 $\mu\text{S/cm}$, los mismos que superan a los obtenidos en los páramos de Ganquis y Cubillín, pero se mantiene dentro de rango no salino.

3.2.3. Materia Orgánica (MO)

3.2.3.1. Análisis de Varianza de Materia Orgánica (%)

En el análisis de varianza para Materia Orgánica (%), presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 4,30% (Tabla 12-3).

Tabla 12-3: Análisis de Varianza de Materia Orgánica (%)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	1,00	2	0,50	8,33	0,1071	ns
Localidad	4,86	1	4,86	81,00	0,0121	*
Error	0,12	2	0,06			
Total	5,98	5				
C.V	4,30					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

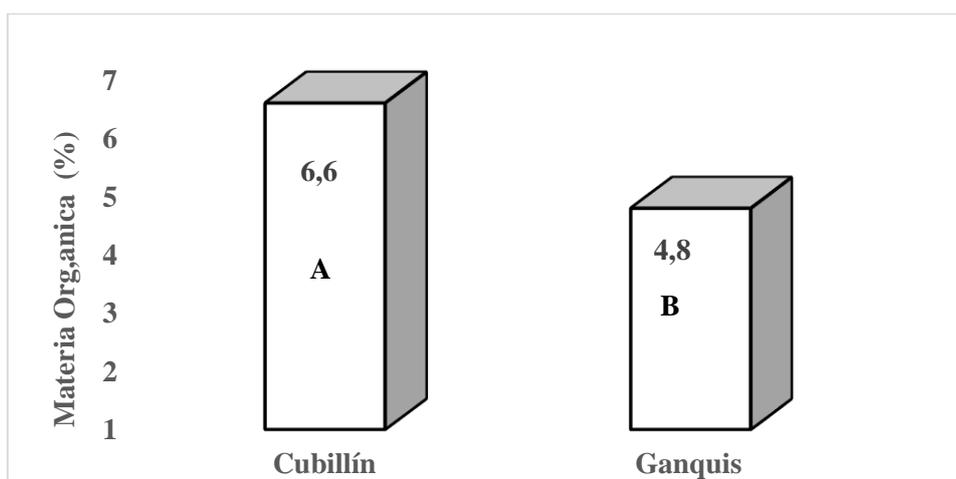
3.2.3.2. Prueba de TUKEY al 5% de Materia Orgánica (%)

En la prueba de TUKEY al 5% para Materia Orgánica (%), se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 6,60 % se encontró la localidad Cubillín, y en el grupo “B” con 4,80 %, se ubicó la localidad Ganquis.

Tabla 13-3: Prueba de Tukey al 5% para Materia Orgánica en localidades

Localidades	Medias (%)	Grupo
Cubillín	6,60	A
Ganquis	4,80	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

**Gráfico 3-3.** Materia Orgánica (%) en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en los suelos de paramos de Cubillín y Ganquis en Materia Orgánica fueron 6,6 y 4,8% respectivamente niveles que corresponden a muy altos según Agrolab (2005) información que concuerda con los resultados obtenidos en la investigación de Julca, Alberto; Meneses, (2006: pp.50) titulado “*La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura*” donde muestran que en promedio se estima que del 5 a 6% de materia orgánica total de los páramos y tiene acción inmediata más importante, porque mejora de la estructura y de la actividad microbiana del suelo.

3.2.4. Carbono Orgánico (CO)

3.2.4.1. Análisis de Varianza de Carbono Orgánico (%)

En el análisis de varianza para Carbono Orgánico % presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 3,86% (Tabla 14-3).

Tabla 14-3: Análisis de Varianza de Carbono Orgánico (%)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	0,32	2	0,16	9,84	0,0922	ns
Localidad	1,73	1	1,73	106,56	0,0093	**
Error	0,03	2	0,02			
Total	2,08	5				
C.V	3,86					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.2.4.2. Prueba de TUKEY al 5% de Carbono Orgánica (%)

En la prueba de TUKEY al 5% para Carbono Orgánico %, se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 3,84 % se encontró la localidad Cubillín, y en el grupo “B” con 2,77 %, se ubicó la localidad Ganquis.

Tabla 15-3: Prueba de Tukey al 5% para Carbono Orgánico (%), en localidades

Localidades	Medias (%)	Grupo
Cubillín	3,84	A
Ganquis	2,77	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

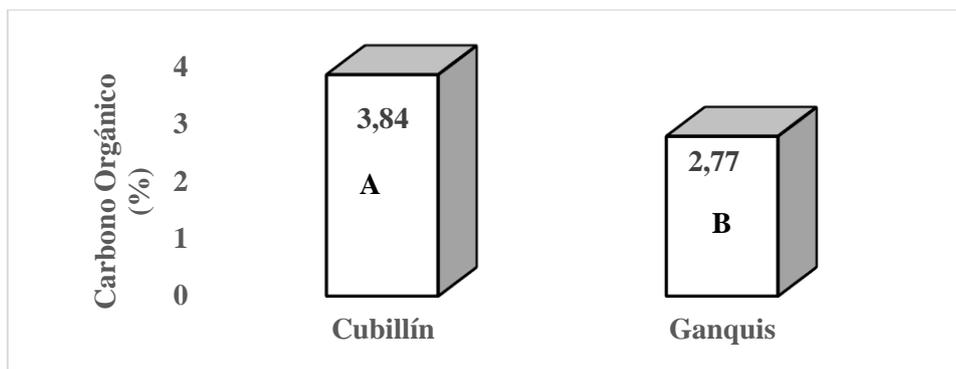


Gráfico 4-3. Carbono Orgánico (%) en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades químicas de los páramos de Cubillín y Ganquis en lo referente al Carbono Orgánico del suelo se obtuvieron 3,84 y 2,77 % respectivamente, información que está muy próxima a la obtenida por (Herrera, 2016: pp.56) en su estudio titulado “*Caracterización del Suelo del Páramo en Relación al Carbono Orgánico Total Almacenado en la Comunidad Huacona San Isidro, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo*”, se determinó que las cantidades de carbono orgánico total almacenado están en un valor promedio de 3 a 5%.

Estudio realizado por Cunalara (2012) Titulado “*Cuantificación de Carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Schobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo*” obtuvo un valor de carbono de 4.7 % información que se aproxima a los obtenidos en los páramos de Cubillín y Ganquis.

3.2.5. Capacidad intercambio catiónico (CIC)

3.2.5.1. Análisis de Varianza de Capacidad Intercambio Catiónico (meq/100 g)

En el análisis de varianza para Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100 g, presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 6,16% (Tabla 16-3).

Tabla 16-3: Análisis de Varianza de Intercambio Catiónico (meq/100 g)

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	1,16	2	0,73	1,12	0,47,49	ns
Localidad	18,73	1	18,73	28,79	0,0330	*
Error	1,30	2	0,65			
Total	21,48	5				
C.V	6,16					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)
 P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)
 P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.2.5.2. Prueba de TUKEY al 5% de Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)

En la prueba de TUKEY al 5% para Capacidad de Intercambio Catiónico, se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 14,85 meq/100g se encontró la localidad Cubillín, y en el grupo “B” con 11,32 meq/100g, se ubicó la localidad Ganquis.

Tabla 17-3: Prueba de Tukey al 5% para Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g), en localidades.

Localidades	Medias (meq/100 g)	Grupo
Cubillín	14,85	A
Ganquis	11,32	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

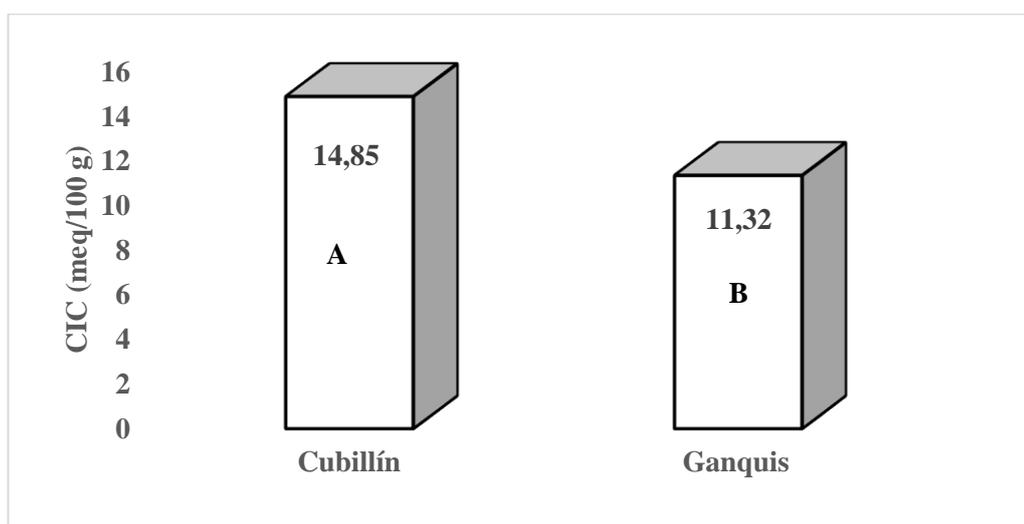


Gráfico 5-3. Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g) en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Cubillín y Ganquis en lo referente al Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo se obtuvieron 14,85 y 11,32 meq/100 g, que corresponden a niveles normales según (Agrolab, 2005). Información que concuerda con la obtenida por Ramirez, Duarte y Galeano (2016) en su investigación titulado “*Estudio de suelos y su relación con las plantas en el páramo el verjón ubicado en el municipio de Choachí Cundinamarca*” obteniendo datos de 5 a 16 meq/100 g.

3.2.6. Nitrógeno Asimilable (ppm)

3.2.6.1. Análisis de Varianza de Nitrógeno Asimilable (ppm)

En el análisis de varianza para Nitrógeno Asimilable (ppm), presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 8,55% (Tabla 18-3).

Tabla 18-3: Análisis de Varianza de Nitrógeno Asimilable (ppm).

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	63,22	2	31,61	1,27	0,4414	ns
Localidad	7707,75	1	7707,75	308,54	0,0032	**
Error	49,96	2	24,98			
Total	7820,94	5				
C.V	8,55					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.2.6.2. Prueba de TUKEY al 5% de Nitrógeno Asimilable (ppm)

En la prueba de TUKEY al 5% para Nitrógeno Asimilable (ppm), se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 94,33 ppm se encontró la localidad Cubillín, y en el grupo “B” con 22,65 ppm, se ubicó la localidad Ganquis.

Tabla 19-3: Prueba de Tukey al 5% para Nitrógeno Asimilable (ppm), en localidades.

Localidades	Medias (ppm)	Grupo
Cubillín	94,33	A
Ganquis	22,65	B

Realizado por: (Quishpe, F. 2021).

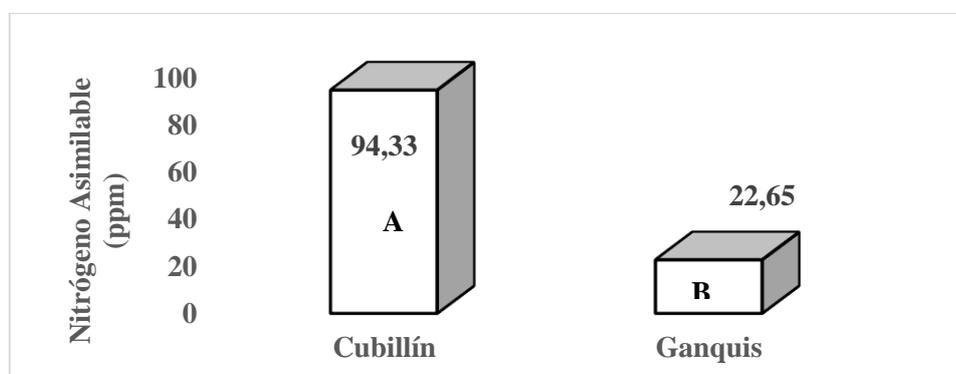


Gráfico 6-3. Nitrógeno Asimilable (ppm), en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Cubillín en lo referente a nitrógeno asimilable del suelo se obtuvieron 94,33 ppm que corresponde al nivel en exceso, mientras que en Ganquis se obtuvo 22,65 ppm, que corresponden a niveles adecuados según (Agrolab, 2005). Información que concuerda a la obtenida por Aguilar (2016) Titulado “Evaluación de tres abonos verdes mezclas de leguminosa más gramínea, crucífera y amaranthaceae, en los suelos agrícolas degradados del Cantón Bolívar” se obtuvo un valor de relación de 32,79 ppm.

3.2.7. Nitrógeno Total (%)

3.2.7.1. Análisis de Varianza de Nitrógeno Total (%)

En el análisis de varianza para Nitrógeno Total %, presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 10,31% (Tabla 20-3).

Tabla 20-3: Análisis de Varianza de Nitrógeno Total (%).

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	3,1	2	1,6	0,63	0,6125	ns
Localidad	0,06	1	0,06	24,49	0,0385	*
Error	4,9	2	2,5			
Total	0,07	5				
C.V	10,31					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

3.2.7.2. Prueba de TUKEY al 5% de Nitrógeno Total (%)

En la prueba de TUKEY al 5% para Nitrógeno Total (%), se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 0,58 % se encontró la localidad de Ganquis, y en el grupo “B” con 0,38 %, se ubicó la localidad de Cubillín.

Tabla 21-3: Prueba de Tukey al 5% para Nitrógeno Total (%), en localidades.

Localidades	Medias (%)	Grupo
Ganquis	0,58	A
Cubillín	0,38	B

Realizado por: (Quishpe, F. 2021)

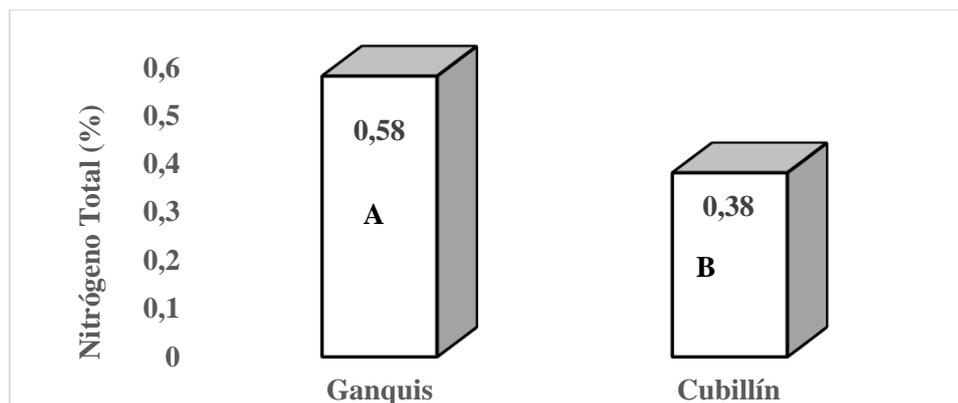


Gráfico 7-3. Nitrógeno Total (%), en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al Nitrógeno total del suelo se obtuvieron 0,58 y 0,38% respectivamente, información que concuerda a la obtenida por Gamarra (2016) titulado: “*Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo*” en una muestra de parcelas que indica un resultado de 0,5 a 0,32% de contenido de Nitrógeno Total.

3.2.8. Fósforo (mg/kg)

3.2.8.1. Análisis de Varianza de Fósforo (mg/kg)

En el análisis de varianza para Fósforo mg/kg, no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 11,41% (Tabla 22-3).

Tabla 22-3: Análisis de Varianza de Fósforo (mg/kg).

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	0,30	2	0,15	0,16	0,8587	ns
Localidad	2,28	1	2,28	2,48	0,2563	ns
Error	1,84	2	0,92			
Total	4,43	5				
C.V	11,41					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al contenido de fósforo se obtuvieron 7,8 y

9,03 mg/kg respectivamente según Agrolab (2005) corresponde a un nivel bajo. Esto concuerdan con los resultados obtenidos por Juárez (2018) con el tema: “*Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira- Piura*”, quien determinó en suelo de textura, arcillosa y limosa, contenidos de fósforo que van de 6 a 10 mg/ kg.

3.2.9. Potasio (cmol/kg)

3.2.9.1. Análisis de Varianza de Potasio (cmol/kg)

En el análisis de varianza para Potasio cmol/kg, no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 17,18% (Tabla 23-3).

Tabla 23-3: Análisis de Varianza de Potasio (cmol/kg).

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	7,0	2	3,5	0,10	0,9118	ns
Localidad	3,3	1	3,3	0,90	0,4422	ns
Error	0,01	2	3,6			
Total	0,01	5				
C.V	17,18					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al contenido de potasio se obtuvieron 0,37 y 0,32 cmol/kg respectivamente, según Agrolab (2005) corresponde a un nivel bajo. Esto concuerdan con los resultados obtenidos por Juárez (2018) con el tema: “*Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira- Piura*”, quien determinó contenidos de Potasio que van de 0,25 a 0,48 cmol/kg.

3.2.10. Relación Carbono/ Nitrógeno (R C/N)

3.2.10.1. Análisis de Varianza de Relación Carbono/ Nitrógeno (%)

En el análisis de varianza para Relación Carbono/Nitrógeno (%), presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 18,19% (Tabla 24-3).

Tabla 24-3: Análisis de Varianza de Relación Carbono/ Nitrógeno (%).

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	26,22	2	13,11	2,33	0,3006	ns
Localidad	136,90	1	136,90	24,29	0,0388	*
Error	11,27	2	5,64			
Total	174,39	5				
C.V	18,19					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)

P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

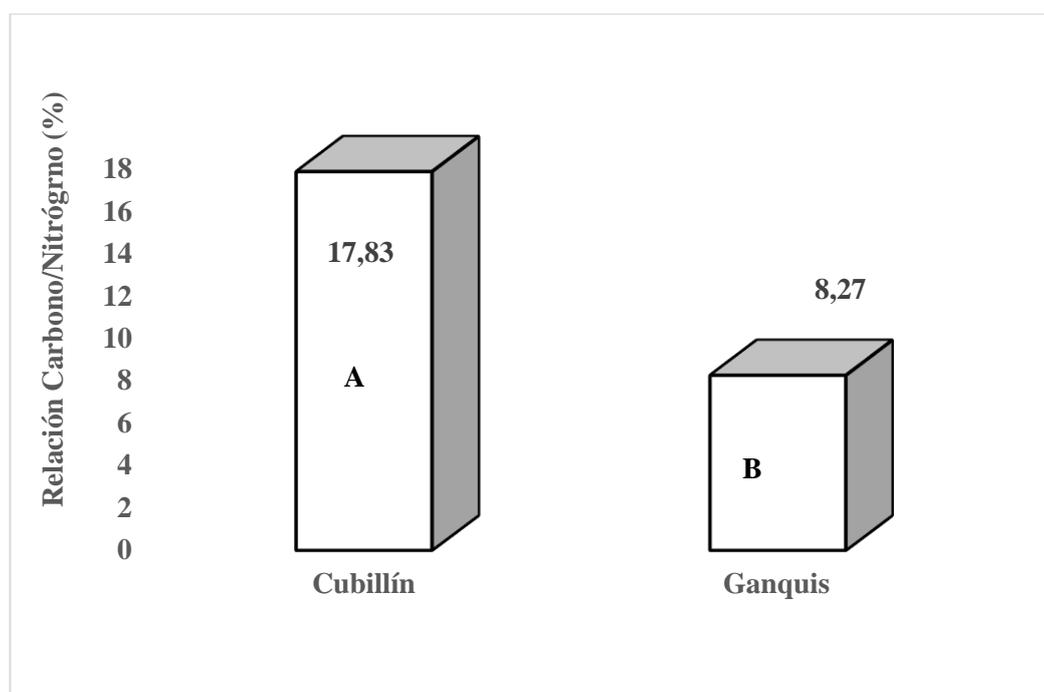
3.2.10.2. Prueba de TUKEY al 5% de Relación Carbono/Nitrógeno (%)

En la prueba de TUKEY al 5% para Relación Carbono/Nitrógeno (%), se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 17,83 (%) se encontró la localidad de Cubillín, y en el grupo “B” con 8,27 (%), se ubicó la localidad de Ganquis.

Tabla 25-3: Prueba de Tukey al 5% para Relación Carbono/Nitrógeno (%), en localidades.

Localidades	Medias (%)	Grupo
Cubillín	17,83	A
Ganquis	8,27	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

**Gráfico 8-3.** Relación Carbono/Nitrógeno (%) en localidades.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los páramos de Cubillín y Ganquis en lo referente al contenido carbono/nitrógeno se obtuvieron 17,87 y 8,27 (%) respectivamente, información que concuerda con la obtenida por Gamarra et al. (2018) en su estudio titulado: “*Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo*” donde menciona que cuando la Relación C/N es de 10 a 14 (%) favorece la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, porque cuentan con suficiente carbono para utilizarlo como fuente de energía y nitrógeno para sintetizar sus proteínas, lo que estimula la mineralización de dicho elemento para ser aprovechado por los componentes vegetales del sistema.

3.3. Caracterización de la diversidad microbiana

3.3.1. Diversidad microbiana

La diversidad microbiana se calculó mediante la fórmula para determinar las Unidades formadoras de colonias (ufc) en una solución de 10^3 en las muestras seleccionadas.

3.3.1.1. Análisis de varianza para las Bacterias (ufc/g)

En el análisis de varianza para Bacterias (ufc/g), presentó diferencias significativas para localidades, con un coeficiente de variación de 21,27% (Tabla 26-3).

Tabla 26-3: Análisis de Varianza de Bacterias en la dilución 10^3 de los suelos de páramo de Ganquis y Cubillín.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	29,74	2	14,87	1,94	0,3396	ns
Localidad	249,23	1	249,23	32,59	0,0293	*
Error	15,29	2	7,65			
Total	294,26	5				
C.V	21,27					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor $>0,05$ y $> 0,01$ ns (No significativo)

P-valor $<0,05$ y $> 0,01$ * (Significativo)

P-valor $<0,05$ y $< 0,01$ ** (Altamente significativo)

3.3.1.2. Prueba de TUKEY al 5% para Bacterias (ufc/g)

En la prueba de TUKEY al 5% para Bacterias (ufc/g), se establecieron dos grupos, en el grupo “A” con 19,45 ufc/g se encontró la localidad de Ganquis, y en el grupo “B” con 6,56 ufc/g, se ubicó la localidad de Cubillín.

Tabla 27-3: Prueba de Tukey al 5% para Bacterias (ufc/g), en localidades.

Localidades	Medias (ufc/g)	Grupo
Ganquis	19,45	A
Cubillín	6,56	B

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

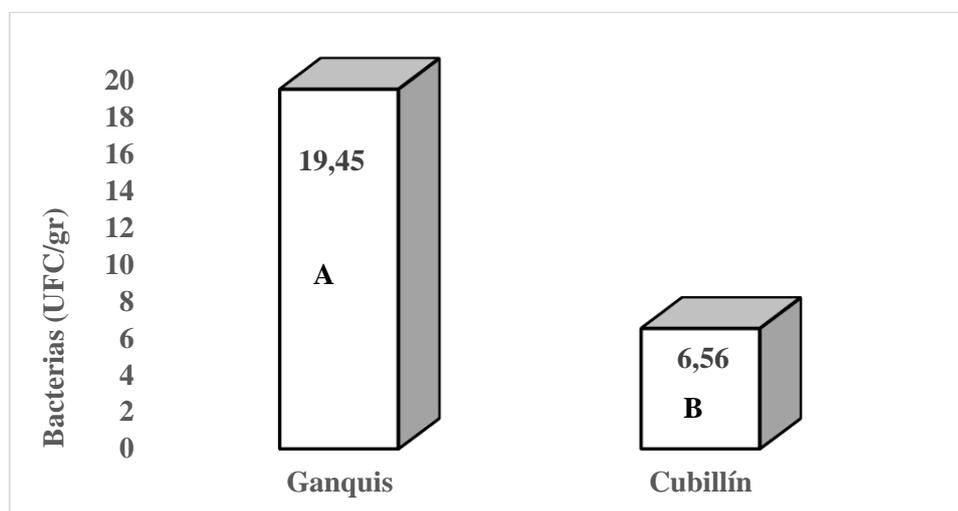


Gráfico 9-3. Bacterias (ufc/gr), en localidades

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de la rizosfera de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al contenido de bacterias se obtuvieron 19,45 y 6,56 ufc/g respectivamente, información que concuerda con la obtenida por Marín (2016: pp.12). Titulado: “Comportamiento del microbiota fúngica y bacteriana en suelo arenado de un cultivo bajo en plástico en Almería” donde menciona un promedio de 5,50 a 15 ufc/g.

3.3.1.3. Análisis de varianza para Hongos (ufc/g)

En el análisis de varianza para Hongos (ufc/g), no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, con un coeficiente de variación de 44,11% (Tabla 28-3).

Tabla 28-3: Análisis de Varianza de Hongos en la dilución 10^3 de los suelos de páramo de Ganquis y Cubillín.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Repeticiones	0,71	2	0,36	0,24	0,8077	ns
Localidad	6,00	1	6,00	4,00	0,1835	ns
Error	3,00	2	1,50			
Total	9,71	5				
C.V	44,11					

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

P-valor >0,05 y > 0,01 ns (No significativo)

P-valor <0,05 y > 0,01 * (Significativo)
P-valor <0,05 y < 0,01 ** (Altamente significativo)

Los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de la rizosfera de los páramos de Ganquis y Cubillín en lo referente al contenido de hongos se obtuvieron 1,78 y 3,77 ufc/g respectivamente, información que concuerda a la obtenida por Rojas (2018: pp. 73). En su estudio titulado: “*Caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno y su relación con suelos agrícolas en el distrito de riego de Repelón Departamento del Atlántico*” donde menciona un promedio de 1,6 a 5,2 ufc/g.

Al comparar los resultados obtenidos por Marín (2016: pp.12) en su trabajo titulado: “*Comportamiento del microbiota fúngica y bacteriana en suelo arenado de un cultivo bajo en plástico en Almería*” donde menciona un promedio de 3,1 a 6,20 ufc/g, estos superan a los alcanzados en el estudio de la caracterización de la rizosfera de los páramos de Ganquis y Cubillín.

3.3.2. Análisis metagenómico para Phylum

Tabla 29-3: Perfil taxonómico de bacterias benéficos asociados a *V. floribundum* en el páramo de Ganquis.

PHYLUM/DIVISIÓN	ESPECIE
<i>Bacteroidetes /Chlorobi</i>	4
<i>Proteobacteria</i>	8
<i>Actinobacteria</i>	2
<i>Firmicutes</i>	1

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

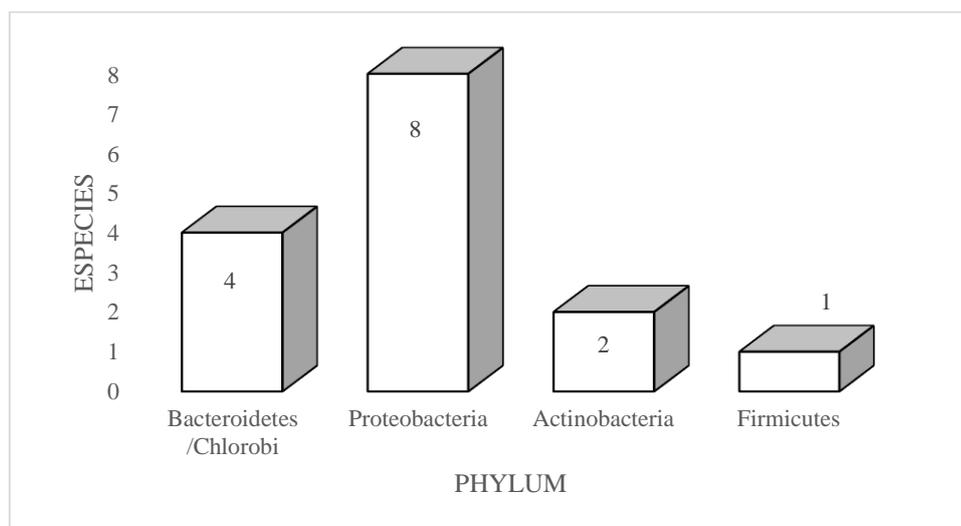


Gráfico 10-3. Phylum y Especies de bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

La gráfica 10-3 la población microbiana, indica que bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis el *Phylum* con mayor número de especies a *Proteobacteria* con 8 especies, que corresponde al 53,3%; *Bacteroidetes* con 4 especies que corresponde al 26,67%; *Actinobacteria* con 4 especies, q corresponde al 13,33% y *Firmicutes* con 1 especies, q corresponde a 6,67%; (Anexo C).

Al comparar con Calvo, Reymundo y Zúñiga (2008) en su estudio titulado: “*Diversidad microbiana del suelo*” donde menciona que el análisis de las poblaciones microbianas refleja la salud de un ecosistema, donde encuentra poblaciones microbianas en la rizósfera de diversos cultivos que determina una presencia elevada de microorganismos, principalmente de los géneros *Pseudomonas*, *Aetherobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, que pertenece a (*Phylum Proteobacteria*) con 48,82% , *Bacillus* que pertenece a (*Phylum Firmicutes*) con 8,86%; *Actinobacteria* con 25,34%; *Bacteriodes* con 6,82% y *Plactomycetes* 10,16%. Las mismas que están muy cerca con los datos obtenidos en la presente investigación.

Tabla 30-3: Perfil taxonómico de bacterias benéficos asociados a *V. floribundum* en el páramo de Cubillín.

PHYLUM/DIVISIÓN	Especie
<i>Bacteroidetes /Chlorobi</i>	4
<i>Proteobacteria</i>	22
<i>Actinobacteria</i>	7
<i>Cyanobacteria/ Melainabacteria</i>	1
<i>Firmicutes</i>	5

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

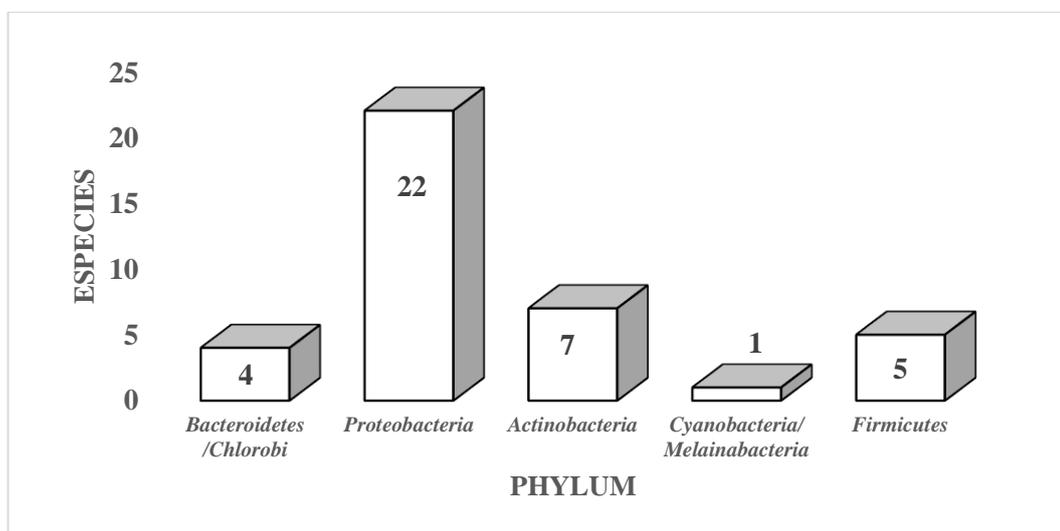


Gráfico 11-3. Phylum y Especies de bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

En la gráfica 11-3, la población microbiana, indica que bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín prevalece el phylum Proteobacteria con 22 especies, que corresponde al 56,4%; las *Actinobacteria* con 7 especies, corresponde al 17,95%; las *Firmicutes* con 5 especies que corresponde al 12,82%; *Bacteroidetes* con 4 especies que corresponde a 10,26% y *Cianobacterias* con 1 especie que corresponde a 2,56%. (Anexo D).

Según *Perez (2017)* en su estudio titulado: “*Micropropagación y biotización de jojoba mediante bacterias endófitas promotoras de crecimiento vegetal*”. menciona que los suelos colectados en su proyecto realizaron extracciones de DNA de rizosfera y endosfera donde obtuvieron como resultados que los phylum bacterianos más abundantes fueron: Actinobacteria (5,87 %), Proteobacteria (54.73 %), Bacteroidetes (11.63 %), Plactomycetes (18,97%) y Firmicutes (8.80 %). Al considerar el Phylum Proteobacteria como los microorganismos de mayor presencia en el suelo, esta información se encuentra muy próxima a la obtenida en esta investigación en el páramo de Cubillín con el 56,4%.

Tabla 31-3: Perfil taxonómico de hongos benéficos asociados a *V. floribundum* en el páramo de Ganquis.

PHYLUM/DIVISIÓN	Especie
<i>Glomeromycota</i>	5

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

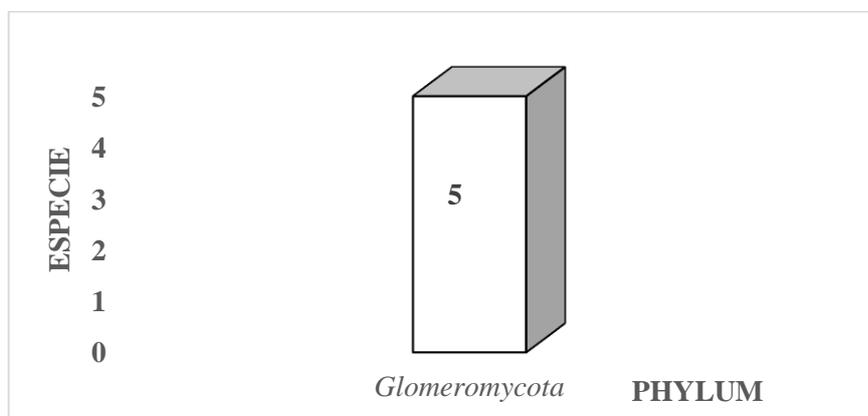


Gráfico 12-3. Phylum y Especies de hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

En la gráfica 12-3, la población microbiana, indica los hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis prevalece el Phylum Glomeromycota con 5 especies. (Anexo E). Al comparar con *Perez (2017)* en su estudio titulado: “*Micropropagación y biotización de jojoba mediante bacterias endófitas promotoras de crecimiento vegetal*”. menciona que los suelos colectados en su proyecto realizaron extracciones de DNA de rizosfera, donde el Phylum bacterianos para hongos más abundantes fueron: Glomerycota con (85,87 %), Mucoromycota

(14,13 %). El phylum Glomeromycota concuerda en su población con el estudio realizado en el páramo de Ganquis.

Tabla 32-3: Perfil taxonómico de hongos benéficos asociados a *V. floribundum* en el páramo de Cubillín.

PHYLUM/DIVISIÓN	Especie
<i>Mucoromycota</i>	15
<i>Glomeromycota</i>	2

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

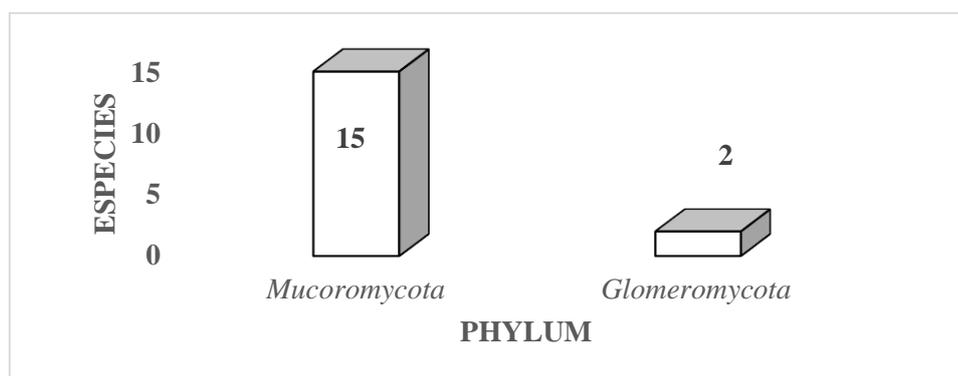


Gráfico 13-3. Phylum y Especies de hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín.

Realizado por: Quishpe, F. 2021.

En la gráfica 13-3, la población microbiana, indica los hongos benéficos para las plantas encontradas en el páramo de Cubillín existe el phylum *Mucoromycota* con 15 especies que corresponde el 88,24%; *Glomeromycota* con 2 especies que corresponde 11,76% (Anexo F).

Al comparar con *Avellaneda (2014)* en su estudio titulado: “*Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque - Parque Nacional Natural de los Nevados*” donde los hongos identificados pertenecen a 4 Phylum diferentes entre los que se encuentran: *Ascomycota*, con 23,6%; *Zygomycota* 4,10%; *Mucoromycota* con 63,66% en su población bacteriana y *Glomeromycota* con 8,64%. Los Phylum *Mucoromycota* y *Glomeromycota* encontrados en los páramos de Cubillín superan a los mencionados por *Avellaneda (2014)*.

CONCLUSIONES

Las características físicas del suelo asociado a la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Cubillín y Ganquis son las siguientes: textura franco arenoso, estructura granular, color gris oscuro en muestras húmedas, y un color marrón muy oscuro en muestras secas, densidad aparente 1,27- 1,3 g/cm³, temperatura 7,3- 8,7°C, que se consideran como similares; la humedad manifiesta diferencia entre 40,3- 49,27%.

Las características químicas del suelo asociado a la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Cubillín y Ganquis son las siguientes: pH 5,63- 5,7 medianamente ácidos, conductividad eléctrica de 119,88- 94,11 µS/cm no salinos o excelentes, materia orgánica 6,6- 4,8 % altos, Carbono Orgánico 3,84- 2,77 %, Capacidad Intercambio Catiónico 14,84- 11,82 (meq/100 g) niveles normales, nitrógeno Asimilable 94,33- 22,65 ppm niveles adecuados, nitrógeno total 0,38- 0,58%, fósforo con 9,03- 7,8 mg/kg nivel bajo, potasio con 0,32- 0,37cmol/kg nivel bajo, Relación Carbono/Nitrógeno 17,83- 8,27%, respectivamente.

Las características físicas y químicas identificadas en los páramos de Cubillín se consideran como las mejores para el crecimiento del *Vaccinium floribundum* Kunth y para el desarrollo de poblaciones microbianas, según el análisis metagenómico se encontraron: 5 Phylum, 25 familias, 37 géneros y 39 especies de bacterias benéficas y 2 Phylum, 4 familias, 4 géneros y 17 especies de hongos benéficos en el páramo de Cubillín.

De acuerdo al análisis metagenómico, se identificaron en el páramo de Ganquis: 4 Phylum, 12 familias, 15 géneros, 15 especies y en la clasificación fúngica se encontraron; 1 Phylum, 4 familias, 5 géneros y 5 especies de hongos benéficos.

Las bacterias benéficas asociadas a la rizosfera del mortiño en el páramo de Ganquis predominan en el Phylum Proteobacteria con 8 especies, que corresponde al 53,3%; Bacteroidetes con 4 especies que corresponde al 26,67%; Actinobacteria con 4 especies, q corresponde al 13,33% y Firmicutes con 1 especies, q corresponde a 6,67%

Las bacterias benéficas asociadas a la rizosfera del mortiño en el páramo de Cubillín predominan en el Phylum Proteobacteria con 22 especies que corresponde al 56,4%; las Actinobacteria con 7 especies, que corresponde al 17,95%; las Firmicutes con 5 especies que corresponde al 12,82%; Bacteroidetes con 4 especies corresponde a 10,26% y Cianobacterias con 1 especie que corresponde a 2,56%.

Los hongos benéficos asociadas a la rizosfera del mortiño en el páramo de Cubillín son: phylum Mucoromycota con 15 especies que corresponde el 88,24%; Glomeromycota con 2 especies que corresponde 11,76%. Mientras en el páramo de Ganquis prevalece el Phylum Glomeromycota con 5 especies que corresponden al 100%

RECOMENDACIONES

Investigar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo en zonas alteradas cercanas a la localidad de Ganquis y Cubillín para comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.

Investigar el comportamiento del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) in situ a respuestas de fertilización de tipo orgánica e inorgánica y su influencia en las poblaciones microbianas.

Realizar estudios sobre la caracterización físicas y químicas del suelo de paramos en zonas no alteradas a diferentes profundidades e identificar las poblaciones microbiológicas.

Realizar análisis metagenómico en las diferentes estaciones del año.

Realizar análisis metagenómico en las diferentes en diferentes estados fenológicos del mortiño.

Comparar la diversidad microbiana de la rizosfera del mortiño con el suelo alejado de las raíces.

GLOSARIO

Baya: es el tipo más común de fruto carnoso simple, en el cual la pared entera del ovario madura, generalmente, en un pericarpio carnoso y comestible. En la definición más estricta del término el ovario es súpero en estas flores. (Perez y Gardey, 2017.parr.1)

Biocenosis: Conjunto de organismos, vegetales o animales, que viven y se reproducen en determinadas condiciones de un medio o biotopo.(Pérez y Merino, 2016.parr.2)

Biomasa: se refiere a un tipo de energía útil en términos energéticos formales, las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis. (Gamarra et al., 2018:pp.5-6)

Biotopo: Espacio geográfico con unas condiciones ambientales determinadas (como suelo, agua, atmósfera, etc.) para el desarrollo de ciertas especies animales y vegetales.(Pérez y Merino, 2017.parr. 2-3)

Ecosistema: Sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven. (Zuñiga et al., 2018. parr. 1)

Factores abióticos: son los elementos del ecosistema que no tienen vida, pero necesitamos para vivir como lo es el agua, el oxígeno, temperatura, y la luz solar. (Olalde y Aguilera, 1998: p.52)

Factores bióticos: son los organismos que vivos que interactúan con otros organismos, refiriéndose a la flora y la fauna así también las interacciones con otros organismos vivos o seres vivos de un ecosistema. (Pérez y Flores, 2007:p. 14)

Fitopatógeno: organismo, en general microorganismo, que genera enfermedades en las plantas a través de disturbios en el metabolismo celular, al secretar enzimas, toxinas, fitorreguladores y otras sustancias y, además, absorbiendo nutrientes de la célula para su propio crecimiento.(FAO, 2020b.parr. 5)

Microflora del suelo: está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios. Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos de transformación están: Suministro directo de nutrientes (Fijación de nitrógeno).(Zúñiga, 2018:p.25)

Páramo: es un ecosistema alpino intertropical con predominio de vegetación tipo matorral, por lo que está clasificado biogeográficamente como pradera y matorral de montaña.(Medina y Gomez, 2014:p.28)

Rizosfera: Es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo. Esta región especializada, está caracterizada por el aumento de la biomasa microbiana y de su actividad. (Julca, Meneses y Blas, 2006: p.42)

Subpáramo: zona altitudinal de vegetación entre el límite altitudinal original del Bosque andino continuo y el páramo propiamente dicho. Presenta originalmente un mosaico de vegetación de páramo abierto (con gramíneas y frailejones), formaciones arbustivas y bosque alto andino. (Diaz, Navarrete y Suarez, 2015:p. 25)

UFC: unidades formadoras de colonias, Dado que una colonia puede estar formada por un solo organismo o un grupo de microbios.(EcuRed, 2018.parr. 2)

BIBLIOGRAFÍA

AGRANTECH, *Análisis de Suelos – Agrantech*. [en línea]. Ecuador, 2018 [Consulta: 18 julio 2021]. Disponible en: <http://agrantech.com/servicios/analisis-de-suelos/>.

AGROLAB, *Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos agrolab introducción*. [en línea], Pachuca Hidalgo- México, 2005 [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema12/medida.htm>.

AGROPAL, *El ciclo del fósforo AGROPAL - Sociedad Cooperativa*. [en línea]. España, 2004 [Consulta: 5 agosto 2021] Disponible en: http://www.agropalsc.com/servicios_noticias_d.shtml?idboletin=891&idarticulo=145117&idseccion=4430.

AGUILAR, M., Evaluación de tres abonos verdes, mezclas de leguminosa más gramínea, crucífera y amaranthaceae, en los suelos agrícolas degradados del cantón bolívar [en línea]. Trabajo de titulación Maestría Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador. 2016. pp. 25-32. [Consulta: 22 noviembre 2021]. Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23948/1/tesis-053 Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 425.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23948/1/tesis-053%20Maestría%20en%20Agroecología%20y%20Ambiente%20-CD%20425.pdf).

ALTAMIRANO, E. Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun. [en línea]. Trabajo de titulación Ingeniería Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador. 2019. p. 25. [Consulta: 22 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis238%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20641.pdf>

AMBIENTUM, Temperatura del suelo. [en línea], España, 2018 Disponible en: <https://www.ambientum.com/ambientum/agua/temperatura-del-suelo.asp>.

AVELLANEDA, M., Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque-Parque Nacional Natural de los Nevados. [en línea], [Consulta: 3 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52266/07797081.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BAUTISTA, C., Valoración económica ambiental por el método contingente del páramo los cubillines en la provincia de Chimborazo [en línea]. Trabajo de Titulación, Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH. Riobamba - Ecuador. 2018. pp. 22-23 [Consulta: 8 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9689/1/20T01140.pdf>.

BENIMELI, M.F., PLASENCIA, A., et. al., *El nitrógeno del suelo*. Universidad Nacional de Tucumán [en línea], pp. 1-11. Disponible en: <https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El+nitrogeno+del+suelo+2019.pdf?t=1563476239>.

CALVO, V.P., REYMUNDO, M. y ZÚÑIGA, D., *Ecología Aplicada* Diversidad microbiana. [en línea], vol. 7, no. 1. [Consulta: 8 julio 2021]. ISSN 1726-2216. Disponible en: <http://www.scielo.org/pe/pdf/ecol/v7n1-2/a17v7n1-2.pdf>.

CAMACHO, M., Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Revista Anales*, vol. 1, no. 372, pp. 77-92. ISSN 1390-7891. DOI 10.29166/anales.v1i372.1241.

CAMILO, J., SALAZAR, R., GÓMEZ, M., CARLOS, E., et. al. *Fertilidad de suelo*. [en línea], pp. 6-8. [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/587/1/032.pdf>.

CASTRO, M., *Ciclo del potasio: concepto, etapas e importancia*. [en línea]. Ecuador, 2020 [Consulta: 6 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/ciclo-del-potasio/>.

COLA, J., PROAÑO, M. & SUAREZ, D., *Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: Estudio de caso en la subcuenca del Río San Pedro cantón Mejía*, 2017. Disponible en: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/010047425.pdf.

CONOMA, La rizosfera: un «criptoecosistema» vital. Aspectos básicos y aplicados. [en línea]. San Pablo, 2012 [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: <http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama11/CT2010/1896700116.pdf>.

CUNALARA, C., Cuantificación de Carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Schobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo. [en línea]. Trabajo de Titulación,

Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la ESPOCH. Riobamba - Ecuador. 2012. pp. 54-55 [Consulta: 8 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2012/1/236T0065.pdf>

DELGADO, M.H., *Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. | Orius Biotech | Soluciones para la producción agropecuaria sostenible.* [en línea]. Ecuador - 2019 [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrición_vegetal.

DIAZ, M., NAVARRETE, J. & SUAREZ, T., Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, n°.22 Bogotá Julio/Diciembre. 2005

ECURED, Microorganismos del Suelo - EcuRed. [en línea]. Ecuador, 2018 [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Microorganismos_del_Suelo.

EMILIA, L., RINCÓN, C., ANCÍZAR, F. & GUTIÉRREZ, A., *Colomb. Biotecnol.* Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *Rev.* [en línea], no. 1, pp. 285-295. [Consulta: 5 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a26.pdf>.

ESPINOZA, V., Diseño de un modelo de gestión sostenible para la prevención de incendios forestales en Plantaciones de pino en la comunidad de Ganquis Provincia de Chimborazo [en línea]. Trabajo de Titulación Magíster en formulación, evaluación y gerencia de proyectos para el desarrollo Riobamba : ESPOCH. Riobamba - Ecuador, 2017. pp.40 - 41 [Consulta: 7 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7819/1/20T00933.pdf>.

FAO, Guía para la descripción de suelos. [en línea], pp. 26-31. [Consulta: 6 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0541s/A0541S.pdf>.

FAO, 2020a. *Mejora de la fertilidad del suelo: optimizar el rendimiento de los cultivos mediante técnicas nucleares e isotópicas | OIEA.* [en línea]. [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>.

FAO, 2020b. Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020].

Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

FAO, 2020c. *Propiedades Químicas Y Físicas* / Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

FERNÁNDEZ, T., *Icidca*. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. [en línea], vol. 9, no. 2, pp. 51-57. [Consulta: 11 diciembre 2020]. ISSN 0138-6204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>.

FERTIBOX, Microorganismos del suelo. [en línea]. [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/microbiologia-agricola>.

GAMARRA, C., Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 46, pp. 19.

GAMARRA, C., DÍAZ LEZCANO, M.I., VERA DE ORTÍZ, M., GALEANO, M.D.P. & CABRERA CARDÚS, A.J.N., *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. [en línea], vol. 9, no. 46, pp. 4-25. [Consulta: 20 julio 2021]. DOI 10.29298/RMCF.V9I46.134. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323821988_Relacion_carbononitrogeno_en_suelos_de_sistemas_silvopastoriles_del_Chaco_paraguayo.

GLOBE, Protocolo de Temperatura del Suelo Objetivo General. [en línea], pp. 2-3. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolo+de+Temperatura+del+Suelo/f7bf6f08-2779-4250-ae41-74e61c1fca38>.

HERBER, L., *Conductividad Eléctrica aparente como herramienta para delimitar Zonas de Manejo Sitio Específico en Maíz (Zea mays) en la Provincia de Corrientes*. S.l.: Universidad Nacional de la Plata.

HERRERA, H., Páramos = agua = vida | Interamerican Association for Environmental Defense (AIDA). [en línea]. [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: <https://aida-americas.org/es/blog/páramos-agua-vida>.

HERRERA, J., *Caracterización del Suelo del Páramo en Relación al Carbono Orgánico Total Almacenado en la Comunidad Huacona San Isidro, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo.* S.l.: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

IBAÑEZ, J., Clasificación de los Organismos del Suelo por Tamaños | Un Universo invisible bajo nuestros pies. [en línea]. [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011>.

ILBAÑEZ, A., MANUEL, J., RAMÓN, M. & BLANQUER, G., La textura de un suelo. [en línea], [Consulta: 30 septiembre 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.

INAMHI, Red de Estaciones Automáticas | INAMHI. [en línea]. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>.

INFOAGRO, Humedad del suelo – InfoAgro. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://infoagro.com.ar/humedad-del-suelo/>.

INIA, La Biodiversidad del suelo. [en línea]. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara_186.pdf.

INTAGRI, La Dinámica del Potasio (K) en el Suelo | Intagri S.C. [en línea]. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-dinamica-del-potasio-en-el-suelo>.

INTAGRI, La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos | Intagri S.C. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>.

JARAMILLO, D., Introducción a la ciencia del suelo. [en línea], pp. 32-595. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

JAURIXJE, M., TORRES, D., MENDOZA, B., HENRÍQUEZ, M. & CONTRERAS, J., *Biaogro*. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de quíbor, estado lara.

JUÁRES, V., *Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira- Piur*. S.l.: Universidad Nacional de Piura.

JULCA, ALBERTO; MENESES, L., *La materia organica, importancia, experiencia de su uso en la agricultura*. Idesia (Arica), vol. 24, no. 1, pp. 49-61.

JULCA, A., MENESES, L. & BLAS, R., *La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura*. Idesia (Arica) [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-55. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/s0718-34292006000100009. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834292006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

LIFEDER, Ciclo del potasio: concepto, etapas e importancia. [en línea]. [Consulta: 6 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/ciclo-del-potasio/>.

LLAMBÍ, L.D., SOTO-W, A., CÉLLERI, R., DE BIEVRE, B., OCHOA, B. & BORJA, P., Páramos Andinos Ecología, hidrología y suelos de páramos Proyecto Páramo Andino Agosto 2012. [en línea], [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>.

LOOR, J. & ZAMBRANO, A., *Universidad de Guayaquil Facultad de Ingeniería Química* [en línea]. Guayaquil : Universidad de Guayaquil. [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14886/1/TESIS_Gs.135 - Estudio del mortío%2C beneficios%2C y aplicación en la Repostería.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14886/1/TESIS_Gs.135_-_Estudio_del_morti%C3%B1o_beneficios_y_aplicaci%C3%B3n_en_la_Reposter%C3%ADa.pdf).

MARÍN, B., *Comportamiento de la microbiota fúngica y bacteriana en el suelo arenado de un cultivo bajo plástico en almería*. Dpto. Producción Vegetal. Universidad de Almería, vol. 4, no. 3, pp. 1-14.

MARÍN, G., MORALES, C., RESTREPO, B., MONTES, A., et. al. Propiedades físicas y químicas del suelo: Edafología. [en línea]. Primera. Caldas: [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>.

MARTINEZ, J., “*Régimen de humedad del suelo de páramo y su relación con las prácticas socioculturales de manejo ante la variabilidad climática*”. Universidad Técnica de Cotopaxi, no. Latacunga.

MASS, J.M. & MARTÍNEZ YRÍZAR, A., *Ecosistemas* Concepto De Ecosistema.Pdf. [en línea]. Mexico: s.n., pp. 11-12. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/cns/espno04/CNSE0403.pdf>.

MENA, P., MEDINA, G. & HOSFSTEDE, R., Los páramos del ecuador. [en línea]. Quito: [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena et al. \(Eds.\). 2001.Paramos Ecuador PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESNTACION.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%20-%20BHOJA%20BTECNICA%20BY%20PRESENTACION.pdf).

MORENO, RAMÓN, HECMORA, H., BLANQUER, G. & MANUEL, J., *El color del suelo*. [en línea]. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color del suelo.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf).

MOROCHO, C. & CHUNCHO, G., Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión | Bosques Latitud Cero. *Paramos del Ecuador* [en línea], vol. 9, no. 2. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/686>.

MOSQUERA, F., *Variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en un valle del Mantaro*. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina.

MURIEL, P., *Enciclopedia de las plantas Útiles del Ecuador*. La diversidad de ecosistemas en el Ecuador. [en línea]. Quito: [Consulta: 4 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.ecotec.edu.ec/documentacion/investigaciones/docentes_y_directivos/articulos/5453_TRECALDE_00098.pdf.

PEREZ, E., *Micropagacion y biotización de jobo mediante bacterias endofitas promotoras de crecimiento vegetal*. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 3 diciembre 2021]. Disponible en: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/417/1/perez_e.pdf.

PÉREZ, J. & FLORES, S., *Colección y caracterización morfológica in situ del mortiño (Vaccinium floribundum Kunt) en la sierra norte de Ecuador* [en línea]. Quito, 2007. [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2585/1/T-ESPE-IASA I-003248.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2585/1/T-ESPE-IASA%20I-003248.pdf).

PEREZ, J. y GARDEY, A., Definición de baya - Qué es, Significado y Concepto. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://definicion.de/baya/>.

PÉREZ, J. y MERINO, M., Definición de biocenosis - Qué es, Significado y Concepto. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://definicion.de/biocenosis/>.

PÉREZ, L., Taxonomía Cultivo de Mortiño . *Revista de Estudios Sociales* [en línea], no. 10, pp. 124-124. [Consulta: 4 diciembre 2020]. ISSN 0123-885X. DOI 10.7440/res10.2001.15. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7440/res10.2001.15>.

RADULOVICH, R., *Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo.* *Agronomía Costarricense* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 121-124. [Consulta: 20 julio 2021]. ISSN 0377-9424. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43612054010>.

RAMIREZ, C DUARTE, C GALEANO, J., Estudio de suelos y su relación con las plantas en el páramo el verjón ubicado en el municipio de choachí cundinamarca. ,

RAMÍREZ, R., *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos.* [en línea]. S.l.: [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>.

ROJAS, J. & PEÑA, S., *Densidad Aparate del suelo .* [en línea].Ecuador, 2012 [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf.

ROJAS, L., *No Title Caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno y su relación con suelos agrícolas en el distrito de riego de repelón, departamento del atlántic.* S.l.: Univerisdad de la Costa.

ROLDÁN, L., *Ecosistema natural: Qué es, Características y Ejemplos.* [en línea]. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/ecosistema-natural-que-es-caracteristicas-y-ejemplos-2662.html>.

SANTAMARÍA & COBA, *La granja.* *Revista de Ciencias de la Vida.* [en línea], vol. 16, no. 2, pp. 5-13. [Consulta: 3 diciembre 2020]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047400002>.

VALERO, S.G., Ministerio de agricultura pesca y alimentacion secretaria general de estructuras agrarias. [en línea], pp. 23-24. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf.

VARGAS, C., Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de Pinus radiata en Acosa, Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Trabajo de Titulación, Ingeniería de la ESPOCH. Riobamba - Ecuador. 2012, pp. 28-30 [Consulta: 8 diciembre 2020]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2216/1/33TO106.pdf.d>

ANEXOS

ANEXO A: FOTOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE TRABAJO EN CAMPO.

TRABAJOS REALIZADOS EN LA FASE DE CAMPO



Fotografía 1: Reconocimiento de la zona de muestreo en la Páramo Ganquis parroquia de San Juan



Fotografía 2: Obtención de muestras de Ganquis.



Fotografía 3: Reconocimiento de la zona de muestreo en la Páramo Cubillín



Fotografía 4: Obtención de muestras de Cubillín

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DE VERIFICACIÓN DE TRABAJO EN LABORATORIO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICAS.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICAS REALIZADOS EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE GANQUIS Y CUBILLÍN



Fotografía 5: pesar 10g de suelo.



Fotografía 6: colocar en un vaso de precipitación la muestra de suelo.



Fotografía 7: calentar y agitar sobre un mechero durante 5 min.



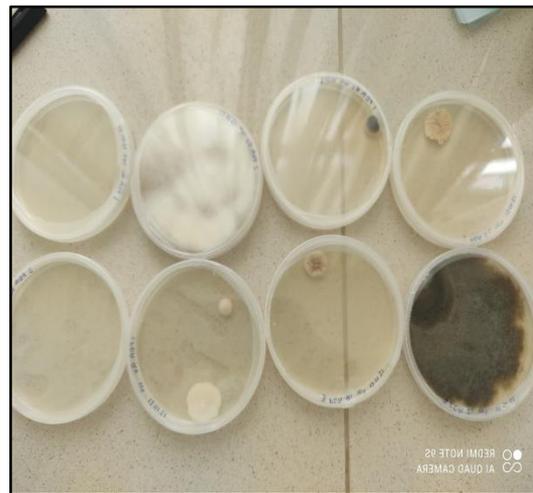
Fotografía 8: introducir en la autoclave.



Fotografías 9 y 10: Para determinar la presencia microbiana se utilizó el método de dilución, para ello se pesaron 10 gramos suelo de cada uno de las dos zonas en estudio, posteriormente se colocaron en un frasco de boca ancha y se añadió 90 ml de agua destilada previamente esterilizada, la suspensión de suelo preparada se agitó por 20 minutos. Una vez transcurrido el tiempo necesario se prepararon las diluciones hasta llegar 1/10³. Cien microlitros de las diluciones 1/10³ respectivamente fueron colocados y extendido con una aza en cajas Petri con dos medios de cultivo, los cuales son Potato Dextrosa Agar (Agar más cloranfenicol donde crecen hongos) y Agar nutritivo (donde crecen bacterias), con tres repeticiones para cada muestra, luego se colocaron en un contenedor a temperatura de 20°C.



Fotografía 11: Presencia de un alto contenido de bacterias en las cajas petris.



Fotografía 12: Presencia de un alto contenido de hongos en las cajas petris.

ANEXO C: PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE GANQUIS.

PHYLUM/DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Bacteroidetes /Chlorobi	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Chryseobacterium	<i>Chryseobacterium spp.</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	<i>Flavobacterium spp.</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Sphingobacteriia	Sphingobacteriales	Sphingobacteriaceae	Mucilaginibacter	<i>Mucilaginibacter spp.</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Sphingobacteriia	Sphingobacteriales	Sphingobacteriaceae	Pedobacter	<i>P. luteus</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	Brevundimonas	<i>Brevundimonas spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	Caulobacter	<i>Caulobacter spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Bradyrhizobiaceae	Bradyrhizobium	<i>Bradyrhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Hyphomicrobiaceae	Devosia	<i>Devosia spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Phyllobacteriaceae	Mesorhizobium	<i>Mesorhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Rhizobium	<i>Rhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Variovorax	<i>Variovorax spp.</i>
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonaceae	Pseudomonas	<i>Pseudomonas spp.</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Propionibacteriales	Nocardioidaceae	Nocardioides	<i>Nocardioides spp.</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Streptomycetales	Streptomycetaceae	Streptomyces	<i>Streptomyces spp.</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus	<i>Paenibacillus spp.</i>

ANEXO D: PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE CUBILLÍN.

PHYLUM/DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Bacteroidetes /Chlorobi	Chitinophagia	Chitinophagales	Chitinophagaceae	Panacibacter	<i>P. ginsenosidivorans</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Chitinophagia	Chitinophagales	Chitinophagaceae	Sediminibacterium	<i>S. goheungense</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Chryseobacterium	<i>Chryseobacterium spp.</i>
Bacteroidetes /Chlorobi	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	<i>F. olei</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Beijerinckiaceae	Methylocella	<i>M. silvestris</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Beijerinckiaceae	Methylocapsa	<i>M. palsarum</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Bradyrhizobiaceae	Bradyrhizobium	<i>Bradyrhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Hyphomicrobiaceae	Devosia	<i>D. insulae</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Hyphomicrobiaceae	Hyphomicrobium	<i>H. vulgare</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Methylobacteriaceae	Methylobacterium	<i>M. radiotolerans</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Methylobacteriaceae	Methylobacterium	<i>M. soli</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Methylobacteriaceae	Microvirga	<i>M. aerilata</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Phyllobacteriaceae	Mesorhizobium	<i>Mesorhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Phyllobacteriaceae	Phyllobacterium	<i>P. bourgognense</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Phyllobacteriaceae	Phyllobacterium	<i>P. myrsinacearum</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Rhizobium	<i>Rhizobium spp.</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Sinorhizobium	<i>S. americanum</i>
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Xanthobacteraceae	Ladrys	<i>L. methylaminiphilus</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Caballeronia	<i>Caballeronia spp.</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Paraburkholderia	<i>Paraburkholderia spp.</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Variovorax	<i>Variovorax spp.</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Oxalobacteraceae	Collimonas	<i>C. pratensis</i>
Proteobacteria	Betaproteobacteria	Burkholderiales		Rhizobacter	<i>R. profundi</i>
Proteobacteria	Deltaproteobacteria	Myxococcales	Polyangiaceae	Aetherobacter	<i>A. rufus</i>
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonaceae	Pseudomonas	<i>Pseudomonas spp.</i>
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Rhodanobacteraceae	Luteibacter	<i>L. rhizovicinus</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Corynebacteriales	Nocardiaceae	Rhodococcus	<i>R. erythropolis</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Frankiales	Frankiaceae	Frankia	<i>F. saprophytica</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Micrococcales	Microbacteriaceae	Curtobacterium	<i>C. citreum</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Propionibacteriales	Nocardioidaceae	Nocardioides	<i>N. mesophilus</i>

Actinobacteria	Actinobacteria	Streptomycetales	Streptomycetaceae	Streptomyces	<i>Streptomyces spp.</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Streptosporangiales	Streptosporangiaceae	Microbispora	<i>M. corallina</i>
Actinobacteria	Actinobacteria	Streptosporangiales	Streptosporangiaceae	Streptosporangium	<i>S. roseum</i>
Cyanobacteria/ Melainabacteria	Cyanobacteria	Nostocales	Nostocaceae	Nostoc	<i>N. punctiforme</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Brevibacterium	<i>B. frigoritolerans</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	<i>Bacillus spp.</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Psychrobacillus	<i>P. soli</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus	<i>Paenibacillus spp.</i>
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Planococcaceae	Sporosarcina	<i>S. saromensis</i>

ANEXO E: PERFIL TAXONÓMICO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE GANQUIS.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Glomeromycota	Archaeosporomycetes	Ambisporales	Ambisporaceae	Ambispora	<i>Ambispora leptoticha</i>
	Glomeromycetes	Diversisporales	Acaulosporaceae	Acaulospora	<i>Acaulospora brasiliensis</i>
		Glomerales	Claroideoglomeraceae	Claroideoglomus	<i>Claroideoglomus claroideum</i>
			Glomeraceae	Rhizophagus	<i>Rhizophagus intraradices,</i> <i>Rhizophagus irregularis</i>
			Glomus	<i>Glomus archaeospora, Glomus sp.</i>	

ANEXO F: PERFIL TAXONÓMICO DE HONGOS BENÉFICAS PARA LAS PLANTAS ENCONTRADAS EN EL PÁRAMO DE CUBILLÍN.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Mucoromycota	Mucoromycetes	Mucorales	Mucoraceae	Mucor	<i>Mucor racemosus</i>
	Mortierellomycetes	Mortierellales	Mortierellaceae	Mortierella	<i>Mortierella amoeboidea</i> <i>Mortierella calciphila</i> <i>Mortierella fimbriocystis</i> <i>Mortierella gamsii</i> <i>Mortierella globalpina</i> <i>Mortierella globulifera</i> <i>Mortierella hortícola</i> <i>Mortierella humilis</i> <i>Mortierella minutissima</i> <i>Mortierella rishiksha</i> <i>Mortierella schmuckeri</i> <i>Mortierella sclerotiella</i> <i>Mortierella zychae</i> <i>Mortierella sp.</i>
Glomeromycota	Glomeromycetes	Diversisporales	Acaulosporaceae	Acaulospora	<i>Acaulospora brasiliensis</i>
		Glomerales	Glomeraceae	Glomus	<i>Glomus sp.</i>

ANEXO G: ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO REALIZADOS EN LABORATORIO.

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO REALIZADOS EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE GANQUIS Y CUBILLÍN



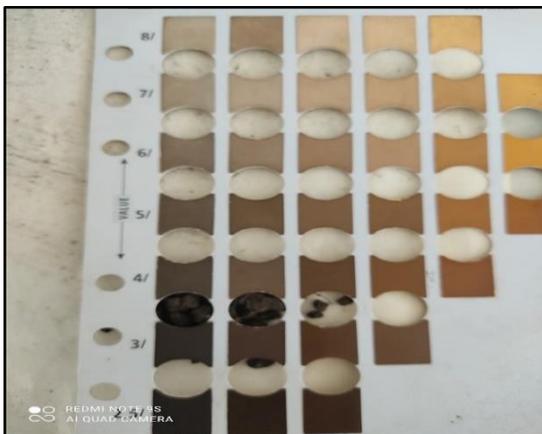
Fotografía 13: Secado de las muestras del suelo.



Fotografía 14: determinación de textura del suelo en laboratorio



Fotografía 15: determinación de estructura del suelo.



Fotografía 16: determinación de color del suelo.



Fotografía 17: determinación de Humedad suelo.



Fotografía 18: determinación de Materia Orgánica del suelo.



Fotografía 19: determinación de pH del suelo.



Fotografía 20: determinación de CE del suelo.



Fotografía 21: determinación de Nitrógeno del suelo.



ANEXO H: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES DE PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.

Número	Indicadores Físicos	Páramo Ganquis		Páramo Cubillín	
1	Estructura	Granular		Granular	
2	Textura	Franco Arenoso		Franco Arenoso	
3	Color	Muestra seca	Muestra Húmeda	Muestra seca	Muestra Húmeda
		Marrón grisáceo muy oscuro	Gris muy oscuro	Marrón muy oscuro	Gris muy oscuro
4	Densidad aparente (g/cm ³)	1,3		1,27	
5	Temperatura (°C)	7,5		8,5	
6	Humedad (%)	40,3		49,27	

ANEXO I: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES DE PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.

Número	Indicadores Químicos	Páramo Ganquis	Páramo Cubillín
1	pH del suelo	5,7	5,63
2	Conductividad Eléctrica CE (μS/cm)	94,11	119,88
3	Materia Orgánica MO (%)	4,8	6,6
4	Carbono Orgánico CO (%)	2,77	3,84
5	Capacidad de Intercambio Catiónico CIC (meq/100 g)	11,32	14,85
6	Nitrógeno Asimilable (ppm)	22,65	94,33
7	Nitrógeno Total (%)	0,58	0,38
8	Fósforo P (mg/kg)	7,8	9,03
9	Potasio K (cmol/kg)	0,37	0,32
10	Relación C/N (%)	8,27	17,83

ANEXO J: CONTENIDO EN PHYLUM DE BACTERIAS BENÉFICOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE *V. FLORIBUNDUM* EN LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.

Número	Perfil taxonómico	Páramo Ganquis	Páramo Cubillín
1	<i>Bacteroidetes /Chlorobi (%)</i>	26,67	10,26
2	<i>Proteobacteria (%)</i>	53,3	56,4
3	<i>Actinobacteria (%)</i>	13,33	17,95
4	<i>Firmicutes (%)</i>	6,67	12,82
5	<i>Cyanobacteria/ Melainabacteria (%)</i>		2,56

ANEXO K: CONTENIDO EN PHYLUM DE HONGOS BENÉFICOS ASOCIADOS A LA RIZOSFERA DE *V. FLORIBUNDUM* EN LOS PÁRAMOS DE GANQUIS Y CUBILLÍN.

Número	Perfil taxonómico	Páramo Ganquis	Páramo Cubillín
1	<i>Mucoromycota (%)</i>		88,24
2	<i>Glomeromycota (%)</i>	100	11,76