



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2505>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo 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

Characterization of Soils Associated with the Rhizosphere of Mortiño (*Vaccinium Floribundum* Kunth) in the Ganquis and Cubillín Paramos of the Chimborazo Province

Caracterização dos Solos Associados à Rizosfera de Mortiño (*Vaccinium Floribundum* Kunth) nos Ganquis e Cubillín Paramos da Província de Chimborazo

José Franklin Arcos-Torres ^I

jarcos@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6465-3751>

Norma Soledad Erazo-Sandoval ^{II}

nerazo@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5933-4628>

Freddy Edison Quishpe-Quishpi ^{III}

freddy.quishpe@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6706-6720>

Correspondencia: jarcos@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 10 de diciembre de 2021 ***Aceptado:** 30 de diciembre de 2021 *** Publicado:** 24 de enero de 2022

- I. Magister en Proyectos de Desarrollo e Inversiones Rurales, Ingeniero Agrónomo, Docente Titular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Master en Ciencias, Mención Agricultura Sustentable, Ingeniera Agrónoma, Docente Titular, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Egresado carrera de Agronomía. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

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. Este estudio se realizó en los laboratorios (GIDAC), de la Facultad de Ciencias; laboratorio de Suelos y laboratorio de Ciencias Biológicas de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH mediante metodologías establecidas para el efecto. 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 las propiedades físicas en las dos localidades manifiestan similitud en lo referente a textura franco arenoso, estructura granular, color gris muy oscuro en húmedo, marrón grisáceo muy oscuro en seco y temperatura, difiere en densidad aparente y humedad. Las propiedades químicas del suelo de Ganquis difieren con las de Cubillín en: materia orgánica, carbón orgánico, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno asimilable, nitrógeno total y R C/N. Los páramos de Cubillín, presentan características fisicoquímicas que promueven mayor diversidad microbiana, el análisis metagenómico revela la presencia de: 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 de mortiño en el páramo de Cubillín determinó la presencia de: Proteobacterias 56,4%; Actinobacterias 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.

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.

Resumo

Os solos associados à rizosfera mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) foram caracterizados quanto às propriedades físicas, químicas e microbiológicas nos mouros de Ganquis e Cubillín da província de Chimborazo. Este estudo foi realizado nos laboratórios (GIDAC), da Faculdade de Ciências; Laboratório de Solos e Laboratório de Ciências Biológicas da Faculdade de Recursos Naturais da ESPOCH através de metodologias estabelecidas para este fim. Para a análise estatística, aplicou-se o delineamento de blocos completos casualizados (DBCA), com dois tratamentos (localidades) e três repetições, utilizando-se ANOVA, o coeficiente de variação e o teste TUKEY

a 5% foram determinados quando houve diferenças significativas entre as localidades. As análises das propriedades físicas nas duas localidades mostram semelhança em termos de textura franco-arenosa, estrutura granular, coloração cinza muito escura quando úmida, marrom acinzentado muito escuro quando seca e temperatura, diferindo em densidade aparente e umidade. As propriedades químicas do solo Ganquis diferem das de Cubillín em: matéria orgânica, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica, nitrogênio assimilável, nitrogênio total e RC/N. Os pântanos de Cubillín possuem características físico-químicas que promovem maior diversidade microbiana, a análise metagenômica revela a presença de: 5 filos, 25 famílias, 37 gêneros e 39 espécies de bactérias benéficas e 2 filos, 4 famílias, 4 gêneros e 17 espécies de fungos benéficos. No páramo Ganquis foram registrados: 4 Filo, 12 famílias, 15 gêneros, 15 espécies de bactérias benéficas e 1 Filo, 4 famílias, 5 gêneros e 5 espécies de fungos benéficos. Os solos da rizosfera mortiño no páramo de Cubillín determinaram a presença de: Proteobacteria 56,4%; Actinobactérias 17,95%; Firmicula 12,82%; Bacteroides 10,26% e Cianobactérias 2,56%. Recomenda-se a realização de estudos de caracterização físico-química do solo de charnecas em áreas não perturbadas a diferentes profundidades e a identificação das populações microbiológicas.

Palavras-chave: Solos Asociados; Mirtilo (*Vaccinium Floribundum* Kunth); Nós paramos; Rizosfera; Populações Microbianas; Metagenômico.

Introducción

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional. En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total ya que sus suelos típicamente son muy negros y húmedos. En los páramos ecuatorianos actividades humanas han ocasionado la destrucción del bosque natural en un 90% y cada año aumenta en un 2% (Hofstede et al., 1998; Díaz et al., 2005). Debido a las acciones provocadas por los seres humanos, gran parte de la superficie de los páramos se van perdiendo ya que se expanden las actividades agrícolas, ganaderas y forestales (Giné & Galarraga, 2015). El Páramo es un ecosistema "tropical de altura" (Astudillo y otros, 2000) rico en biodiversidad, espacio de vida de muchas plantas, especies, genes, con gran diversidad de paisajes. Alberga a muchas comunidades, las cuales lo utilizan como espacio de vida para actividades productivas de

tipo agropecuario, y como generador de agua de la cual dependen las poblaciones tanto para el consumo como para el riego.

El mortiño es una planta nativa de los páramos andinos en su mayoría distribuida en Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela entre 1.400 y 4.350 msnm. Se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas que fluctúan entre 8 y 16 °C (Luteyn y Pedraza-Penalosa, 2012). El género *Vaccinium* es un frutal perenne de la familia de las Ericáceas que comprenden 450 especies (Llerena et al., 2014; Hurkova et al., 2019). Las especies silvestre de *Vaccinium* se encuentran en el neotrópico y distribuidas en los páramos de los Andes de América del Sur (Coba-Santamaría et al., 2012, Chamorro & Nates, 2015). En Ecuador, *V. floribundum* se encuentra entre los 2800 hasta los 4000 msnm (Racines-Oliva et al., 2016). El fruto puede ser consumido en fresco y es empleado en la elaboración de jugos, mermeladas, jaleas y gastronomía en general (Coba et al., 2012). Posee un gran potencial agroindustrial por sus propiedades físico-químicas. El mortiño puede ser refrigerado sin alteración de sus características organolépticas y nutricionales, ni variaciones en peso y volumen. Esto facilita la elaboración de productos con valor agregado, incluso fuera de las épocas de cosecha (Coba et al., 2012).

Estas especies crecen y desarrollan entre los 1500 y 4700 m.s.n.m., en temperaturas que oscila entre 3 y 17 °C, suelos ácidos con un pH entre 4 y 5, y la presencia de microorganismos benéficos que permiten la buena adaptación de los cultivos (Camacho, 2013; Cobo et al., 2016; Ormazábal et al., 2020). La composición de los suelos de páramo varía según la altitud, temperatura y humedad relativa del aire. Estos factores modifican el contenido de materia orgánica, cenizas, agua y nutrientes del suelo (Podwojewski & Poulénard, 2000).

Los microorganismos benéficos tienen diversas funciones en las plantas, que varían según los factores bióticos y abióticos presentes (Cano, 2011). Los microorganismos benéficos se encuentran en una constante interacción con otros organismos, lo que genera un ecosistema con un ambiente equilibrado y con una amplia biodiversidad (Piepenbring et al., 2016). Existen dos clases de microorganismos que favorecen el desarrollo de los cultivos: las rizobacterias y los hongos. Las rizobacterias generan simbiosis en las raíces de las plantas, tales como el *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* (Moreno et al., 2018). Los microorganismos de la rizosfera mejoran la estructura del suelo, ya que incrementan la disponibilidad de nutrientes como el fósforo y nitrógeno, minerales que están asociados con el crecimiento, desarrollo vegetal (Pedraza et al.,

2010). De igual manera, estos microorganismos aumentan la protección contra factores abióticos como la salinidad y el exceso de metales pesados, que limitan el desarrollo de las actividades fisiológicas y bioquímicas de la planta (Prieto et al., 2010).

En la rizosfera se generan procesos de intercambio catiónico, absorción de nutrientes y producción de exudados por parte de la raíz (Reyes, 2011; Marrero et al 2015). En el caso de plantas del género *Vaccinium*, cuando estas se desarrollan, liberan exudados por las raíces que hacen que la rizosfera sea rica en nutrientes (Prashar et al., 2013) y posea una alta cantidad de microorganismos que forman parte de procesos críticos de la fisiología y la morfogénesis de la planta. Estos nutrientes mejoran el crecimiento del cultivo y brindan protección contra microorganismos patogénicos, ya que benefician la estructura del suelo y la tolerancia a las toxinas (Jiang et al., 2017).

La constante inquietud por una mejor calidad de vida con una clara conciencia del sentido de ingesta de alimentos sanos ha estimulado la demanda por el consumo de productos naturales, limita entender la funcionalidad de esos ecosistemas y sus potenciales aplicaciones para la propagación del mortiño, al no contar con información actualizada se plantea alcanzar los siguientes objetivos: Determinar las características físicas y químicas del suelo asociado con la rizosfera de mortiño; y, Determinar la diversidad microbiana en los suelos asociados con la rizosfera del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), por tal razón se propone la presente 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”.

¿Influyen las propiedades físicas, químicas y biológicas en los suelos asociados con la rizosfera de mortiño *Vaccinium floribundum* Kunth, en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo?

Metodología

La caracterización de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) se realizó en los páramos de Ganquis ubicada en la parroquia San Juan- cantón Riobamba en las coordenadas 01°34'00.2''S, 78°51'35''W, altitud: 3857 msnm., y en Cubillín ubicado en la parroquia Chambo, cantón Chambo en las coordenadas 01°45'19.5''S, 78°31'20.2''W, altitud: 3500 msnm., ambos en la provincia de Chimborazo.

Se aplicó el siguiente proceso metodológico: Las áreas seleccionadas en las dos zonas de estudio involucró suelos de la rizosfera del mortiño (*Vaccinium floribundum*), se identificaron tres transectos de 10 x 10 m., con un área de 100 m² cada uno, se realizó la georreferenciación de los sitios mediante un GPS para registrar sus coordenadas. En cada transecto, las muestras se recolectaron al azar con un barreno a una profundidad de 0 a 20 cm del horizonte A (rizosfera), se tomaron 10 submuestras se homogenizó y se consideró como la muestra compuesta, fueron colocadas en fundas herméticas ziploc con una masa de 1.0 Kg, etiquetadas y llevadas al laboratorio; se almacenaron a temperatura ambiente, después se preparó para los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos.

De acuerdo a la “Guía para la Descripción de Suelos” de la FAO (2009), se caracterizó los siguientes parámetros físicos: estructura, textura, color, densidad aparente, temperatura y humedad. La estructura del suelo se determinó mediante observación directa, las muestras de suelo (Ped) fueron colocadas en cajas Petri donde se pudo apreciar la forma, tamaño y disposición de los agregados. Para valorar la clase textural se utilizó el método de Bouyoucos (densímetro) (Jaramillo 2002). El color del suelo se determinó por comparación directa de las muestras con las notaciones para matiz, valor y croma establecidos en la tabla de colores Munsell se registró el código para muestras en estado húmedo y seco. Para determinar la densidad aparente del suelo se aplicó el método del cilindro y se expresó en Mg.m⁻³. Con la ayuda de un termómetro se registró la temperatura del suelo y se expresó en grados Celsius (°C). La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico y se expresó en porcentaje (%).

Los parámetros químicos como: pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno asimilable, fósforo asimilable, potasio, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno. Para determinar el pH del suelo se aplicó el método potenciométrico (Beretta, Bassahum y Musselli 2014). La conductividad eléctrica fue determinada mediante el método de pasta saturada utilizando el conductímetro y se expresó en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FAO, 2020). La materia orgánica se cuantificó por el método Lost-Ignition o pérdida por ignición o calcinación y se expresó en porcentaje (%) (Chambers, Beilman y Yu 2011; Isaza et al., 2009). El contenido de carbón orgánico se determinó a partir del contenido de materia orgánica utilizando el factor de conversión de 0,58 y se expresó en porcentaje (considerando que 58% corresponde al carbono en los restos orgánicos, según Van Benmelen). La capacidad de

intercambio catiónico se determinó mediante la presencia de coloides en el suelo como arcillas y carbón orgánico sus resultados fueron presentados en meq/100g de suelo (Jaramillo 2002). Los contenidos de nitrógeno y fósforo asimilables fueron valorados por el método Olsen modificado utilizando el espectrofotómetro y se expresaron en mg. L⁻¹; para valorar el potasio se utilizó el método Olsen modificado por espectrofotometría de absorción atómica y se expresó en cmol/Kg. Para determinar el nitrógeno total en suelos se utilizó el método de Kjeldahl y se expresó en porcentaje (%). La relación C/N se obtuvo al comparar los valores de nitrógeno total y carbón orgánico en cada muestra en estudio.

Para establecer la diversidad microbiana de bacterias y hongos se utilizó el método de dilución y se expresó en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (ufc/g). El análisis metagenómico se realizó mediante el método de 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). Las secuencias finales fueron identificadas mediante BLAST con un índice de identidad del 97% para hongos y 99% para bacterias.

Para la interpretación de los resultados fueron creadas tablas con las principales características físicas, químicas y microbiológicas, utilizando una estadística descriptiva. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con dos localidades y tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), se determinó el coeficiente de variación, cuando presentaron diferencias significativas entre localidades se aplicó la prueba de Tukey al 5%. Para el análisis se utilizó el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Resultados

En la caracterización física de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, se obtuvieron los siguientes resultados: La estructura que presentan los suelos a nivel de la rizosfera en los páramos es de tipo granular. La clase textural corresponde a franco arenoso. El color del suelo en estado húmedo presenta un código (10YR 3/1) corresponde al color gris muy oscuro; mientras que, el color del suelo en estado seco en el páramo de Ganquis presentó un código (10YR 3/2) que pertenece a marrón grisáceo muy oscuro y en la zona de Cubillín el código fue (10YR 2/2)

que corresponde a marrón muy oscuro. Al determinar la densidad aparente, el análisis de varianza presentó diferencias significativas para el suelo del páramo de Ganquis con un valor de $1,3 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, frente a $1,27 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ para el suelo de Cubillín. La temperatura registró valores de 7 a 8 °C en el páramo de Ganquis que se encuentra a una altitud de 3500 msnm y Cubillín registró temperatura de 7 a 10°C a una altitud de 3857msnm. La humedad del suelo en el páramo de Cubillín presentó diferencia significativa con el 49,27% frente al suelo del páramo de Ganquis que alcanzó el 40,3%; los resultados alcanzados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización física de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín, provincia de Chimborazo.

Localidad	Estructura	Clase Textural	Color en húmedo	Color en Seco	Temperatura °C	Densidad aparente Mg/m^3	% Humedad
Ganquis	Granular	Franco arenoso	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	7 - 8	1,3 ^a	40,3 ^b
Cubillín	Granular	Franco arenoso	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/2 Marrón muy oscuro	7 - 10	1,27 ^b	49, 27 ^a

Los resultados en los análisis químicos fueron: El pH del suelo analizado en agua destilada con una relación de 2,5:1 no presentó diferencias significativas y se obtuvo valores promedios de 5,7 para el páramo de Ganquis y 5,63 para el suelo de páramo de Cubillín, interpretados como medianamente ácidos (Valero, 1993: p.23). La conductividad eléctrica (CE) del suelo no presentó diferencias significativas con valores promedios de 94,11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el páramo de Ganquis y 119,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el suelo de Cubillín y se interpretan como no salinos (Agrolab, 2005). El contenido de materia orgánica presentó diferencias significativas con valores de 6,60 % para el suelo de páramo de Cubillín, frente a 4,80% para el páramo de Ganquis, con un nivel de fertilidad de muy altos (Agrolab, 2005). El contenido de carbón orgánico presentó diferencias altamente significativas con valores de 3,84% para el páramo de Cubillín y 2,77% para el páramo de Ganquis. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) presentó diferencias significativas para localidades con un valor de 14,85 meq/100g para el páramo de Cubillín y 11,32 meq/100g para el páramo de Ganquis, se interpretan como nivel normal de fertilidad. El contenido de nitrógeno asimilable

presentó diferencias altamente significativas para localidades con contenido de 94,33 ppm para el suelo de Cubillín se interpreta en exceso y 22,65 ppm para el páramo de Ganquis considerado como adecuado. El contenido de fósforo asimilable no presentó diferencias significativas para localidades sus valores promedios van de 7,8 a 9,03 ppm o mg/Kg de suelo se interpretan como niveles bajo. El contenido de potasio aprovechable no presentó diferencias significativas para localidades con valores de 0,37 a 0,32 cmol/Kg de suelo y corresponde a nivel bajo. El contenido de nitrógeno total presentó diferencias significativas para localidades con un valor de 0,58 % para el páramo de Ganquis y 0,38 % para el páramo de Cubillín. La relación C/N presentó diferencias significativas para localidades con valores de 17,83 para el páramo de Cubillín y 8,27 para el páramo de Ganquis; los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización química de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín, provincia de Chimborazo.

Localidad	pH	C.E (μ S/cm)	MOS %	COS %	C.I.C meq/100g	N ppm	P ppm	K Cmol/Kg	% N total	R C/N
Ganquis	5,7	94,11	4,8 ^b	2,77 ^b	11,32 ^b	22,65 ^b	7,8	0,37	0,58 ^a	8,27 ^b
Cubillín	5,63	119,88	6,6 ^a	3,84 ^a	14,85 ^a	94,33 ^a	9,03	0,32	0,38 ^b	17,83 ^a

Caracterización de la diversidad microbiana, la diversidad de bacterias benéficas (ucf/g) el análisis de varianza presentó diferencias significativas para localidades. La prueba de Tukey al 5% determinó dos grupos en el “A” con 19,45 ucf/g se encuentra la localidad de Ganquis y en el “B” con 6,56 ucf/g se ubicó el páramo de Cubillín. La diversidad de hongos benéficos (ufc/g) el análisis de varianza no presentó diferencias significativas para localidades, los valores fueron de 1,78 y 3,77 ufc/g para los páramos de Ganquis y Cubillín.

El análisis metagenómico de la población microbiana, determinó que las bacterias benéficas para las plantas encontradas en el páramo de Ganquis es el *Phylum Proteobacteria* con 8 especies (53,3%); *Bacteroidetes* con 4 especies (26,67%); *Actinobacteria* con 4 especies (13,33%) y *Firmicutes* con 1 especies (6,67%). Mientras que la población microbiana asociadas a la rizosfera en el páramo de Cubillín prevalece el *Phylum Proteobacteria* con 22 especies (56,4%); las *Actinobacteria* con 7 especies (17,95%); las *Firmicutes* con 5 especies (12,82%); *Bacteroidetes*

con 4 especies (10,26%) y *Cyanobacteria* con 1 especie (2,56%), los resultados se expresan en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis metagenómico, perfil taxonómico Phylum y especies de bacterias benéficas en suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín, provincia de Chimborazo.

Localidad	Proteobacteria	Bacteroidetes /Chlorobi	Actinobacteria	Cyanobacteria /Melainabacteria	Fermicutes
Ganquis	8	4	2	-	1
Cubillín	22	4	7	1	5

El análisis metagenómico de la población microbiana, para los hongos benéficos encontrados en el páramo de Ganquis prevalece el Phylum *Glomeromycota* con 5 especies (100%). En el páramo de Cubillín existen el Phylum *Mucoromycota* con 15 especies (88,24%) y *Glomeromycota* con 2 especies (11,76%).

Discusión

Los resultados alcanzados en la caracterización física de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, al considerar la estructura del suelo 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*” manifiesta que la estructura del suelo en los cuatro sitios es granular debido a que su origen es el resultado de múltiples erupciones volcánicas; también 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. Con respecto a la textura del suelo, 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 msnm, un suelo de textura franco arenoso. El color del suelo en húmedo, concuerda con el estudio desarrollado por

Mena, Medina y Hofstede (2001). titulado “*Los suelos del páramo*” 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 4000 msnm; Mientras que, el color del suelo en estado seco según Llambí et al. (2012) en su estudio “*Ecología, hidrología y suelos de páramo*” menciona que los horizontes superficiales presentan una tonalidad de marrón a marrón muy oscuros debido a los elevados contenidos de materia orgánica humificada. La densidad aparente 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 Quibor, estado Lara*” quienes establecieron que la densidad aparente en el suelo de páramo no intervenido se conserva mejor con un valor de 1,2 g/cm³ a 1,3 g/cm³, mientras que en suelos intervenidos se incrementa el valor, por el uso intensivo de maquinaria agrícola, y se observa mayor compactación. Al considerar la temperatura del suelo, se acerca con el estudio realizado por Camacho (2014) titulado “*Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideración para su conservación y aprovechamiento sostenible*” 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. Mientras, 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 tienen una temperatura que oscila entre los 7,6 a 10,6 °C, valores similares a los obtenidos en los suelos de los páramos de Ganquis y Cubillín. Con respecto a la humedad del suelo, 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*” determinó 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%, 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.

Los resultados alcanzados en la caracterización química de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, con respecto al pH del suelo está muy cercana 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; en el estudio realizado por Altamirano (2019: pp. 30) titulado “Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun.” manifiesta que el pH varía entre 5,75 a 6,28 información que coincide con los obtenidos en la presente investigación. La conductividad eléctrica (CE) concuerda 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los valores obtenidos en materia orgánica coinciden 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. Los valores alcanzados en carbono orgánico están muy cercanos a los obtenidos 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%; 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” obtuvo un valor de carbono de 4.7 % información que ratifica a los obtenidos en las zonas de estudio. Los valores alcanzados en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) coincide 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 Choachi Cundinamarca” obteniendo valores que van de 5 a 16 meq/100 g. Con respecto al nitrógeno asimilable concuerdan con la obtenida por Aguilar (2016) titulado “Evaluación de tres abonos verdes mezclas de leguminosa más gramínea, crucífera y amarantáceas, en los suelos agrícolas degradados del Cantón Bolívar” se obtuvo un valor de relación de 32,79 ppm. Con respecto al fósforo asimilable, según Llambí et al. (2012, pág.243) manifiesta que estudios en andosoles de Ecuador y Colombia muestran que la fijación del fósforo se halla en relación estrecha con el contenido de carbono y el pH del suelo y que la fijación del fósforo normalmente es alta; mientras que Cárdenas, M. (2015, pág. 71) en su trabajo *Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no*

intervenidos en la comuna Monjas Bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe, manifiesta que el contenido de fósforo en suelos no intervenidos en promedio 14,88 mg/L. Los contenidos de potasio en el estudio realizado concuerdan con lo manifestado por Cárdenas, M. (2015, pág. 71) quien indica que en suelos no intervenidos los contenidos de potasio son bajos con valores promedios de 0,35 meq/100g, mientras que en suelos intervenidos presentan valores promedios de 0,24 meq/100g. El contenido de nitrógeno total, en suelos de páramo no intervenido concuerdan con los obtenidos por Cárdenas, M. (2015, pág. 71) quien manifiesta que en promedio contienen de 0,52% esto se debe al alto contenido de carbón orgánico y por las condiciones de frío a las que están sometidas. La relación carbono-nitrógeno también coincide 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.

Los resultados en la caracterización de la diversidad microbiana en suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, al considerar poblaciones de bacterias (ucf/g) los valores alcanzados en la investigación superan a los obtenidos por Cárdenas, M. (2015, pág. 71), quien indica que en páramo no intervenido en promedio registró un valor de 6,5 ufc/ml y en páramo intervenido el promedio fue de 2,9 ufc/ml, esto debido al uso y manejo de los suelos, mismos que afectan de manera notable las fracciones lábiles y humificadas de la materia orgánica; Según 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*” menciona un promedio de 1,6 a 5,2 ufc/g. Al considerar el análisis metagenómico sobre el perfil taxonómico de bacterias en el páramo de Ganquis, al comparar con Calvo, Reymundo y Zúñiga (2008) en su estudio titulado: “*Diversidad microbiana del suelo*” menciona que el análisis de las poblaciones microbianas refleja la salud de un ecosistema, se encuentran poblaciones microbianas en la rizosfera de diversos cultivos que determina una presencia alta 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; al considerar el páramo de Cubillín, con la información de Perez (2017) quien 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, información que se encuentra muy cerca a la obtenida en la presente investigación en el páramo de Cubillín con el 56,4%. En la referente a las poblaciones de hongos benéficos, los *Phylum Mucoromycota* y *Glomeromycota* encontrados en el páramo de Cubillín superan a los mencionados por Avellaneda (2014) quien 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%.

Conclusiones

La caracterización física, química y biológica de los suelos asociados con la rizosfera de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) en los páramos de Ganquis y Cubillín de la provincia de Chimborazo, presentan similitud en las propiedades físicas con respecto a la textura, estructura, color en húmedo y seco y temperatura, existiendo diferencias en la densidad aparente y humedad. Las propiedades químicas del suelo del páramo de Ganquis difiere con las del páramo de Cubillín en: materia orgánica, carbón orgánico, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno asimilable, nitrógeno total y R C/N; pero son similares en pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo asimilable y potasio. El suelo del páramo de Cubillín presentan mejores características físico químicas para el crecimiento 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. En los suelos de la rizosfera asociadas con bacterias benéficas en Cubillín existen Proteobacterias 56,4%; Actinobacterias 17,95%; Firmicutes 12,82%; Bacteroides 10,26% y Cianobacterias 2,56%. Se sugiere realizar estudios sobre caracterización física - química del suelo de paramos en zonas no alteradas a diferentes profundidades e identificar poblaciones microbiológicas.

Referencias

1. Agrolab (2005). Guía de referencia para la interpretación de análisis de suelos agrolab introducción. [en línea]. Disponible en: <http://edafología.ugr.es/conta/tema12/medida.htm>.
2. Aguilar, M. (2016). Evaluación de tres abonos verdes, mezclas de leguminosa más gramínea, crucífera y amaranthaceae, en los suelos agrícolas degradados del cantón bolívar [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23948/1/tesis-053> Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 425.pdf.
3. Altamirano, E. (2019). Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun. S.l.: Universidad Técnica de Ambato.
4. Avellaneda, M. (2014). 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], Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52266/07797081.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
5. Beretta, Bassahum y Musselli, (2014). ¿Medir el pH del suelo en la mezcla suelo: agua en reposo o agitando? Agrociencia Uruguay, vol. 18, No. 2, pp. 90-94. ISSN 2301-1548. DOI10.2477/vol18iss2pp90 -94.
6. Calvo, V.P., Reymundo, M. y Zúñiga, D. (2008), Ecología Aplicada Diversidad microbiana. [en línea], vol. 7, no. 1. ISSN 1726-2216. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a17v7n1-2.pdf>.

7. Camacho, M. (2013). Los Páramos Ecuatorianos: Caracterización y Consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Anales de la Universidad Central del Ecuador* 1, (372), 78-92.
8. Camacho, M. (2014). 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.
9. Cano, M. A. (2011). Interacción de Microorganismos Benéficos en Plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
10. Cárdenas F. Myriam S. (2015). Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. Quito -Ecuador.
11. Chambers, F.M., Beilman, D.W. y YU, Z., (2011). Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat* [en línea], vol. 7, No. 7, pp. 1-10. Disponible en: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map0707.php>.
12. Chamorro, F., & Nates, G. (2015). Biología Floral y Reproductiva de *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) en los Andes Orientales de Colombia. *Biología Tropical*, 63(4), 1197-1212
13. Coba-Santamaría, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M. F., & Huachi, L. (2012). Estudio Etnobotánico del Mortiño (*Vaccinium floribundum*) como Alimento Ancestral y Potencial Alimento Funcional. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2), 5-7.
14. Cobo, M. M., Gutiérrez, B., Torres, A. F., & Torres, M. L. (2016). Preliminary analysis of the genetic diversity and population structure of mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth). *Biochemical Systematics and Ecology*, 64, 14-21.
15. Cola, J., Proaño, M. & Suarez, D. (2017). Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: Estudio de caso en la subcuenca del Río San Pedro cantón Mejía.

16. Cunalara, C. (2012). Cuantificación de Carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Schobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo. S.l.: Universidad Politécnica del Chimborazo.
17. Díaz, M. A., Navarrete, J. D., & Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, 22, 64-75.
18. Diaz, M., Navarrete, J. & Suarez, T. (2015). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*.
19. FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. [en línea], pp. 26-31. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0541S.pdf>.
20. FAO (2020). Propiedades físicas. Portal de Suelos de la FAO / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-físicas/es/>.
21. Gamarra, C. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 46, pp. 19.
22. Giné, D., & Galárraga, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. *Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. Estudios Geográficos*, 369-393.
23. Herrera, J. (2016). 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.
24. Hofstede, R., Lips, J., & Jongsma, W. (1998). Deforestación y regeneración del bosque andino. En *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador: revisión de literatura*, Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador. 242 pp.
25. Hurkova, K., Uttl, L., Rubert, J., Navratilova, K., & Hajslova, J. (2019). Cranberries versus lingonberries: A challenging authentication of similar *Vaccinium* fruit. *Food Chemistry*, 284, 162-170
26. Jaramillo, D., (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín – Colombia: Escuela de Geociencias y Medio Ambiente.

27. Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M. & Contreras, J. (2013). *Biaogro. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara.*
28. Jiang, Y., Li, S., Li, R., Zhang, J., & Li, W. (2017). Plant cultivars imprint the rhizosphere bacterial community composition and association networks. *Soil Biology and Biochemistry*, 109, 145-155.
29. Julca, A., Meneses, L. & Blas, R. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-55. 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
30. Llambí, L.D., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramo. Proyecto Páramo Andino.*
31. Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., & Brito, B. (2014). Caracterización Físicoquímica y Funcional de Seis Frutas Tropicales y Andinas Ecuatorianas. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 13-22.
32. Luteyn, J.L. y P. Pedraza-Penalosa. 2012. *Blueberry relatives of the New World tropics (Ericaceae).* The N.Y. Botanical Garden, New York, NY.
33. Marrero, M. A., Agaras, B., Wall, L. G., & Valverde, C. (2015). Enriquecimiento diferencial de *Pseudomonas* spp. en el rizoplano de distintas especies cultivadas. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(2), 132-137
34. Martínez, J. (2017). "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.
35. Mena, P., Medina, G. & Hofstede, R. (2001). *Los páramos del Ecuador.* [en línea]. Quito: Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena et al. \(Eds.\). 2001.Paramos Ecuador PORTADA%20-%20BHOJA%20TECNICA%20BY%20PRESENTACION.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%20-%20BHOJA%20TECNICA%20BY%20PRESENTACION.pdf)

36. Moreno, A., García, V., Reyes, J. L., Vásquez, J., & Cano, P. (2018). Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal: Una Alternativa de Biofertilización para la Agricultura Sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(1), 68-83.
37. Mosquera, F. (2017). Variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en un valle del Mantaro. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina.
38. Ormazábal, Y., Mena, C., Cantillana, J., & Lobos, G. (2020). Caracterización de Predios Productores de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*), Según Nivel Tecnológico. El caso de la Región del Maule-Chile. *Información tecnológica*, 31(1), 41-52.
39. Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., García, I., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164.
40. Perez, E. (2017). Micropagacion y biotización de jojoba mediante bacterias endofitas promotoras de crecimiento vegetal. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/417/1/perez_e.pdf.
41. Piepenbring, M., López, F., & Cáceres, O. (2016). Colaboradores Escondidos –La Importancia de los Hongos en los Ecosistemas. *Puente Biológico*, 59, 8, 57-9.
42. Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). Los Suelos de los Páramos del Ecuador. Abya Yala. Quito, Ecuador. 75 pp.
43. Prashar, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2013). Rhizosphere: Its structure, bacterial diversity and significance. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 13, 63-77.
44. Prieto, J., Gonzáles, C., Román, A., et al. (2010). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
45. Racines-Oliva, M., Hidalgo-Verdezoto R., & Vasquez-Castillo, W. (2016). Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth.) domestication: Andean fruit with high food industry potential. *Agronomía Colombiana Suplemento*, (1), S51-S53.
46. Ramirez, C., Duarte, C., Galeano, J. (2016). Estudio de suelos y su relación con las plantas en el páramo el verjón ubicado en el municipio de choachí cundinamarca.

47. Reyes, I. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. *ContactoS*, 17-23.
48. Rojas, L. (2018). Caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno y su relación con suelos agrícolas en el distrito de riego de Repelón, Departamento del Atlántico. S.l.: Univerisdad de la Costa.
49. Valero, S.G., (1993). Ministerio de agricultura pesca y alimentación secretaría general de estructuras agrarias. [en línea]. Pp. 23. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05-pdf.
50. Vargas, C. (2012). Caracterización físico-química de suelos en plantaciones de *Pinus radiata* en Acosa, Parroquia Lasso, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. S.l.: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.